

Libros de **Cátedra**

Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable

Santiago Javier Sarandón (coordinador)

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES


EduLP
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

BIODIVERSIDAD, AGROECOLOGÍA Y AGRICULTURA SUSTENTABLE

Santiago Javier Sarandón
(coordinador)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP

A todas aquellas personas que aun sueñan, que muchas veces en minoría, en soledad y a contracorriente siguen creyendo, y con entusiasmo siguen avanzando en el camino que creen correcto, siguen construyendo. A Ustedes, mis respetos... y este libro.

A José Antonio Costabeber, una persona cabal y necesaria (te fuiste demasiado pronto).

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de La Plata por darnos la posibilidad de participar de esta nueva edición de libros de cátedra, gratuitos y de acceso libre. Como debe ser el conocimiento. A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP por haber incorporado a su plan de estudios una cátedra obligatoria de Agroecología, siendo pionera, marcando un camino y reafirmando el compromiso de esta Facultad con los y las agricultoras y los sistemas agroalimentarios sustentables.

A los y las autoras de los diferentes capítulos de este libro por haber aceptado participar en el mismo y por haber tenido en cuenta mis sugerencias y correcciones.

A mis maestros y maestras que, cuando era mucho más joven, me influenciaron, me enseñaron y me guiaron en distintos momentos de mi carrera, quizás sin ser conscientes de ello, con sus enseñanzas, sus palabras, sus consejos o sólo con su ejemplo. De todos y todas aprendí algo (o mucho): Edgardo Montaldi, Héctor O Arriaga, Julio César Ocampo, Ana María Arambarri, Rafael Boggio Ronceros, Guillermo Hang y ya en el campo de la Agroecología, a mis maestros y amigos, Miguel Altieri y Eduardo Sevilla Guzmán. Sus enseñanzas no fueron en vano.

A mis amigos y amigas agroécologos/as que compartieron conmigo sus ideas, sus escritos, sus conocimientos, sus ideales y su entusiasmo en esas primeras épocas, hace ya muchos años. A los/las compañeras del curso del 92 en Chile, que siguen con gran actividad en la Agroecología: Inés Gazzano, Marta Astier, Saray Siura, Gloria Guzmán Casado, Julio Sánchez Escudero. A mis otros amigos y amigas agroécologos/as, Jaime Morales Hernández, Francisco Roberto Caporal, José Antonio Costabeber (te extrañamos), Paulo Petersen, Tomás León Sicard, Fabio Kessler Dal Soglio, Clara I Nicholls, Gloria P Zuluaga, Xavier Simón Fernández, Juana Labrador Moreno, Xan Neira Seijo, René Montalba, Agustín Infante, Eduardo Cerdá y Walter Pengue, que compartieron conmigo muchos momentos importantes, que me enseñaron y me nutrieron. Gracias por su amistad: un orgullo para mí.

A los y las integrantes de la Cátedra de Agroecología de la FCAYF de la UNLP, por haberme acompañado todos estos años con entusiasmo, dedicación y compromiso por la Agroecología, en la búsqueda de un mundo mejor y haber contribuido a este presente. A mis alumnos y alumnas de grado, de postgrado, becarios/as, tesisistas que han compartido conmigo sus dudas, puntos de vista, conocimientos, y que me han desafiado, cuestionado y me han nutrido. Aprendí mucho de esta tarea. A Juan Kier, productor de "la Aurora" y en él a todas las personas que optaron, aún con incertidumbre, pero con entusiasmo y convicción por incorporar la Agroecología como forma de producción y de vida, y comparten generosamente sus saberes y aprendizajes.

Índice

Introducción	8
---------------------	---

Santiago Javier Sarandón

Capítulo 1

Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable	13
--	----

Santiago Javier Sarandón

Capítulo 2

Biodiversidad del suelo. Su importancia para el manejo sustentable de agroecosistemas	37
---	----

Marina Sánchez de Prager, Erika Perea Morera, Martín Prager Mosquera, Diego Iván Ángel Sánchez, Juan Carlos Ortiz Ríos, José Miller Gallego, Oscar Sanclemente Reyes, Elida Marín Beitia

Capítulo 3

La biodiversidad y los nutrientes en la agricultura y la alimentación	52
---	----

Esteban Abbona

Capítulo 4

Las plantas espontáneas: de “malezas” a componentes clave de la biodiversidad en los agroecosistemas	70
--	----

Susana Andrea Stupino

Capítulo 5

Las semillas, base biológica y cultural de la diversidad cultivada	89
--	----

María Margarita Bonicatto, María Paula May, Lía Nora Tamagno

Capítulo 6

Variedades locales: importancia en el diseño de agroecosistemas sustentables	116
--	-----

María Paula May, María Margarita Bonicatto, Jeremías Otero

Capítulo 7

El componente heterotrófico de la biodiversidad _____ 135

María Fernanda Paleologos, María José Iermanó, Natalia Agustina Gargoloff

Capítulo 8

Tramas tróficas en los agroecosistemas: una herramienta para evaluar la complejidad _____ 165

Nadia Dubrovsky Berensztein

Capítulo 9

El rol de los polinizadores en los agroecosistemas un componente esencial
de la biodiversidad _____ 190

Julieta Pérez Toffoletti, Santiago Javier Sarandón

Capítulo 10

Murciélagos: componentes invisibilizados de la agrobiodiversidad _____ 218

Ayelen Lutz, Melisa D'occhio

Capítulo 11

La diversidad del paisaje y su importancia en los agroecosistemas _____ 238

Carolina Baldini

Capítulo 12

Biodiversidad funcional: comprensión y evaluación para el manejo agroecológico _____ 268

María José Iermanó, María Fernanda Paleologos, Santiago Javier Sarandón

Capítulo 13

Agrobiodiversidad y Conocimiento Ambiental Local _____ 294

Natalia Agustina Gargoloff, María Lelia Pochettino

Capítulo 14

Incorporación del enfoque de género en el conocimiento sobre la biodiversidad _____ 319

Viviana Luján Blanco

Capítulo 15

Manejo de la biodiversidad en agroecosistemas _____ 341

Claudia Cecilia Flores, Santiago Javier Sarandón

Capítulo 16

Limitantes para la conservación de la biodiversidad en agroecosistemas _____ 367

María Luz Blandi

Capítulo 17

Nutrición y Biodiversidad _____ 383

Mariela Zúñiga Escobar, Santiago Javier Sarandón

Capítulo 18

El mapa mental, un instrumento para construir indicadores de agrobiodiversidad _____ 406

María Luz Blandi, Natalia Agustina Gargoloff, María José Iermanó,

María Fernanda Paleologos, Santiago Javier Sarandón

Autores _____ 421

Introducción

Santiago Javier Sarandón

Cada vez resulta más evidente la necesidad de un cambio en el modelo de producción de alimentos. De una agricultura extractivista, depredadora de los bienes comunes, altamente dependiente del uso de insumos (caros y peligrosos), que afectan tanto a los propios agroecosistemas como a los ecosistemas naturales y a la salud de la población, socialmente excluyente, debe pasarse a un modelo basado en procesos ecológicos. Esto es lo que propone la Agroecología, que considera que es posible lograrlo mediante el manejo de la biodiversidad presente en los agroecosistemas y sistemas aledaños o agrobiodiversidad.

Esta biodiversidad cumple un rol esencial al proveer, correctamente ensamblada y manejada, recursos genéticos y funciones ecológicas de gran importancia para el funcionamiento de los agroecosistemas. La agrobiodiversidad aparece entonces como el instrumento, la herramienta adecuada para compatibilizar una producción sana, diversa y abundante de alimentos con la conservación de los bienes comunes.

Sin embargo, la biodiversidad no ha estado suficientemente presente en las instituciones de formación de los técnicos y profesionales de la agronomía en la región. Nuestro conocimiento sobre ella es bastante deficiente. En general, han sido los naturalistas, los biólogos y ecólogos quienes han estudiado la biodiversidad principalmente en el mundo natural, en ecosistemas prístinos y desde un punto de vista taxonómico o conservacionista.

Existe, entonces, un vacío importante de conocimiento sobre la agrobiodiversidad funcional y su rol como estrategia para el manejo de los sistemas agroalimentarios sustentables. Debemos avanzar en este sentido. Sin embargo, esto no es sencillo por la propia complejidad del término y las múltiples dimensiones que abarca, éticas, genéticas, ecológicas, culturales, productivas, económicas, sociales, medicinales, religiosas, etc.

Este libro pretende abordar este desafío desde varias dimensiones y escalas y analizar el rol de la agrobiodiversidad en un manejo sustentable y resiliente de los sistemas agroalimentarios en Argentina, pero con especial énfasis en la región de América latina.

En este libro participan 27 autores, (20 mujeres y 7 varones) la mayoría de la Argentina pertenecientes al Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA) de la UNLP, y otros invitados e invitadas de otras instituciones de la Argentina, de Colombia y Costa Rica. En sus 18 capítulos, se abordan diversos temas necesarios para valorar, conocer y manejar la biodiversidad en los agroecosistemas como medio para fortalecer los procesos ecológicos que permiten una menor dependencia de insumos, caros y peligrosos.

Todo el libro apunta a este objetivo y aporta diferentes miradas complementarias, desde lo biológico, hasta lo económico o sociocultural, incluyendo el enfoque de género. Todos los capítulos están escritos de una manera clara, con el fin de posibilitar a estudiantes de grado, de postgrado, técnicos, científicos, agricultores, extensionistas, y otras personas interesadas, entender y ampliar su comprensión del aporte que la biodiversidad puede hacer en un manejo sustentable. El libro pretende ser un material didáctico que permita con o sin la ayuda de docentes avanzar en este sentido. Por ello y con el fin de ayudar en esta tarea, al final de cada capítulo hemos propuesto una serie de preguntas para el repaso y la reflexión que ayudan a orientar en los aspectos más importantes de cada capítulo.

En el capítulo 1 se abordan aspectos generales de la biodiversidad, su importancia para los seres humanos y la vida en el planeta y su relación con la agricultura. Esta, a la vez que depende de la biodiversidad, es su principal amenaza. Se analizan, además, los componentes de la agrobiodiversidad, sus principales funciones y la forma en que diferentes estilos de agricultura pueden afectarlas. Finalmente, se analizan los diferentes valores de la biodiversidad y la importancia de tener en cuenta el principio precautorio.

El capítulo 2 analiza la importancia de la agrobiodiversidad desde el punto de vista de la biología del suelo. Se aborda la interrelación entre lo de arriba y lo de abajo, en la salud de las plantas, el acceso a los nutrientes y el diseño y manejo de agroecosistemas resilientes.

El capítulo 3 analiza la importancia de la biodiversidad en el ciclado de los nutrientes, un aspecto fundamental en el diseño de sistemas agroalimentarios tanto a escala predial, como a escala regional. Se señala cómo los sistemas que incluyen una mayor biodiversidad vegetal y la presencia de animales, pueden fijar más nitrógeno y disminuir las pérdidas de nutrientes del sistema y contribuir a la producción de alimentos más variados y nutritivos.

En el capítulo 4 se destaca la importancia del componente vegetal en la agrobiodiversidad, especialmente de la vegetación espontánea. Del concepto peyorativo y despectivo de malezas, que, por lo tanto, deben ser erradicadas, debemos pasar a una visión más real, y compleja de la vegetación espontánea reconociendo el rol que la misma cumple en numerosas funciones ecológicas. Y entender de qué manera los diferentes estilos y prácticas de la agricultura la afectan.

El capítulo 5 analiza la base de la biodiversidad vegetal cultivada que son las semillas y su relación con aspectos culturales y sociales. Por otra parte, señala la importancia de la agrobiodiversidad cultivada como determinante de la biodiversidad silvestre o espontánea íntimamente relacionada. Se destaca en este capítulo la complejidad de valores que los y las agricultoras ponen en juego para seleccionar y guardar semillas y la importancia que esto tiene para un manejo sustentable.

En esta misma dirección, el capítulo 6 destaca la importancia de las llamadas variedades locales como un instrumento para el diseño y manejo de sistemas menos dependientes de insumos y más apoyados en procesos ecológicos. Las características de estas variedades locales, de una mayor rusticidad y otros valores que los propios agricultores les conceden, está situando a estos materiales, durante mucho tiempo invisibilizados y despreciados, como una pieza importante en un modelo alternativo.

En el capítulo 7 se aborda el componente heterotrófico, los consumidores, que son definidos y están influenciados por los ambientes que genera la vegetación cultivada y espontánea. Se señalan los roles que este componente fundamental de la biodiversidad puede cumplir en los agroecosistemas y de qué manera esta biodiversidad puede verse afectada por diferentes manejos. Se toma como ejemplo la familia de los carábidos dentro de los coleópteros, por su gran diversidad de funciones dentro de los agroecosistemas.

El capítulo 8 avanza un poco más en este sentido analizando la importancia de las tramas tróficas o redes tróficas que son las relaciones complejas que se establecen en cualquier agroecosistemas entre sus componentes. Una compleja trama trófica es un reaseguro contra la aparición de plagas ya que la misma complejidad de relaciones mantiene las poblaciones en equilibrio. En este capítulo se analizan los efectos que la simplificación del hábitat vegetal tiene en estas tramas tróficas en la región hortícola de La Plata.

Dentro de estas tramas tróficas y sus componentes surgen claramente como muy importantes los polinizadores por estar asociados y ser responsables de un tercio de las cosechas del mundo. En el capítulo 9, precisamente, se analizan los principales grupos de polinizadores y su importancia para diversos aspectos de la producción agropecuaria, entre otros, para aumentar la variabilidad genética. Por otro lado, se destaca que este rol puede cumplirse simultáneamente con otros de interés, como, por ejemplo, los enemigos naturales que son polinizadores y parasitoides. Por otra parte, se analizan las principales amenazas para los polinizadores y las medidas que deberían tomarse para su preservación entre las que se incluyen las culturales, que hacen a su visibilización y valoración de parte de los agricultores y agricultoras pero también de la sociedad en su conjunto.

Pero no sólo los artrópodos o insectos son parte de esta agrobiodiversidad de gran utilidad por sus diversas funciones. El capítulo 10 aborda lo que, según sus autoras, es un componente invisibilizado de la biodiversidad: los murciélagos, de importantísimas funciones, entre otras, el control biológico. Se presenta, además, un estudio de caso en la región de la Plata donde se proponen indicadores para estimar la presencia y actividad de este importante grupo en sistemas productivos.

El capítulo 11 aborda ya otra escala fundamental que es el paisaje. No es posible restringir ni manejar la biodiversidad sólo a nivel de finca o parcela. El paisaje circundante es fundamental como proveedor y receptor de componentes de la biodiversidad y funciones ecológicas. Afecta y es afectado por lo que se hace en el nivel de finca. Se analizan diferentes aspectos para tener en cuenta en el paisaje para poder estimar su contribución a la biodiversidad en las fincas.

En el capítulo 12 aborda ya un tema más práctico; qué es y cómo se mide la biodiversidad funcional. Se analizan diferentes aportes y se proponen indicadores para medirla, fundamentalmente a nivel de finca. Se presenta su utilidad en un estudio de caso donde se mide la biodiversidad funcional para estimar el potencial de regulación biótica en sistemas extensivos pampeanos.

El capítulo 13 aborda un tema de gran complejidad y profundidad, estrechamente asociado a los aspectos biológicos funcionales de la agrobiodiversidad y a su vez complementario, que es

el conocimiento que tienen los agricultores y agricultoras sobre la agrobiodiversidad. Este denominado conocimiento ambiental local (CAL) es fundamental porque está localmente adaptado a las condiciones de las fincas. Pero no es sencillo entenderlo ni registrarlo. Por lo tanto, las autoras proponen una metodología y muestran un ejemplo de su uso para establecer este diálogo de saberes con los y las agricultoras.

La importancia de las mujeres, del enfoque de género en el manejo, conservación y valoración de la agrobiodiversidad es lo que aborda el capítulo 14. Señala su autora que no es el mismo conocimiento y valoración el que tienen y transmiten de generación en generación los varones que las mujeres. La autora del capítulo señala que, durante mucho tiempo, no se ha prestado atención a estos aspectos y que, aunque la agroecología reconoce actualmente su importancia, aún no tenemos clara la metodología o los instrumentos para aplicarlo. Se proponen algunos de ellos y se analiza un estudio de caso donde se visualizan diferentes tipos de resistencias a la incorporación de este enfoque.

El capítulo 15 es también de orden más práctico y analiza diferentes posibilidades o estrategias que pueden emplearse para diseñar y manejar agroecosistemas biodiversos. Se hace énfasis en que existen algunos procesos o funciones universales, pero que luego se definen situados localmente biológica y socioculturalmente, y se traducen en diferentes técnicas y luego en prácticas que los agricultores prueban, experimentan y seleccionan adaptadas a su realidad. Se señalan estrategias para aumentar diferentes dimensiones de la agrobiodiversidad señalando o aclarando la estrecha interrelación que existe entre todos los procesos.

El capítulo 16 reflexiona sobre los impedimentos para el diseño de sistemas con alta biodiversidad analizando aspectos internos y externos. Se indaga por qué, si la biodiversidad es una posibilidad cierta y generalmente gratuita, aún no se ha extendido como debiera. Claramente, es fundamental reflexionar sobre esto a fin de trazar estrategias que ayuden a remover los principales obstáculos. Se presenta, además, un caso en la zona hortícola de La Plata,

El capítulo 17 aborda el tema de la nutrición y su relación con la agrobiodiversidad. Analiza la importancia de una producción basada en la biodiversidad para asegurar una nutrición diversa y de calidad e inocuidad. La visión desde la nutrición aporta, en este sentido, desde un enfoque proactivo; se preocupa en discutir qué se produce, cómo se produce y para qué se produce y no como una ciencia que trata de combinar lo mejor posible los pocos alimentos que existen en el mercado. Los autores sugieren la necesidad de un replanteo de la ciencia de la nutrición desde este punto de vista, el de la Agroecología, con una mayor interrelación con otros campos, lo que incluye un desafío para la formación de los y las nutricionistas. Finalmente, se sugiere la necesidad de superar el uso del rendimiento como única variable de medición en los sistemas de producción de alimentos, y se propone incorporar otros indicadores que incluyan o tengan en cuenta variables nutricionales.

Finalmente, el capítulo 18 propone una metodología para ayudar a construir indicadores de biodiversidad funcional, a través de un instrumento gráfico que permite facilitar este proceso tan necesario y de alguna manera complejo. Se presenta también un ejemplo de su aplicación

Este libro, donde autores y autoras han volcado sus experiencias en estos diferentes aspectos de la agrobiodiversidad que han formado o forman partes de sus tesis de postgrado, aborda un campo necesario en las ciencias agropecuarias y en la producción de alimentos. Creo y anhelo que pueda ser de gran ayuda para todos y todas aquellas personas que se interesan por este tema de gran actualidad.

Esperamos cumplir con estas expectativas.

CAPÍTULO 1

Agrobiodiversidad, su rol en una agricultura sustentable

Santiago Javier Sarandón

Introducción

Uno de los mayores desafíos de la humanidad está relacionado con lograr diseñar y manejar sistemas de producción de alimentos saludables, en abundancia y manteniendo la calidad de los recursos, los bienes comunes, para esta y las futuras generaciones.

Durante la mayor parte de nuestra historia, de nuestra vida en el planeta tierra, los seres humanos no dependíamos de la agricultura para obtener nuestros alimentos. Éramos cazadores, recolectores y nuestra relación con la naturaleza era diferente a la actual. Perseguíamos rebaños, cosechábamos y comíamos frutos, semillas, granos, raíces, tallos, hojas, miel, etc. Éramos parte de la naturaleza, un componente más de la gran biodiversidad del planeta, nos nutríamos con ella y, luego de muertos, nuestros cuerpos pasaban a formar parte del ciclo de nutrientes posibilitando la vida de otros seres. No nos iba tan mal entonces, invertíamos poco tiempo para conseguir los alimentos y teníamos tiempo para dedicarnos al arte de pintar las cavernas (Harlan, 1992).

Con el advenimiento de la agricultura, hace tan sólo unos 10,000 años, un instante en nuestra historia, el ser humano comenzó a modificar la naturaleza para ponerla a su disposición con el fin de obtener de ella bienes y servicios considerados de utilidad. No quería adaptarse, prefería modificarla. Esto se llama agricultura y pasó a ser la mayor fuente de producción de alimentos para los seres humanos hasta el día de hoy. Tuvo algunas ventajas; la posibilidad de asentamientos, de crear aldeas, ciudades con muchos habitantes, pero tuvo otras (bastantes) consecuencias no tan buenas.

Desde el punto de vista ecológico, esto significó una enorme intervención, una modificación de la naturaleza en una extensión nunca vista, y una significativa disminución de la biodiversidad: de miles de especies, a unos pocos cultivos o la cría de unas pocas especies de ganado de interés para los seres humanos. Con el avance del modelo productivista derivado de la llamada revolución verde, esta simplificación y manipulación de la naturaleza fue llevada a un extremo. Pocas especies y variedades de alto potencial de rendimiento, conseguidas mediante mejoramiento genético y el uso de grandes cantidades de energía, fertilizantes y pesticidas conformaron el modelo de agricultura actual, que se caracteriza por una bajísima biodiversidad.

En los últimos años, se hicieron cada vez más evidentes los síntomas, las consecuencias de esta baja diversidad: la aparición de formas resistentes de plagas, malezas y, en la actualidad, de patógenos, el uso creciente de pesticidas y energía y el rechazo de la población en muchas ciudades al uso de plaguicidas generó una gran preocupación en diferentes ámbitos académicos, públicos y en los propios productores. Cada vez es más evidente que se requieren importantes cambios.

Los síntomas son tan claros, los problemas son tan serios, las consecuencias tan preocupantes, que aun aquellos que hasta hace poco tiempo los negaban enfáticamente, han comenzado a reconocerlos; las evidencias son abrumadoras. Aparece, entonces, la preocupación sobre la necesidad de tomar medidas al respecto, de hacer las cosas bien, y la única propuesta que surge dentro del modelo es aplicar lo que se conoce como buenas prácticas agrícolas (BAP). Esto se refiere, fundamentalmente a consejos para la aplicación de plaguicidas: a respetar las distancias de los centros poblados, no aplicar con viento, usar los picos de pulverización y los tamaños de gotas apropiados, respetar el período de carencia y otros consejos parecidos. De alguna manera, se transfiere la responsabilidad a los que usan la tecnología derivada de este modelo, a los aplicadores, a los agricultores y agricultoras y no a los responsables de su diseño y difusión. Aunque este reconocimiento de que las prácticas no son adecuadas es importante, la solución no está en aplicar mejor o más tecnología, sino en remover las causas del problema.

Lo que estamos viendo no son los problemas, sino los síntomas de un problema mayor, la bajísima diversidad de los sistemas modernos de producción de alimentos en busca de optimizar la productividad y rentabilidad, que ha debilitado o anulado los importantes procesos ecológicos que esta brindaba, como por ejemplo, el control de plagas. Aquí está el problema, pero, paradójicamente, también está la solución.

Desde el campo de la agroecología se propone, entonces, reconstruir y/o fortalecer la biodiversidad funcional de los agroecosistemas para mejorar las interacciones entre sus componentes a fin de poder lograr un flujo de bienes y servicios compatibles con los intereses de esta y las futuras generaciones mediante sistemas de producción de alimentos sanos y nutritivos, que sean económicamente viables, ecológicamente adecuados y socialmente más justos.

Pero esto requiere entender y manejar la biodiversidad en los agroecosistemas, lo que plantea varias dificultades y desafíos. Un concepto que ha estado durante muchos años en el campo de las ciencias naturales, de los naturalistas, de los biólogos, en el mundo silvestre, pasa a ser el elemento clave para manejar y diseñar sistemas agroalimentarios sustentables. Es hora de abordarlo. Este capítulo pretende entender qué es la biodiversidad, por qué es importante para la agricultura y analizar este desafío.

La Biodiversidad, concepto e importancia

Varias son las preguntas que surgen inmediatamente al abordar este interesante campo de conocimientos, entre otras: qué es la biodiversidad, por qué es importante para la agricultura y,

por qué razón ha estado ausente en la formación de los profesionales y técnicos de las ciencias agropecuarias. Veamos de qué se trata.

Qué es la biodiversidad

En realidad, todos tenemos alguna idea sobre lo que es la biodiversidad; algo así como la diversidad de la vida, la existencia de muchas especies. Según el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), adoptado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que entró en vigor el 29/12/1993, “significa la variabilidad entre organismos vivientes de todo tipo u origen, incluyendo, entre otros, ecosistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los cuales ellos forman parte”. Esto incluye diversidad dentro de las especies (genética), entre especies (específica) y de ecosistemas”. (UNEP, 1994)

La diversidad entre especies es la que más fácilmente percibimos, nuestra capacidad de distinguirlos es bastante buena, sabemos que eso es un perro, un gato, un caballo, un trigo, un roble, una abeja, un águila, etc. Esta es la parte más visible de la biodiversidad. Y la que, en general, es percibida y valorada por la población. Nos preocupamos porque el oso panda, o el yaguararé no se extingan, o porque nos enteramos de que diariamente desaparecen varias especies de la faz de la tierra.

Pero hay otras dos dimensiones igualmente importantes, la dimensión genética y la de ecosistemas. La dimensión genética está dentro o forma parte de las especies. Una especie, es en realidad una clasificación taxonómica, que nos permite su ubicación entre todas las especies en grupos similares, por ejemplo, en lo que llamamos familias. Así, el zapallo, la sandía, el melón, el pepino, son especies diferentes que pertenecen a la familia de las cucurbitáceas, se parecen bastante. Pero lo que vemos en la naturaleza es lo que llamamos una población, un conjunto de individuos de la misma especie, por ejemplo, una población de trigo, o de maíz. En una parcela de una finca sembramos muchas plantas (semillas) de la especie maíz, o de la especie trigo, las que a su vez pueden ser atacadas por alguna especie de plaga. Pero lo que tenemos es un conjunto de individuos de la misma especie, que son todos parecidos, lo suficientemente parecidos para que sepamos que son todos trigo, pero esos individuos, esas plantas, no son todas iguales. Entre ellas hay diferencias genéticas, muchas de ellas perceptibles a simple vista y otras no. Esto es lo que se llama variabilidad genética y es lo que también se denomina “pool “ o acervo genético y es importantísimo porque le otorga a esa población su capacidad de adaptación. Si una enfermedad, una helada, una sequía, una plaga, afectara nuestro cultivo de trigo, no todas las plantas lo sufrirían por igual, porque no todas tienen la misma composición genética. Posiblemente, alguna tiene un gen que le otorga un mayor capacidad de soportar altas temperaturas o de crecer en suelos pobres en nitrógeno, o una sustancia que repele al insecto plaga. La gran variabilidad genética de la población hace que esta pueda permanentemente adaptarse al entorno o ambiente cambiante. Es una característica fundamental para los seres vivos.

Por último, hay otra dimensión de la biodiversidad, no siempre percibida que es la variabilidad ambiental o de ecosistemas. Esta es importante porque ambientes diversos generan climas,

oportunidades y recursos diferentes y variados (diferentes nichos ecológicos) que hacen posible la existencia de muchas especies. En ambientes poco variados, en un “monoambiente”, no hay posibilidades de que haya muchas especies. Por eso la biodiversidad ambiental es fundamental a todo nivel, desde los grandes biomas, los paisajes regionales o locales, hasta los microambientes que pueden existir en una finca. Eso genera oportunidades “nichos ecológicos” que posibilitan la existencia de una gran biodiversidad de especies.

Hoy la biodiversidad está en peligro. Ya en 1990 el PNUMA alertaba que cada día desaparecen 100 especies de la faz de la tierra, lo que señala la gravedad del problema. El IPBES (2019) aprobó, en mayo de este año, un documento sobre la evaluación global de la biodiversidad y servicios ecosistémicos donde señala que la naturaleza, incluyendo especies, sus genes y poblaciones, comunidades de poblaciones interactuantes, procesos ecológicos y evolutivos, y los paisajes y ecosistemas en los cuales ellos viven, está ahora declinando rápidamente y muchas facetas de la naturaleza ya han sido muy afectadas, sugiriendo que la Tierra ha entrado en el denominado Antropoceno.

Teniendo en cuenta la importancia de la biodiversidad para los seres humanos y otras especies y el peligro en que se encuentra, el CDB, ha establecido los siguientes objetivos (UNEP, 1994): a) la conservación de la Diversidad Biológica (DB), b) la utilización sostenible de sus componentes y c) la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

Por utilización sostenible" entiende “la utilización de componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo de la diversidad biológica, con lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras”.

.La biodiversidad es importante para la vida de los seres humanos y otros seres en el planeta porque provee muchos bienes y servicios, (funciones ecológicas) algunos más concretos y visibles y otros menos, pero igualmente fundamentales. Uno de ellos es la producción de alimentos y otros bienes y servicios, es decir, la agricultura.

Biodiversidad y agricultura: una relación necesaria

Importancia de la biodiversidad para la agricultura

Comprendida la importancia de la biodiversidad para la humanidad, nos preguntamos cuál es la importancia que tiene para la agricultura en particular. A simple vista o de una primera impresión parece que nada tienen que ver; una cosa es el mundo silvestre, natural, donde “está” la biodiversidad y otra cosa muy distinta son los sistemas de producción de alimentos, los sistemas agropecuarios. Sin embargo, la biodiversidad es importante, esencial para la agricultura, porque aporta dos cosas fundamentales: a) recursos genéticos y b) procesos (servicios) ecológicos. Ambas son fundamentales para que pueda hacerse agricultura o actividades agropecuarias.

La necesidad de los recursos genéticos es bastante evidente, son las semillas, las variedades, los híbridos, los materiales que cultivamos, las razas de animales que criamos, de ganado, de aves, de cabras. La importancia de esta parte de la biodiversidad siempre ha estado clara para las ciencias agronómicas y ha existido una preocupación por su conservación: es el almacén de dónde sacamos lo que necesitamos para cultivar o criar, y los repuestos por si se daña. Esto comprende tanto las variedades en sí mismas, como los parientes relativos con los cuales se pueden cruzar, por ejemplo, se han preservado variedades de trigo y todos los parientes de trigos primitivos, antecesores o especies relacionadas, cultivadas o silvestres.

Es tal la preocupación por la pérdida que implicaría el deterioro de este material, la erosión genética, que existen en todo el mundo bancos de germoplasma, que conservan y catalogan miles de “entradas” de especies cultivadas y sus parientes. Esto es lo que se llama conservación “ex situ” porque se realiza fuera de los lugares donde estas especies crecen y se han originado y se cultivan. En América Latina existen 3 grandes centros dependientes de la CGIAR (Grupo Consultivo Internacional de Investigación en Agricultura), uno de los promotores de la Revolución Verde, que son importantes bancos de germoplasma: ellos son el CIMMYT (Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo) en México, el CIP (Centro internacional de la papa) en Lima, Perú y el CIAT (Centro de Investigaciones en Agricultura Tropical) en Palmira, Colombia. El INTA en Argentina tiene también importantes bancos de germoplasma.

A escala mundial, recientemente se ha inaugurado en Noruega lo que se conoce como el “arca de Noé” (Svalbard Global Seed Vault) de semillas donde la humanidad guarda, en el “permafrost” (temperaturas bajo cero permanentes) millones de semillas de especies de todo tipo. Un reservorio de biodiversidad, o, al menos, de una parte de esta. Sin embargo, a pesar de la importancia que tiene este tipo de conservación, el CDB, en el artículo 9 reconoce que la conservación “ex situ” es un “complemento” de las medidas “in situ”, lo que implica admitir la imposibilidad de conservar la biodiversidad exclusivamente en bancos de germoplasma, que ha sido la tendencia predominante hasta ahora (Sarandón, 2009). Veremos de qué se trata la conservación “in situ” más adelante.

Por el otro lado, y simultáneamente, la biodiversidad es importante para la agricultura porque es la responsable de muchos procesos ecológicos fundamentales para que pueda desarrollarse esta actividad. Entre ellos, la polinización: un tercio de las cosechas del mundo dependen de los polinizadores (ver capítulo 9), la regulación biótica (capítulos 7, 8 y 10) y la descomposición de la materia orgánica, el ciclado de nutrientes (capítulo 2 y 3) entre otros, que desarrollaremos más adelante. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con los recursos genéticos, claramente percibidos como necesarios, este aporte o rol que cumple la biodiversidad en los agroecosistemas es poco percibido, más abstracto, de un valor “difuso” y es lo que está en peligro. Y, paradójicamente, la agricultura, que depende de ella, es una de sus principales amenazas.

Efecto de la agricultura sobre la biodiversidad

A pesar de la importancia que tiene la biodiversidad para la agricultura, paradójicamente, esta es la actividad de los seres humanos que más atenta contra la biodiversidad. En primer lugar,

tiene un gran efecto por su extensión; la agricultura (y ganadería) es la actividad humana que ocupan la mayor parte de los territorios de los países. Más del 50% de los ecosistemas terrestres de la mayoría de los países son agroecosistemas, es decir, sistemas transformados por los seres humanos para producir bienes (carne, cereales, frutos, fibra, combustible) y servicios de interés.

Por otra parte, lo que tiene un enorme impacto sobre la biodiversidad es el modelo de agricultura prevaleciente. Hay que entender que no hay un solo modelo o forma de hacer agricultura. Y que la forma que predomina actualmente es sólo una de las maneras posibles en las que se puede concebir la agricultura. Aquí está el problema: este modelo predominante se caracteriza por su bajísima biodiversidad, lo que constituye una gran paradoja: la necesita, depende de ella, pero la restringe, la disminuye, la combate.

Baja diversidad específica y genética

Se considera que, sobre unas 400.000 especies de plantas que se estima existen sobre el planeta tierra, de las cuales dos tercios se consideran comestibles, los seres humanos solo consumen aproximadamente unas 200 especies globalmente (Warren, 2015). Otros autores sostienen que el mundo tiene más de 50,000 plantas comestibles, pero el 90% de la demanda de energía del mundo está satisfecha por sólo 15 cultivos y, aproximadamente dos tercios de nuestro consumo calórico, son provistos por 3 cultivos: arroz, maíz y trigo (Gruber, 2017). Pero, además de pocas especies, lo que ya es preocupante, el modelo se caracteriza por unas pocas variedades o cultivares, es decir, por una baja diversidad genética dentro de las especies. La gran cantidad de variedades, ecotipos, razas locales que existían hace muchos años se han reducido a unas pocas, exitosas, que tienen la habilidad de responder al gran agregado de insumos necesario para expresar su “potencial de rendimiento”. Esta estrechez en el acervo o “pool” genético, sumada a las pocas especies cultivadas, en grandes extensiones, implica una baja biodiversidad específica, genética y de ecosistemas, y una gran vulnerabilidad ecológica para los sistemas de producción de alimentos.

Esto es consecuencia de la aplicación o predominio de un modelo de producción de alimentos que ha sido influenciado en forma notable por el paradigma productivista simplificador de la Revolución Verde, iniciado en los años 60 en América Latina y que ha tenido (y tiene) una enorme influencia en la formación de los profesionales y técnicos de la agronomía. Este modelo se caracteriza por buscar la productividad agrícola (rendimiento en kg/ha de los cultivos o animales) en grandes extensiones de unas pocas especies y variedades “exitosas” de alto potencial de rendimiento, mediante el uso intensivo de energía (fósil) y agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes), (Sarandón & Flores, 2014). En este modelo, la diversidad resulta algo molesto, no deseable, algo que debe ser combatido en busca del ideal de la uniformidad, que es justamente lo contrario. No es raro pensar, como un ideal, en un lote o parcela donde sólo crezca el cultivo que queremos, sin ningún acompañante “molesto”, dentro o cerca de las parcelas, al que consideramos como algo indeseable que no tiene utilidad alguna, y que, en lo posible, debemos combatir, y que llamamos malezas (ver capítulo 4). Existe incluso un ideal estético de lo que debe ser un buen cultivo, que se caracteriza justamente por la ausencia de biodiversidad, de cualquier otra especie acompañante. Un cultivo bien limpio, prolijo: es un buen cultivo (Figura 1.1). Sin embargo, esta

percepción de las malezas sólo como elementos indeseables en los agroecosistemas es un error, una enorme simplificación de su rol y puede tener consecuencias muy negativas. Las denominadas malezas no son plantas que nacieron del lado equivocado del mundo, no son plantas “malas” en sí mismas, y pueden tener un gran valor para otros usos o funciones. Por ejemplo, desde el punto de vista alimenticio, Rapoport et al., (2009), en su libro “malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta”, señala por lo menos 230 especies consideradas malezas que son comestibles y de excelente calidad nutritiva, que crecen libremente en muchos lugares accesibles para los seres humanos y que no son consideradas alimento. El ideal de cultivo limpio, donde todo lo no cultivado es negativo, predomina ampliamente.



Fig. 1.1. Lote de lechuga al aire libre (arriba) en la zona hortícola en La Plata, y pimiento (abajo) en invernadero en Almería, España, donde se observa el ideal buscado: el monocultivo, sin ninguna otra biodiversidad. Fotos: Santiago J Sarandón

Como ejemplo de este ideal, el modelo de producción en invernáculos hasta hace algunos años, se caracterizaba por la esterilización de los suelos con Bromuro de Metilo (un gas que luego fue prohibido) como primera medida antes de sembrar. Al igual que con la parte aérea, la biodiversidad que representa la vida del suelo se consideraba un problema que había que eliminar: un suelo sin vida, era un buen suelo para la agronomía.

A gran escala, este ideal está representado, en la Argentina, por las 20 millones de ha sembradas con una sola especie, la soja, modelo promovido, apoyado y difundido por los sistemas de investigación agropecuaria y las universidades casi como un ideal tecnológico. Esta soja es prácticamente un 100% transgénica (RR), a la que se le ha incorporado un gen que le otorga la propiedad de poder ser rociada con un herbicida total, el glifosato, que elimina (este era el ideal) toda otra vegetación acompañante. El ideal del modelo moderno de agricultura: 20 millones de hectáreas con un solo ser vivo: la soja. Esto es un claro ejemplo de que el monocultivo está fuertemente arraigado en la concepción de lo que debe ser una buena agricultura, o, como señala irónicamente Vandana Shiva (1996), tal vez se trate de un problema “del monocultivo de la mente”. Recién en los últimos años, ante las consecuencias cada vez más evidentes de su aplicación, comenzaron las críticas y reflexiones sobre lo que esta uniformidad implica y sus consecuencias.

En síntesis, los sistemas de producción de alimentos “modernos” se caracterizan por su gran uniformidad: a) a nivel genético y específico (híbridos de maíz, cultivares de trigo, cebada, pimiento, clones de papa), b) a nivel parcela (parcelas sembrada con una sola especie, sin presencia de vegetación espontánea), c) a nivel finca (establecimientos donde se cultiva un solo cultivo en grandes superficies o unos pocos) y finalmente, d) a nivel región (zona sojera), lo que se traduce también en la uniformidad del paisaje.

Uso creciente de plaguicidas

Por el otro lado, los sistemas de agricultura moderna tienen un gran impacto negativo sobre la biodiversidad por el uso creciente de plaguicidas, en parte como consecuencia de lo anterior. El modelo de monocultivo de estos genotipos (variedades e híbridos) de alto potencial de rendimiento se basa en suministrarles el ambiente y los recursos adecuados para que puedan expresar este potencial. Y esto se logra con la aplicación de fertilizantes y grandes cantidades de plaguicidas: insecticidas, herbicidas, fungicidas y otros para evitar las adversidades bióticas. De esta manera, el uso de plaguicidas ha venido aumentando en muchas partes del mundo. Nuestra región no es la excepción: En la Argentina, el uso de plaguicidas aumentó de 73 millones de kg/l en 1995, a 317 millones de kg/l en el año 2012 (CASAFE, 2015). Aunque no hay cifras actuales, a este ritmo hoy estaríamos en unos 420 millones de kg/l por año. Y en Brasil los números son aún más preocupantes, llegando casi a los 1000 millones de litros/kilos. Esta liberación continua y acumulativa de plaguicidas afecta, no sólo a la biodiversidad propia de los agroecosistemas sino que tiene una enorme influencia sobre la biodiversidad de los ambientes naturales circundante ya que pueden recorrer grandes distancias y afectar lagos, deltas, arroyos y otros ambientes naturales y la flora y fauna asociada a ellos. Betekov et al., (2013) analizaron el efecto de los plaguicidas sobre la riqueza regional de taxas de invertebrados de arroyos en Europa (Alemania y Francia) y Australia. Los plaguicidas causaron importantes efectos sobre la riqueza de especies y de familias en ambas regiones, con pérdidas en taxas de hasta un 42% de los grupos analizados.

Todo esto constituye un sistema que disminuye la base productiva y necesaria que es la biodiversidad y debilita los procesos ecológicos que ésta provee. Estos, entonces, deben ser reemplazados por subsidios energéticos a través de insumos caros y peligrosos, poniendo en duda la posibilidad de mantener este modelo en el tiempo.

En síntesis, la gran uniformidad de la agricultura moderna, con el uso de unas pocas especies y variedades de alto potencial de rendimiento, ha logrado una alta productividad por unidad de superficie (rendimiento) pero está asociado a dos problemas. Por un lado, su insustentabilidad ecológica-social, con problemas ambientales de gran magnitud (Sarandón & Flores, 2014), entre los cuales se destaca la dependencia creciente de pesticidas. Por otro lado, este modelo no resulta aplicable para la mayoría de los agricultores. Este modelo deja fuera del mismo a los productores familiares que no siempre tienen suficiente capital para adquirir los insumos cada vez más necesarios y costosos que este modelo requiere para alcanzar los niveles de productividad necesarios para que sea rentable. Teniendo en cuenta que, en casi todos los países de

nuestra región, los agricultores familiares representan entre un 70% y más del 80% de todos los productores, surge la necesidad de hacer algo al respecto.

De una agricultura de insumos a una de procesos

Se requiere pasar de una agricultura insumo dependiente a una agricultura sustentable basada en procesos ecológicos. No se trata, entonces, de aplicar menos insumos o un poco menos nocivos o peligrosos o extremar los cuidados de su aplicación. Aunque esto es, por supuesto, mejor que aplicarlos mal, no va a la raíz del problema, sino a los síntomas. En este sentido, está claro que es necesario rediseñar los sistemas de producción de alimentos para que sean menos dependientes de insumos, es decir, potenciar las funciones ecológicas. Esto es posible y para ello el recurso clave es la biodiversidad. Esto brinda una esperanza, pero presenta un problema, nuestro desconocimiento de lo que es la biodiversidad en los agroecosistemas, cómo estimarla y cómo manejarla. Un concepto que ha estado durante muchos años en el campo, en el terreno de los biólogos y naturalistas aparece como la solución a muchos problemas de los agroecosistemas actuales.

Ahí reconocemos que estos contenidos no han estado presentes en forma suficiente en las ciencias agropecuarias. Pero ¿por qué un concepto tan importante para el diseño y manejo de los agroecosistemas ha estado prácticamente ausente de las ciencias agropecuarias? En principio porque la palabra, el concepto, la imagen mental que despierta la misma, siempre ha estado asociada a los sistemas naturales, a la naturaleza, a lo silvestre, a ese otro mundo. De hecho, cualquiera puede comprobarlo si introduce la palabra biodiversidad en el buscador más famoso actualmente. Las imágenes que aparecerán serán, en casi su totalidad, del mundo natural, no del mundo agropecuario. Incluso, predomina la idea de que son dos mundos antagónicos, incompatibles, en disputa: si queremos preservar la biodiversidad, se dice, debemos aprovechar e intensificar los sistemas agropecuarios para no avanzar la frontera agropecuaria y disminuir o afectar el mundo silvestre, que es donde está la biodiversidad. Esta es una visión bastante simplista y equivocada de lo que significa la biodiversidad y que ha tenido importantes consecuencias sobre los modelos de agricultura prevalecientes.

Conscientes, entonces, de la importancia de la biodiversidad para la agricultura, como hemos demostrado en la primera parte de este capítulo y, a su vez, del importante rol que la agricultura tiene para la vida de los seres humanos, y de la rápida disminución de la biodiversidad, se disparan varios interrogantes, entre ellos:

¿Qué es la diversidad biológica agrícola?, ¿cuáles son sus componentes?, ¿cuáles son las funciones que nos puede proveer?, ¿implica esta disminución de la agrobiodiversidad una amenaza a las funciones de los agroecosistemas?, ¿cuáles son los componentes de la biodiversidad que debemos conservar?, ¿cómo medir la biodiversidad funcional?, ¿podemos identificar “umbrales” o niveles mínimos de biodiversidad” en estos procesos?, ¿cuál es la importancia de esta

pérdida, el “valor” de la biodiversidad?, ¿qué efecto tienen sobre esta pérdida, los diferentes estilos de agricultura? Trataremos de abordarlos en el resto de este capítulo.

La Diversidad Biológica Agrícola o Agrobiodiversidad

Como señalábamos al comienzo del capítulo, el reconocimiento de la importancia de la biodiversidad para los seres humanos y el resto de los seres del planeta, y la conciencia de su rápida declinación llevó a la firma del Convenio sobre Biodiversidad (1992) que analiza acciones a encarar para la preservación de la biodiversidad y sus componentes. Estos convenios contemplan sucesivas reuniones de las partes para seguir analizando los diferentes aspectos del tema central (ver análisis detallado del convenio sobre biodiversidad enfocado hacia la agricultura, en Sarandón, 2009).

Hasta la fecha se han realizado 14 reuniones o conferencias de las partes (COP):

- COP1: Nassau (Bahamas) del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 1994.
- COP2: Jakarta (Indonesia), del 6 al 17 de noviembre de 1995.
- COP3: Buenos Aires (Argentina), del 4 al 15 de noviembre de 1996.
- COP4: Bratislava (Eslovaquia), del 4 al 15 de mayo de 1998.
- ExCOP1: Cartagena de Indias (Colombia), del 22 al 23 de febrero de 1999.
- COP5: Nairobi (Kenia), del 15 al 26 de mayo de 2000.
- COP6: La Haya (Países Bajos), del 7 al 19 de abril de 2002.
- COP7: Kuala Lumpur (Malasia), del 9 al 20 de febrero de 2004.
- COP8: Curitiba (Brasil), del 20 al 31 de marzo de 2006.
- COP9: Bonn (Alemania), del 19 al 30 de mayo de 2008.
- COP10: Nagoya (Japón), del 18 al 29 de octubre de 2010.
- COP11: Hyderabad (India), del 8 al 19 de octubre de 2012.
- COP12: Pyeongchang (Corea del Sur), del 6 al 17 de octubre de 2014.
- COP13: Cancún (México), del 4 al 17 de diciembre de 2016.
- COP14: Sharm El Sheikh (Egipto)

Sin duda, en lo que se refiere a la agricultura y diversidad biológica, la COP-3 (Buenos Aires, 1996), y la COP-5 (Nairobi, 2000) fueron las más trascendentes. En Buenos Aires, la COP-3 (UNEP, 1997) estableció la decisión III/11 que lleva por título: “Conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad”, donde se reconoce (Sarandón, 2009):

- la importancia de la DB (diversidad biológica) para la agricultura y la interrelación de la agricultura con la DB.

- que el campo de la agricultura ofrece una oportunidad única para unir preocupaciones relativas a la conservación de la DB y la distribución de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.
- la interdependencia entre la agricultura y la diversidad biológica y cultural. La posibilidad ofrecida por la agricultura sostenible en el sentido de reducir el impacto negativo sobre la DB, mejorar o incrementar a su vez el valor de la DB y unir los esfuerzos de conservación con los beneficios sociales y económicos.
- que las comunidades de agricultores tradicionales han hecho una gran contribución a la conservación y mejoramiento de la DB y que ellos pueden hacer una importante contribución al desarrollo de sistemas de producción ambientalmente adecuados.
- que el uso inapropiado y la excesiva dependencia en agroquímicos ha producido un sustancial efecto negativo sobre ecosistemas terrestres, incluidos organismos del suelo, costas y acuáticos, perjudicando, por lo tanto, la DB de diferentes ecosistemas.

Entre otras recomendaciones, alienta a las partes a “Identificar los componentes claves de la biodiversidad en sistemas de producción agrícola responsables del mantenimiento de los procesos naturales y ciclos, monitorear y evaluar los efectos de las diferentes prácticas y tecnologías agrícolas sobre esos componentes y alentar la adopción de prácticas reparadoras para alcanzar niveles apropiados de DB.”

La COP-5, reunida en el año 2000 en Nairobi, Kenya (UNEP, 2000) toma este desafío y establece como componentes de la agrobiodiversidad a:

- a) los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura,
- b) los componentes de la diversidad biológica agrícola que proporcionan servicios ecológicos,
- c) los factores abióticos, que tienen un efecto determinante en estos aspectos de la diversidad biológica agrícola
- d) las dimensiones socioeconómicas y culturales; la diversidad biológica agrícola está en gran parte determinada por actividades humanas y prácticas de gestión. Conocimientos tradicionales y locales de la diversidad biológica agrícola, factores culturales y procesos de participación; el turismo relacionado con los paisajes agrícolas.

Esta definición de lo que es la biodiversidad pertinente para la agricultura o agrobiodiversidad, es muy importante porque aclara varios aspectos. Uno de ellos es que la agrobiodiversidad no se refiere sólo a lo cultivado. Esto es una parte, pero no el todo. En esta definición se reconocen también como componentes importantes de la agrobiodiversidad a aquellos que proporcionan servicios o procesos ecológicos. Estos componentes, no cultivados pero presentes en los agroecosistemas son reconocidos como importantes constituyentes de la agrobiodiversidad porque, ensamblados de determinada manera, generan interacciones que se traducen en procesos o funciones ecológicas que, de alguna manera u otra, son esenciales para el funcionamiento de los agroecosistemas. La vegetación espontánea que crece junto a los cultivos o cercana a ellos,

la presente en el paisaje circundante, la fauna asociada, son, por lo tanto, componentes de la agrobiodiversidad.

Otro reconocimiento importante es el valor que se le otorga a los factores abióticos. Tal como señalamos, varios ambientes dentro y fuera de las fincas tienen efecto sobre factores importantes como la velocidad del viento, la humedad del suelo, la sombra, la temperatura, y son fundamentales porque generan posibilidades (recursos y condiciones) para que existan muchas especies. Una arboleda, una lagunita, un pajonal, un cañaveral, un arroyo, un charco de agua temporario, todos estos ambientes, son parte de la agrobiodiversidad.

Finalmente, uno de los aspectos más interesantes, muchas veces olvidado o no tenido en cuenta es el reconocimiento de la importancia que tienen los aspectos culturales, los conocimientos y valoraciones que los agricultores y las agricultoras (ver importancia del enfoque de género en el capítulo 14) tienen sobre la agrobiodiversidad presente en los agroecosistemas. A diferencia de lo que son los ecosistemas naturales, donde todos los componentes dependen de diversos aspectos ecológicos ambientales (calidad del suelo, temperatura, régimen de lluvia, heladas, sequías, etc..) en los agroecosistemas todo está mediado por los intereses, conocimientos, valores, miedos, etc. de las personas que los manejan.

En capítulo 5 de este libro se analiza la importancia que tiene para la agrobiodiversidad vegetal el tema de las semillas y toda la relación con aspectos culturales y razones por las cuales los productores y las productoras las guardan y reproducen, que van mucho más allá de los aspectos meramente económicos o productivos. Razones de tipo afectivo, de independencia, innovadoras, culinarias, y varias más, son las que explican y permiten la existencia de esta amplia biodiversidad de semillas. En síntesis, nadie siembra lo que no conoce.

Existen, además, otras razones para valorar y tratar de entender el conocimiento ambiental local (CAL) que los agricultores y agricultoras tienen sobre la biodiversidad, tema abordado en el capítulo 13. La biodiversidad parece ser la base ecológica de otro modelo de agricultura menos basado en insumos, por lo que tiene una enorme importancia para el diseño de agroecosistemas. Su conocimiento puede ser general, científico, teórico, por lo que podemos avanzar mucho en las universidades e instituciones de educación agropecuaria, preparando nuevos técnicos y profesionales con más conocimientos sobre este tema. Pero su aplicación es local, situada y empírica, no hay recetas sobre cómo manejar o planificar la agrobiodiversidad, no hay lista de especies, ni distancias, ni combinaciones de policultivos o pasturas universales y válidas para todos los sistemas. Hay, sí, principios generales que deben ser resignificados y desarrollados teniendo en cuenta las características ambientales y socioculturales locales. Y para ello necesitamos los conocimientos y saberes de los y las agricultores/as. Ellos y ellas saben qué es lo que ocurre localmente, cuándo florece determinada especie, qué insectos la visitan, qué parte de la finca tiene suelos fríos, o calientes, cuándo anidan las aves, qué plaga aparece primero, en qué árbol están los enemigos naturales, etc.

Todo esto es necesario para que podamos lograr un correcto ensamblaje de los componentes de la agrobiodiversidad que permita expresar determinados procesos y funciones ecológicas. Veamos de qué se trata esto.

Servicios ecológicos de la agrobiodiversidad

El convenio sobre agrobiodiversidad en la conferencia de las partes COP-5, de Nairobi (UNEP, 2000) reconoce que, correctamente ensamblados, los componentes de la agrobiodiversidad pueden intervenir o contribuir con los siguientes procesos o servicios ecológicos.

- El ciclo de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y el mantenimiento de la fertilidad de los suelos
- La regulación de plagas y enfermedades
- La polinización
- El mantenimiento y la mejora de la fauna y la flora silvestres y los hábitats locales en sus paisajes
- Mantenimiento del ciclo hidrológico
- Control de la erosión
- Regulación del clima y absorción del carbono

Como lo señalamos al principio, aunque una parte de la agrobiodiversidad, los recursos genéticos, eran bien comprendida y valorada por el modelo convencional, no estaba tan claro y casi pasaba desapercibido el aporte que la misma puede hacer en la generación de procesos ecológicos que son vistos como importantes servicios para los agricultores.

De hecho, lo que ha ocurrido es justamente lo inverso: el diseño de sistemas de baja biodiversidad, monocultivos en grandes extensiones con la aplicación de pesticidas que eliminaron casi todas las formas de vida, generaron un debilitamiento de estos procesos que entonces debieron ser sustituidos por insumos. Por lo tanto, en forma inversa, si fortalecemos estos procesos, podemos disminuir su uso o, incluso, dejar de usarlos.

Analicemos la lista anterior y veamos si alguno de estos nos resulta interesante. Sin duda, si podemos mejorar, hacer más eficiente el ciclaje de nutrientes, podríamos requerir un menor uso de fertilizantes sintéticos, caros, energéticamente costosos y que generan externalidades. Una de las maneras sería mejorar la capacidad biótica de fijar nitrógeno, a través de la incorporación de elementos de la biodiversidad que lo hagan, como las leguminosas y los rizobios asociados.

Por otro lado, el fortalecimiento de los mecanismos de regulación biótica disminuiría la necesidad del uso de pesticidas, el mejoramiento de la polinización generaría, por un lado mejoras en la producción, mejoras en el cuajado y calidad de los frutos o semillas y, simultáneamente, aumentaría la variabilidad genética de muchas especies (ver capítulo 9).

Hay algunos otros servicios que ya no son a escala local, de finca, sino más bien regional como ser hábitat para otras especies, o el mantenimiento del paisaje, regulación del clima y absorción del carbono.

Comprendida la importancia de mantener buenos niveles de agrobiodiversidad nos surgen otros interrogantes. Algunos de ellos tienen que ver con comprender mejor la relación entre la biodiversidad y sus funciones.

La biodiversidad funcional en los agroecosistemas

Habiendo comprendido la importancia de la agrobiodiversidad para las funciones ecológicas debemos avanzar en algunos criterios para evaluar cómo construir esa biodiversidad que nos brinde estos servicios. Cuando hablamos de tener niveles adecuados de la agrobiodiversidad, ¿a qué nos referimos?, ¿es el número total de especies que tengo en una finca, son sólo las cultivadas o, además, debo sumar las especies espontáneas?, ¿debo medir todo o sólo la vegetación?

Para contestar estas preguntas necesitamos entender la relación entre las funciones que aporta y la cantidad de especies que implica una buena agrobiodiversidad. En este sentido, uno de los primeros aspectos que llaman la atención es que existen sólo algunas pocas funciones, pero, por otro lado, muchísimas especies. Imagínense sólo en una hectárea cuántas especies de plantas, insectos, otros artrópodos, microorganismos, hongos, bacterias, etc. puedo encontrar. Es decir, no existen muchas funciones, pero existen innumerables especies, lo que quiere decir que muchas de ellas hacen o son responsables de la misma función. ¿Por qué la naturaleza ha hecho esto?, ¿cuál es el sentido que varias especies hagan la misma función?, ¿cuál es el significado de la diversidad “entre” grupos funcionales?

Vandermeer (1998) analiza este punto y confirma que, efectivamente, muchas especies diferentes cumplen roles similares en áreas separadas. De alguna manera, la biodiversidad mejora las funciones del ecosistema debido a que diferentes especies o genotipos desarrollan diferentes funciones (tienen diferentes nichos). Por lo tanto, existe una redundancia construida dentro del sistema.

Es sabido que, en condiciones de laboratorio, una sola especie basta o es suficiente para cumplir con alguna función ecológica. Por ejemplo, podemos buscar y criar un enemigo natural muy eficiente que controle la principal plaga de mi cultivo. O, por otro lado, aislar un microorganismo del suelo, que sea capaz de descomponer la materia orgánica en forma efectiva. El problema es que estos procesos individuales pueden llegar a funcionar bien sólo dentro de determinadas condiciones de temperatura, humedad, pH, u otros. Pero nosotros necesitamos y esperamos, que ese proceso se produzca siempre, aún bajo diferentes posibilidades ambientales, con baja o alta temperatura, con una sequía o mucha lluvia, con un pH ácido o neutro, etc. Y eso es lo que posibilita tener una alta biodiversidad. La biodiversidad mejora las funciones del ecosistema porque estos componentes, que parecen redundantes en un momento dado, llegan a ser importantes cuando ocurre algún cambio ambiental (resiliencia del sistema). Esto constituye un “buffer” contra estrés y disturbios.

Esto último es uno de los aspectos centrales de la Agroecología. En lugar de buscar un enemigo natural altamente eficiente que luego se puede criar en laboratorio y liberar como un insumo biológico, busca generar una alta diversidad funcional que asegure que esa plaga (circunstancial y síntoma de un desarreglo en el sistema) y muchas otras que pueden surgir, van a estar controladas, entre otros aspectos, por un gran número de potenciales enemigos naturales con diferentes hábitos, preferencias y necesidades ambientales. Esto puede verse claramente

en el capítulo 8, en las complejas tramas tróficas que impiden que alguna potencial plaga pueda desarrollarse en forma peligrosa en la zona hortícola de La Plata, Argentina.

Esta aparente redundancia de la biodiversidad es lo que asegura su efectividad y resiliencia. Por lo tanto, necesitamos tener buenos niveles de biodiversidad, y entender cómo se mide esa biodiversidad funcional. Para ello debemos abordar el concepto de biodiversidad funcional.

Para obtener beneficios o procesos de la agrobiodiversidad, no es tan importante el número, la cantidad total de componentes (por ejemplo, cuántas especies de plantas tenemos), como las funciones que estos pueden favorecer. Cada componente, trigo, maíz, olivo, oruga defoliadora, pulgón de los cereales, abejas, murciélagos, sapos, caña de azúcar, sorgo de Alepo, lombriz, oveja, puede ser evaluado o catalogado o clasificado según diferentes criterios; uno es el taxonómico, es decir, a qué especie, género y familia pertenecen, y el otro, es la función que ejercen, en qué proceso intervienen, cuál es el rol que está cumpliendo en nuestro agroecosistema.

De esta manera, pueden cumplir varios roles o funciones: como predadores, como productores (las plantas verdes), como descomponedores de materia orgánica, fijadores de N, parasitoides, polinizadores, herbívoros, ingenieros del suelo, cicladores de nutrientes. Varios de estos roles no son exclusivos y pueden ser cumplidos o ejercidos por la misma especie, una especie puede ser descomponedora de materia orgánica y, a su vez, ingeniera del suelo, como la lombriz. Incluso la misma especie puede variar su rol y función de acuerdo con el estado de madurez, Por ejemplo, los lepidópteros son voraces herbívoros o fitófagos en su etapa juvenil de orugas y polinizadores en su etapa adulta (mariposas y polillas).

Por lo tanto, lo importante es entender el concepto de biodiversidad funcional. Lo deseable no es tener muchas especies (una alta riqueza) en sí mismo, sino tener representados todos los grupos funcionales, o los que más nos interesan para nuestros objetivos. Para entenderlo acudiremos a un ejemplo bastante práctico de la vida cotidiana. Se dice que la actividad de la construcción de edificios o casas es muy importante porque permite contratar muchos trabajadores en diferentes gremios: albañiles, carpinteros, plomeros, azulejistas, transportistas, arquitectos, electricistas, peones, vidrieros, etc. Es importante y necesario para poder construir el edificio tener todos los gremios. Y entendemos que la ausencia de carpinteros no se soluciona con más albañiles o plomeros. No es la cantidad de personas que trabajan sino la presencia de todos los gremios lo que nos asegura que ninguna tarea quedará sin realizar. Esto mismo podemos aplicarlo a los agroecosistemas. Lo que necesitamos es tener todos los grupos funcionales representados más que muchas especies dentro del mismo grupo. La falta de un grupo, por ejemplo, los ingenieros del suelo, no puede ser reemplazada por más especies dentro del grupo parasitoide o por más polinizadores. Por otro lado, la ausencia de un componente arbóreo no puede (el ambiente que genera, los nichos que aporta) ser reemplazado por una mayor cantidad de especies herbáceas. Entendido esto, debemos ver cómo medimos esta biodiversidad funcional.

Midiendo la biodiversidad funcional: el gran desafío

Este aspecto será abordado con más profundidad y detalle en el capítulo 12 pero adelantamos algunos conceptos básicos. Este es quizá, uno de los mayores desafíos para la agroecología y en el cual aún debemos trabajar bastante. A pesar de que los biólogos que se ocuparon de la biodiversidad propusieron algunos indicadores para medirla, su preocupación nunca estuvo centrada en los aspectos funcionales de la misma, tal como nos interesa a los agroecólogos. Sus medidas de la biodiversidad, tales como la riqueza (número de especies) o su distribución equitativa (índice de Shannon cómo el más conocido) no nos dan información precisa sobre su rol funcional y no nos permiten decidir si podemos o no dejar de aplicar pesticidas, por ejemplo.

Cada vez están más claras las limitantes de usar sólo algunos de estos indicadores para evaluar la biodiversidad funcional. Brose, (2003), encontró que, para los carábidos, una familia de coleópteros que cumplen varias funciones muy importantes en los agroecosistemas, el número de especies vegetales no resulta un buen indicador para estimar su presencia y abundancia y sí lo es otro indicador un poco más complejo de heterogeneidad vegetal. Por lo tanto, lo que necesitamos evaluar en un agroecosistema es si existen suficientes ofertas ambientales para permitirnos pensar que puede albergar una gran biodiversidad, que, a su vez, pueda generar la mayor parte de los procesos ecológicos que nos interesan.

En este sentido, tal vez no necesitamos medir toda la biodiversidad, de todos los grupos (lo que, además, sería imposible), sino que podemos enfocarnos en aquella que es la base de todas: la vegetación. Esto es un gran avance porque resulta relativamente mucho más fácil estimar las características de la vegetación que del resto de los componentes de la biodiversidad. La vegetación es la base trófica de todos los sistemas. Es el nivel que captura y almacena la energía y del cual viven todos los demás. Esta vegetación genera entonces oportunidades, ambientes, “nichos” que pueden ser ocupados por el resto de la biodiversidad. Tenemos entonces que ser capaces de “leer” si hay una buena o mala oferta de nichos en esa vegetación.

Varios autores han tratado de aportar en este sentido. Noss, (1990) propone analizar algunos atributos como, a) *la composición*: identidad y variedad de los elementos que constituyen la biodiversidad: genes, especies, familias, b) *la estructura*: disposición física de los elementos: espacial, vertical, trófica, se refiere a los recursos, los nichos, y c) *la función*: los procesos ecológicos.

Por otra parte, Gliessman (2001) nos sugiere caracterizar la diversidad, por dimensiones: la específica, genética, vertical, estructural, la temporal y funcional (ver este tema con más profundidad en el capítulo 12). Estas dimensiones no son excluyentes, se pueden realizar estrategias de manejo que incrementen la biodiversidad específica, espacial y vertical, por ejemplo, a través de la inclusión de estratos arbóreos o arbustivos. La creación de barreras o cercos vivos o franjas de vegetación natural puede incrementar la biodiversidad espacial, temporal (si hay especies perennes), específica, genética y vertical. Sin embargo, por el contrario, puede haber una cierta diversidad específica pero no genética si se trata de varias especies pero sólo

una variedad o cultivar dentro de cada especie. Cada dimensión aporta o ayuda al cumplimiento de ciertas funciones y hay que seguir realizando esfuerzos para poder medir la biodiversidad funcional en los agroecosistemas.

Cómo conservar y promover la agrobiodiversidad

Como hemos visto, podemos conservar y promover una mayor agrobiodiversidad a través de técnicas o estrategias que aumenten sus diferentes dimensiones: temporales, específicas, genéticas, espaciales, verticales, estructurales de la biodiversidad. Esto puede darse a nivel lote o parcela (alta diversidad de cultivos, como en una milpa o en un policultivo, o una pradera polifítica), a nivel finca (varias especies e integración animal) y, fundamentalmente, a nivel paisaje. Esto último es fundamental (ver capítulos 11 y 15), porque no hay que olvidar que los componentes de la biodiversidad deben estar conectados con el entorno. Por más biodiverso que sea el sistema que logremos diseñar, es muy difícil que todas las especies estén ya presentes en nuestra finca: muchas de ellas provienen de los ambientes circundantes, o incluso de algunos situados a mucha distancia y viajan a través de “corredores” que facilitan estos flujos. Nuestros agroecosistemas actúan como receptores y también proveedores de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos desde y hacia el entorno: somos dependientes de esa biodiversidad e influimos con nuestra biodiversidad en ese entorno. Por lo tanto, otros agroecosistemas pueden beneficiarse de nuestra alta biodiversidad, y a su vez, el nuestro es influido positiva o negativamente por lo que hacen nuestros vecinos. Las especies deben poder ingresar y salir de nuestro agroecosistema y circular y desplazarse a veces grandes distancias para lo cual necesitan ambientes diversos que actúen como corredores de biodiversidad. Los paisajes homogéneos no siempre los proveen. Es importante entender entonces que para un diseño de paisaje biodiverso no basta con la acción o el convencimiento de los agricultores y las agricultoras y/ los técnicos; hay muchos otros actores que deben comprender su importancia y el efecto que diferentes tipos de paisaje generan sobre la conservación y el funcionamiento de esta agrobiodiversidad.

En este sentido es de destacar la iniciativa de la provincia de Santa Fe, Argentina en marzo de 2011, en prohibir, mediante la Resolución 136 del Ministerio de Aguas Servicios Públicos y Medio Ambiente (MASPyMA, 2011), la utilización con fines agrícolas de las banquetas de las rutas provinciales por considerarlas corredores de biodiversidad. Se señala en la citada resolución, respecto al uso agrícola, que “esta situación de homogeneización y simplificación ecosistémica comienza a arrastrar fenómenos no sólo de orden ecológico sino también ambiental, con fuertes impactos en los subsistemas económico y social”. Una costumbre que era vista durante mucho tiempo, como algo deseable, positivo, que transformaba en útil esos espacios a los costados de las rutas, “desaprovechados” por el crecimiento de la vegetación espontánea (sin valor), cambia cuando se percibe el verdadero valor de esta biodiversidad y el rol de conectores que estos ambientes al costado de las rutas tienen en el flujo de los componentes de la biodiversidad.

A escala de finca, puede manejarse tanto la diversidad cultivada como la espontánea, que están estrechamente relacionadas. El diseño de lo cultivado genera ambientes diversos y con ello la disponibilidad de recursos que definen las posibilidades de la diversidad silvestre. El uso de sistemas agroforestales, policultivos, abonos verdes, rotaciones borduras franjas, islas de vegetación (ver capítulo 15) son algunas de las modalidades que pueden emplearse.

Por otra parte, hay que tener presente el efecto a veces indirecto que ciertas actividades generan en la biodiversidad de la finca. Este es el caso de la integración de la ganadería con la agricultura. Durante mucho tiempo se las han considerado actividades antagónicas, que competían por recursos. Sin embargo, desde la visión de la biodiversidad funcional, pueden ser un gran complemento (capítulo 12 y 15). La ganadería, sobre todo pastoril, genera ambientes de gran diversidad como los relacionados con la presencia de ambientes en los alambrados, las pasturas polifíticas, las praderas naturales, aguadas, etc. (fig. 1.2)



Fig. 1.2. Típicos paisajes de la Provincia de Buenos Aires Argentina, donde se observan los ambientes seminaturales asociados a la actividad ganadera. Fotos SJ Sarandón.

La eliminación del componente animal puede traer, como consecuencia, una importante disminución de la biodiversidad al desaparecer ciertos ambientes que ya no tienen sentido en un sistema puramente agrícola. Esto es lo que demostraron Iermanó *et al* (2015) en la región pampeana Argentina, y que afectó severamente lo que denominaron el potencial de regulación biótica (capacidad de controlar las plagas) haciendo los sistemas más vulnerables ante su ataque. Incluso los ganaderos tienen más tolerancia a la vegetación espontánea que los agricultores, porque los animales, en general, pueden comer las “malezas” en caso de necesidad, y, por lo tanto, estas no son un problema serio, como sí lo pueden llegar a ser en ambientes puramente agrícolas de monocultivo.

Por otro lado, hemos señalado que el CDB señala explícitamente que la conservación de los recursos genéticos debe hacerse *in situ* y que la modalidad *ex situ*, bancos de germoplasma es un complemento. Esto significa que la conservación debe hacerse en los lugares donde estas plantas crecen y coevolucionan con el ambiente. De esta manera, se produce una selección constante para adecuarse al ambiente cambiante. Este modelo es el que vienen desarrollando desde hace miles de años en algunas regiones, menos tiempo en otras, los agricultores, las agricultoras (ver su importancia en capítulo 14), campesinos/as e indígenas y que hasta hace

poco tiempo fue desestimado, menospreciado e invisibilizado por la ciencia moderna. Se consideraba (y aún se piensa de esta manera) que esas variedades, razas locales, o ecotipos no tienen valor alguno, que ya han sido superados por los espectaculares rendimientos de las variedades e híbridos modernos). Sin embargo, tienen un enorme valor porque están adaptados localmente y son la base de un manejo de base agroecológico con menos uso de insumos. Tal como se analiza más adelante (ver capítulo 6), muchas variedades locales están siendo rescatadas por sus valores que exceden el meramente productivo o de rendimiento. Una pluralidad de valores es lo que ha conservado estos modelos de agricultura y métodos de selección; es, en definitiva, lo que ha conservado la agrobiodiversidad. Esto debe ser acompañado entonces con modelos de agricultura compatibles.

Estilos de agricultura

La forma en que se concibe la agricultura y ganadería tiene gran importancia en la conservación de la biodiversidad en general y la agrobiodiversidad en particular. Como señalamos oportunamente, no hay una sola manera de hacer la agricultura, no hay una sola forma de cultivar un buen maíz, un buen trigo. La manera en que se hace la agricultura afecta enormemente la biodiversidad. Como hemos visto, una agricultura de monocultivos en grandes extensiones, con aplicaciones crecientes de plaguicidas y fertilizantes, no contribuye a la conservación de la biodiversidad, sino que es su principal amenaza. Tanto para la que está dentro, como fuera de los agroecosistemas. El uso creciente de pesticidas, que busca eliminar una parte de la vida (son biocidas) de los agroecosistemas, como el uso intensivo de fertilizantes, sobre todo nitrogenados, que reducen enormemente la riqueza de especies vegetales, afectan negativamente la agrobiodiversidad (ver capítulo 4).

Pero, por otro lado, el modelo de agricultura elegido afecta también a la otra biodiversidad, la que está en los ecosistemas naturales. Esto no es tan comprendido porque predomina aún una concepción sobre la biodiversidad asociada a lo silvestre, lo prístino, al mundo natural. Por el contrario, según esta idea, son valores contrapuestos, y se ha señalado que la mejor manera de preservar la biodiversidad (que está en ese “otro” mundo) es intensificar al máximo los espacios rurales aplicando toda la tecnología, incluso con el uso de pesticidas y plásticos (Avery, 1998), para evitar avanzar la frontera agropecuaria.

Sin embargo, esto está en contradicción con lo señalado por el convenio sobre biodiversidad, que reconoce que: *el uso inapropiado y la excesiva dependencia en agroquímicos ha producido un sustancial efecto negativo sobre ecosistemas terrestres, incluidos organismos del suelo, costas y acuáticos, perjudicando, por lo tanto, la DB de diferentes ecosistemas*. Todo lo que se hace en el mundo agrícola impacta en el mundo natural, no existen fronteras entre ambos mundos y, por el otro lado, los agroecosistemas son parte y constituyen la biodiversidad. Como ejemplo de la interrelación entre ambos mundos, podemos citar el reciente trabajo de científicos uruguayos (Ernst *et al.*, 2018), sobre el hallazgo de pesticidas en los tejidos de 14 especies de peces (migratorios, no migratorios, y desde detritívoros a predadores) usados para consumo humano de los Ríos Negro y Uruguay, que corre entre la Argentina y este país. Encontraron que, en 143 de

149 muestras (el 91%) había restos de hasta 30 pesticidas diferentes en los tejidos musculares de estos peces. Estos eran peces silvestres, del mundo natural, y los plaguicidas provienen del mundo agropecuario, lo que confirma que todo lo que se hace en el mundo agropecuario repercute y tiene consecuencias en ese otro mundo (paradójicamente del cual también depende). La dicotomía productividad vs. conservación ha sido superada; es necesario lograr sistemas agroalimentarios que a su vez contribuyan a mantener y aumentar la biodiversidad tanto de los propios agroecosistemas como la de los ecosistemas naturales con los que están íntimamente conectados. Pero, para ello, hay que dimensionar el verdadero valor de la biodiversidad.

El valor de la biodiversidad

Una de las razones por las cuales la biodiversidad y, por lo tanto, la agrobiodiversidad está en peligro es su valor “difuso” o intangible. Aquí debemos comprender que una cosa es el valor y otra muy diferente es el precio. En una economía neoclásica como la que predomina, existe la tendencia y el reduccionismo de valorar algo por su precio. Pero el precio no es una medida verdadera del valor de algo y mucho menos para los que se consideran bienes comunes (Flores y Sarandón, 2014). Hay un problema con el “valor” de la biodiversidad vs. el “precio” de algunos componentes. Este es el caso de, por ejemplo, los grandes desmontes que han ocurrido en varias regiones sojeras de la Argentina y de países vecinos para implantar soja. Se ha hecho porque comprar estos terrenos y convertirlos en soja resulta muy rentable, porque el “valor” del monte es mucho menor que el “valor” de la soja que puedo producir. El problema es que estos valores no son equivalentes; cuando se elimina un monte se calcula su valor por el precio inmobiliario de la tierra, que resulta, aparentemente, bastante barato. Pero, nos damos cuenta de que este precio no representa el valor de esa biodiversidad y sus servicios ecosistémicos contenida en esa superficie de monte o bosque, y que esta tiene una serie de valores que no son fáciles de definir. En este sentido, Swift *et al* (2004) nos traen un poco de claridad al proponer 4 valores para la biodiversidad:

Valor Intrínseco: (no uso). Es el valor que tiene la diversidad en sí misma para los humanos: aspectos culturales, estéticos, sociales, éticos, religiosos. Es culturalmente variable. Los seres humanos disfrutan de la variedad de la vida, se entristecen si desaparece una especie, colaboran para evitar su desaparición.

Valor utilitario (uso directo): Es el valor de los componentes de la diversidad. Los cultivos, usos químicos, farmacéuticos, caza deportiva. Puede ser “apropiado o privatizado”. Puedo cultivar una especie, como el trigo y venderlo porque es de mi propiedad. Puedo extraer un producto del monte o del bosque y venderlo porque me puedo apropiar de él. Incluso, los dueños de grandes extensiones de tierra pueden cobrar por cazar en ella algún animal porque ese animal, ese componente de la biodiversidad “les pertenece”.

Valor de opción. Es el valor a futuro (pero no actual). Un ejemplo de esto son los microorganismos aún no conocidos, o genes para futuros productos industriales, o farmacéuticos. Este es

el caso de la enorme biodiversidad que puede contener la selva amazónica. No la destruyan, no avancen sobre estos ambientes, nos dicen, porque ahí puede estar, puede vivir, una planta que sirva, por ejemplo, para obtener una droga, un compuesto químico contra el cáncer, el sida, el COVID 19 u otra enfermedad.

Valor funcional: es la contribución a la función de soporte de vida del ecosistema, o en nuestro caso, a las funciones necesarias para el buen funcionamiento de los agroecosistemas. Es un valor reciente que reconoce el rol de la diversidad en los servicios ecosistémicos. Es el valor que nos interesa en este libro, el que más difícilmente se otorga y se comprende porque no se ve, es abstracto. Y, por supuesto, requiere cierto nivel de conocimiento para valorarlo. Para quien no conoce, toda vegetación espontánea son malezas o “yuyos” sin valor, y la vida del suelo son patógenos o formas nocivas. Pero para el que conoce, son componentes de la biodiversidad que pueden aportar valiosas funciones que disminuyen la necesidad del uso de insumos.

Esta visualización del valor oculto de la biodiversidad es muy importante y ha comenzado a ser abordado por algunos autores que han tratado de ponerle “precio”. Es el caso de Morandin & Winston (2006) que demuestran que conservar ciertos ambientes seminaturales, puede ser rentable, a través fomentar los polinizadores que pueden proveer un incentivo económico a través de su influencia positiva en el rendimiento de un cultivo de colza, cuando se deja una franja con vegetación espontánea, en lugar de cultivar toda la superficie. Cuando se pretende cultivar la totalidad del terreno con colza, los rendimientos no son buenos por falta de cuajado de las semillas, por ausencia de polinizadores, los que han disminuido por no tener ambientes apropiados.

Pretty *et al.* (2000) por su parte, calcularon el costo externo del modelo de agricultura del Reino Unido estimando en varios millones de libras esterlinas el daño al capital natural biodiversidad. Está claro que si estos costos ocultos los pagasen los propios agricultores que los generan, entonces este modelo de agricultura industrial no sería tan rentable como pareciera.

Aunque estos trabajos que intentan ponerle un precio a la biodiversidad para poder apreciar un poco mejor su valor son un avance porque hacen visible lo invisible, no solucionan el problema ya que aún no tenemos suficiente conocimiento para definir claramente valores reales para esta biodiversidad y sus componentes. Por otro lado, como ya señalamos, como la agrobiodiversidad tiene un valor cultural, esto no puede ser generalizado porque no tendrá la misma importancia para todas las personas.

Por esta razón, ante la biodiversidad, que tiene valores inciertos, donde hay un grado importante de incertidumbre y las consecuencias pueden ser muchas veces irreversibles, hay que aplicar el principio precautorio que dice que la falta de evidencia científica no debe ser un obstáculo para tomar medidas al respecto. Es decir, ante la duda, hay que ser conservadores.

Conclusiones

La biodiversidad es esencial para la vida en el planeta y la realización de la agricultura porque aporta los recursos genéticos y las funciones o procesos ecológicos necesarios para su realización.

La biodiversidad está en peligro y los sistemas modernos de agricultura industrial son una de sus principales amenazas por su baja biodiversidad y el uso creciente de pesticidas y fertilizantes. Esto afecta no solo a la biodiversidad propia de los agroecosistemas, la agrobiodiversidad sino a la de los ecosistemas naturales, con los que está íntimamente relacionada y es interdependiente.

Es necesario conservar la agrobiodiversidad porque sus componentes, correctamente ensamblados generan interacciones que se traducen en procesos ecológicos esenciales para un manejo sustentable menos dependiente de pesticidas y fertilizantes.

Para ello hay que entender los conceptos de biodiversidad funcional y mejorar nuestra capacidad para medirlos. Hay que tener en cuenta que la agrobiodiversidad tiene un componente cultural, social intrínseco que no puede desconocerse.

Por último debemos asumir que aún nos falta mucho por conocer sobre la agrobiodiversidad, su importancia y cómo evaluarla, por lo que estamos en un terreno de bastante incertidumbre. Por otro lado, debemos asumir que el valor de la biodiversidad es mucho más que el precio de algunos de sus componentes. Por lo tanto, en caso de duda, es fundamental aplicar el principio de precaución. La visión de la Agroecología apunta en este sentido.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué es la biodiversidad y cuál es su importancia para los seres humanos y la vida en el planeta?*
2. *¿Por qué se firma el convenio sobre diversidad biológica CDB y cuáles son sus objetivos?*
3. *¿Cuáles son las 3 dimensiones de la biodiversidad y cuál es su importancia?*
4. *¿Qué relación existe entre la biodiversidad y las actividades agropecuarias?*
5. *¿Qué son los recursos genéticos para la agricultura y la alimentación y cuáles son las formas de preservarlos? ¿Cuál de estas es la más importante y por qué?*
6. *¿Cuáles son las principales amenazas contra la biodiversidad?*
7. *¿Qué es la agrobiodiversidad o diversidad biológica agrícola y cuáles son sus componentes?*
8. *¿Cuáles son las funciones que se le atribuyen a la agrobiodiversidad? ¿Cuál puede ser su utilidad en un manejo sustentable de agroecosistemas?*
9. *¿Qué son los grupos funcionales y cuál es su importancia en el manejo de la agrobiodiversidad?*
10. *¿Cuál es la importancia del componente vegetal como estimador de la biodiversidad funcional?*
11. *Hay quienes consideran que la mejor manera de conservar la biodiversidad es intensificar o maximizar la productividad de los ambientes agrícolas para evitar avanzar sobre la biodiversidad que se encuentra en los sistemas naturales. Analice esta afirmación.*

12. *¿Por qué la Agroecología señala o destaca el valor de los aspectos culturales en el manejo y conservación de la agrobiodiversidad?*
13. *¿Cuáles son los valores de la biodiversidad y cuál es el problema en relación con el precio o rentabilidad?*
14. *¿Qué es el principio precautorio y por qué se considera apropiado para ser aplicado en el manejo de la agrobiodiversidad?*

Referencias

- Avery D (1998) Salvando al planeta con plaguicidas y plásticos. El triunfo ambiental de la agricultura de altos rendimientos. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Buenos Aires, 318 pp.
- Beketov MA, BJ Kefford, RB Schäfer & M Liess (2013) Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates, PNAS Early Edition: 1-5. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305618110
- Brose U (2003) Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* (2003) 135:407–413.
- CASAFE (2015) Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Mercado Argentino 2012 de Productos Fitosanitarios KLEFFMANNGROUP Argentina, Buenos Aires, 2015.
- Ernst F, B Alonso, M Colazzo, L Pareja, V Cesio, A Pereira, A Márquez, E Errico, AM Segura, H Heinzen & A Pérez-Parada (2018) Occurrence of pesticide residues in fish from south American rainfed agroecosystems, *Science of the Total Environment* 631–632 (2018) 169–179
- Flores CC & SJ Sarandón (2014) Sustentabilidad ecológica vs. rentabilidad económica. El análisis económico de la sustentabilidad, en *La Agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable*, Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. SJ Sarandón & CC Flores, (Editores) Programa Edición Libros de Cátedra, Editorial Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Capítulo 3: 70-98. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Gliessman SR (2001) Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentable. Segunda Edición. Editora da Universidade (Universidade Federal de Río Grande do Sul) Pp: 653.
- Gruber K (2017) Biodiversity: the living library, *Nature* 544, S8-S10.
- Harlan JR (1992) *Crops and man*. Second edition ASA, CSSA, Madison, Winsconsin, USA, 284 pp.
- Iermanó MJ, SJ Sarandón, LN Tamagno & AD Maggio (2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114 (número especial 1):1-14.
- IPBES (2019) *Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services Chapter 1. Assessing a planet in transformation: Rationale and approach of the IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services*. Cap 1: 70pp.
- MASPyMA (2011) Ministerio de Aguas Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fé, Resolución 136, 16 de Marzo de 2011.

- Morandin LA & ML Winston (2006) Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 116: 289–292.
- Noss RF (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- Pretty JN, C Brett, D Gee, RE Hine, CF Mason, JIL Morison, H Rave, MD Rayment y G van der Bijn (2000). An assessment of the total external cost of UK agriculture. *Agricultural Systems* 64: 113-136.
- Rapoport EG, A Marzocca & BS Drausal (2009) Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad Nacional del Comahue, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Normatil. 216 pp.
- Sarandón SJ (2009) Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. En *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*, Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología. SOCLA 2009, Editor/Compilador: MA Altieri, Publicado por: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín, Colombia. www.agroeco.org/socla, 4: 95-116.
- Sarandón SJ & CC Flores (2014) La insustentabilidad del modelo agrícola actual. *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. SJ Sarandón & CC Flores, (Editores) Programa Edición Libros de Cátedra, Editorial Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Capítulo 1: 13-41. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
- Shiva V (1996) Monocultivos de la mente. En *Monocultivos y biotecnología (amenazas a la biodiversidad y supervivencia del planeta)*. Instituto del Tercer Mundo (ITEM), Uruguay: 9.-61.
- Swift MJ, MN Izac & M van Noordwijk (2004) Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113–134.
- UNEP/CBD (1994) Convention on Biological Diversity. Text and Annexes. The Interim Secretariat For the Convention on Biological Diversity, Geneva, Switzerland: 34 pp.
- UNEP/CDB/COP/3 (1997) The Biodiversity Agenda. Decisions from the third Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Second Edition, Buenos Aires, Argentina, 4-15 Nov, 1996. 116 pp.
- UNEP/CDB/COP/5 (2000) The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, 15-26 de mayo 2000.
- Vandermeer J, M Van Noordwijk, J Anderson, C Ong & I Perfecto (1998) Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agric. Ecosyst. Environ.* 67: 1–22.
- Warren JM (2015). *The nature of crops. How we came to eat the plants we do*. CABI, Wallingford & Boston.

CAPÍTULO 2

Biodiversidad del suelo. Su importancia para el manejo sustentable de agroecosistemas

Marina Sánchez de Prager, Erika Perea Morera, Martín Prager Mosquera, Diego Iván Ángel Sánchez, Juan Carlos Ortiz Ríos, José Miller Gallego, Oscar Sanclemente Reyes y Elida Marín Beitia

Introducción

Diariamente, nuestros pasos se asientan sobre la tierra, a veces cubierta con asfalto, otras con pasto y hierbas con diferente altura y vigor, como sucede en los agroecosistemas. Algunos hemos tenido la fortuna de caminar sobre el colchón que forma la materia orgánica en los suelos selváticos y, al mirar hacia el cielo, observar múltiples especies vegetales que se entrelazan, sostenidas por tallos con distintas elevaciones que ocupan diferentes volúmenes y cuyas raíces, en la mayoría, colonizan el suelo a distintas profundidades y se organizan en un sistema biodiverso, multiestratificado arriba y abajo.

Estas manifestaciones de diversidad en formas de crecimiento, de raíces, épocas de floración, fructificación y multiplicación vegetal, unidas a los ciclos de crecimiento de la vida que albergan en diferentes especies y estados, tienen profundas implicaciones ecosistémicas, pues regulan la luz, el agua, la temperatura, la humedad relativa, los nutrientes, los ciclos biogeoquímicos, se comunican mediante un lenguaje de moléculas que interactúan en la parte aérea-suelo-parte aérea y cumplen diversos fines. Estas redes, que consideramos complejas, van a jugar un papel fundamental en la sustentabilidad de los agroecosistemas en términos de productividad y salud que se van a reflejar en la resistencia, resiliencia y demás propiedades emergentes¹ que aseguran la permanencia de ellos a través del tiempo y de las condiciones ambientales. Este entramado que se repite arriba-abajo-arriba, se sostiene sobre el suelo vivo.

¹ La propiedad emergente, como su nombre lo indica, surge de la integralidad de muchos componentes, es decir, es una “nueva propiedad, no ordinaria —es decir, no derivable de una serie de axiomas dados a priori— de un sistema más complejo, con relación a los sistemas menos complejos que carecen de ellas” (Morin, 2012, p. 27).

El suelo vivo: componente de los agroecosistemas

Algunas corrientes de pensamiento consideran al suelo como sustrato inerte que puede sostener plantas en monocultivo (Ibáñez, 2010, p. 20), a las cuales se les procura la nutrición con moléculas aportadas externamente mediante fertilizantes de síntesis química industrial como la urea o los superfosfatos, entre otros, y, a veces, se combinan con abonos orgánicos sin importar su origen. Los desórdenes nutricionales y fitopatológicos los controlan con fertilizantes, herbicidas, fungicidas, bactericidas y demás biocidas. Así crean un círculo vicioso, que al repetirse se agrava y entonces se responde con incrementos en las cantidades y con productos “más potentes, más nocivos” individuales y/o en mezclas, aplicados sobre materiales vegetales mejorados por técnicas convencionales y o través de transgénesis. Son ejemplos de ello, la caña de azúcar en Colombia y Brasil, la soja transgénica en Argentina y otros países latinoamericanos, entre otros (Giraldo, 2015; Gorenstein & Ortiz, 2016; Segrelles, 2005). Estas tecnologías y técnicas son la base de la agricultura de la revolución verde, bajo el lema cortoplacista de productividad de un cultivo, sin importar los costos sociales, económicos y ambientales.

Por el contrario, la escuela de pensamiento agroecológico parte de la base conceptual de considerar los agroecosistemas como sistemas vivos en conjunto, asentados en ese componente llamado suelo, en el cual la biodiversidad vegetal se establece, sostiene diferentes biomas “in situ” y “ex situ” al crear condiciones que propician lo que se ha llamado equilibrio biodinámico arriba-abajo-arriba, que fluye, cambia y asegura la permanencia de la vida, la salud, la productividad del conjunto. Supera la visión homocéntrica de rendimientos de cultivos y se adentra con visión de futuro, en los múltiples beneficios que las tecnologías asociadas al manejo agroecológico prestan al ambiente local, regional y mundial, a los eco y agroecosistemas y, por lo tanto, a los seres humanos como partes de la naturaleza.

El suelo vivo, fruto de la interacción de sus componentes

Empecemos por las rocas, trozos y fragmentos de ellas a los cuales denominamos material parental, difieren en su origen mineral y de un sitio a otro, se fragmentan por cambios ambientales - como, por ejemplo, variaciones fuertes de temperatura y de humedad —se van desintegrando hasta dar origen a partículas como las arenas, limos y arcillas— éstas últimas en tamaños de micras² equivalente a milésimas de milímetro.

Las arcillas están constituidas por láminas de aluminio y sílice en arreglos especiales que les confieren cualidades para retener nutrientes, realizar intercambios entre cationes, aniones, acomplejarse con la materia orgánica, acumular agua, entre otras (IGAC, 2016; Sánchez de

² Una micra o micrómetro: 1 μm equivale a 0.001 mm, a 10⁻⁶ m (Malacara, 2015, p. 29)

Prager, 2018). Las arenas, limos y arcillas, por sí solas, estarían desunidas, sueltas y expresarían parcialmente sus cualidades.

Los agregados o peds como unidad del suelo

La sumatoria integral de material parental —arenas, limos, y las arcillas (con esas cualidades tan especiales)— más la materia orgánica viva en sus diferentes manifestaciones —raíces, exudados, organismos de diversas especies— y materia orgánica no viva —restos de tejidos de organismos, exudados, moléculas temporalmente libres y activas—, dan origen a la unidad fundamental del suelo: los agregados o peds.

En la Figura 2.1, tratamos de dar una idea de este proceso. Los invitamos a que tomen en sus manos arenas, limos, materiales orgánicos y un poco de suelo parcialmente húmedo, tritúrenlos entre los dedos y observen cómo se agregan y desagregan. ¿En dónde pueden apreciar agregados? Repitan la operación con un poco de suelo donde haya raíces, arránquenlas suavemente y podrán observar la importancia de las raíces en los procesos de agregación del suelo, podrán darse cuenta de que ellas “amarran” físicamente a los materiales y sabemos que producen sustancias mucosas que sirven como agregantes. También, dan albergue a microorganismos que forman verdaderas redes en torno a ellas. Todo esto interactúa con las condiciones ambientales, la presencia de nutrientes como Ca, Fe y Al que actúan químicamente en la unión de partículas, entre otros.



Figura 2.1. El suelo vivo como resultado de la suma antes que de la individualidad. Fotografías: A: Perea-Morera (2018), captada en la Finca el Vetiver. B y C: Perea-Morera (2019), captada en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. [inéditas]

Comencemos a sumar para explicar el título que tiene este capítulo: la biodiversidad del suelo... Las raíces de las plantas y sus organismos asociados juegan papel fundamental en la formación de agregados del suelo. Es imposible imaginar una raíz sin la presencia de organismos y esto ha sido fruto de un largo proceso evolutivo. Ellas conforman un espacio especial denomi-

nado rizosfera, es decir, entorno de raíces, donde albergan a sus socios permanentes y/o temporales. En los ecosistemas y agroecosistemas, siempre las raíces están interactuando con otros organismos y un conjunto de plantas quienes a su vez, albergan también organismos que interactúan permanentemente y cuyos efectos son fruto de sumas y multiplicaciones antes que de individualidades. Entonces, el suelo vivo es fruto de interacciones y las manifestaciones que vemos y medimos son el resultado del conjunto.

¿Por qué el suelo vivo? Porque la fracción mineral del suelo es incapaz de crear las condiciones físicas, químicas y biológicas indispensables para sostener las plantas en los eco y agroecosistemas. La co-creación hizo posible que la vida colonizara la cubierta superficial, rocosa e inhóspita de la tierra y ésta se convirtiera en «la piel de la tierra», constituida por el suelo lleno de vida y capaz de asegurar el establecimiento, producción, salud y condiciones ambientales y nutricionales vitales sobre la superficie terrestre, en sus diferentes manifestaciones.

El suelo se construye sobre la biodiversidad: el bioma microbiano, vegetal y animal clave de la homeostasis arriba-abajo-arriba

Los primeros organismos que se establecieron en los sistemas acuáticos fueron las bacterias y arqueas, quienes pueden y podían vivir en ambientes extremos. Estos organismos realizaban su metabolismo en condiciones anaeróbicas, obtenían su energía y formaban biomasa —colonias constituidas por masa viva— en las profundidades acuáticas. Para que la superficie terrestre fuese colonizada por la vida, debió suceder un hito evolutivo fundamental: la fotosíntesis con su capacidad de formar y acumular biomasa en mayores cantidades, agua y un elemento fundamental: el Oxígeno gaseoso — O_2 — que se extendió por todos los espacios y los ventiló atentando contra la vida anaeróbica del momento, pero creando nuevas opciones evolutivas «los organismos aeróbicos y aeróbicos facultativos» (Sánchez de Prager, 2018, p. 74). Este O_2 se expandió a la atmósfera formando el ozono — O_3 — que dio origen a esa capa transparente que nos rodea e impide que los rayos ultravioletas y demás radiaciones esterilizantes ejerzan su acción nociva (Spedding, 1981). Comienza entonces la vida a emerger en la superficie. Nuevamente las bacterias, los hongos, las arqueas con su metabolismo multifuncional —poseen sistemas enzimáticos polidiversos— comenzaron la colonización, al igual que las algas y las cianobacterias (fotosintetizantes). Nuevos hitos evolutivos tienen lugar: aparecen las plantas con sistemas radicales limitados en su crecimiento por ese material parental duro, inhóspito (Margulis & Sagan, 1995; Sánchez de Prager, 2018).

La rizosfera entorno de vida

Se da inicio a la formación de diversidad de plantas con sistemas radicales diferenciados y distintos, pero, para ello, los vegetales tienen que invertir en hacer el espacio material más asequible. ¿Cómo lo hacen? Trasladando parte de su biomasa aérea a la raíz para que ésta la utilice

en crecimiento, pero también la excrete y secreta en forma de mucílagos, sustancias mucosas, acuosas, moléculas sencillas, que sirvan de alimento a otros organismos asociados: colémbolos, protozoarios, ácaros, arañas, larvas de insectos, lombrices, entre otros, quienes, al encontrar esta fuente de alimento, se establecen allí, alrededor de estas raíces, formando un entorno favorable para la vida. Al volumen radical se suma el bioma microbiano y animal que interactúa con la planta, hasta el punto de que es impensable una raíz sin sus acompañantes permanentes y/o temporales (Figura 2.2). A ese espacio lo conocemos desde hace más de cien años con el nombre de rizosfera —entorno de vida alrededor de la raíz— (Hartmann et al., 2008).

Además de invertir en estos exudados y moléculas que secreta, las raíces siguen evolucionando formando una zona especializada para penetrar en el medio y transformarlo: la *caliptra* o *cofia* que dirige el crecimiento radical como una especie de GPS capaz de adaptarse a ambientes difíciles. En la rizosfera, entonces, se acumulan los organismos de diferente tamaño que cumplen diversidad de funciones, la enriquecen con su biomasa y excretas, allí llegan también los restos de plantas que caen a la tierra, las raíces que tienen una vida útil desde días hasta años. Esto se suma a las piedras, sus fracciones como arcillas, arenas, limos, a la materia orgánica de difícil descomposición y se van a integrar, a perder la individualidad, y a mezclarse dando origen a los *agregados*.

Merece especial atención dentro del conjunto, el bioma microbiano por sus inmensas poblaciones que superan con creces la sumatoria de los biomas vegetal, animal y humano. Es así como en «un gramo de raíz se han encontrado hasta 10^{11} células microbianas y más de 30 000 especies de bacterias» (Dykhuizen, 2005, p. 5), el microbioma siempre está presente asociado a la rizosfera y presta innumerables servicios ecosistémicos y agroecosistémicos.

Tenemos entonces, hasta este momento, tres componentes inherentes al suelo vivo: primero, la rizosfera, como entorno propio de cada planta y como resultado del conjunto de ellas, que modifica y es modificada permanentemente por el ambiente. Segundo, la biodiversidad constituida por sistemas radicales procedentes de diferentes especies vegetales acompañados del bioma microbiano y animal que las habita y coloniza a unos pocos milímetros, en otros casos centímetros y, en otros alcanza mayor profundidad si logra vencer la dificultad de penetrar en el material parental y modificarlo. Tres: los agregados o peds que van a mediar la circulación del aire —compuesto por diferentes gases, con predominancia del O_2 en condiciones normales—, del agua, de los nutrientes continuamente disueltos en el agua. Este entorno favorece que la materia orgánica se degrade y el material parental se solubilice, además, facilita la circulación de los tóxicos de diferente procedencia, entre otros.

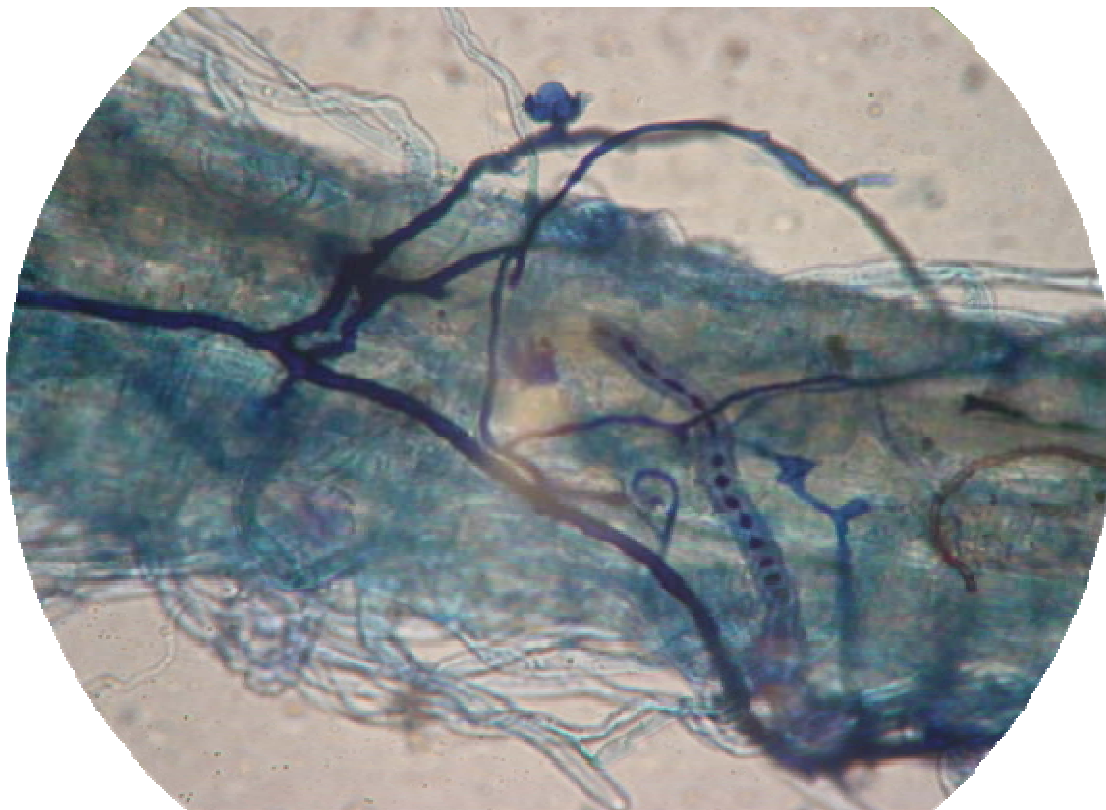


Figura 2.2. La rizosfera como espacio evolutivo de comunicación e interacciones de distintos biomas que van a definir la nutrición, sanidad y productividad del agroecosistema. Fuente: Sánchez de Prager & Ceballos, 2003. [iné dita]

Otros tres componentes que influyen directa e indirectamente sobre los citados son: las condiciones topográficas, el tiempo y el clima —sol, vientos, lluvias, humedad, aireación y temperatura ambiental, entre otros— que van a definir, por ejemplo, el potencial de oxidación-reducción del suelo, el pH, el contenido potencial de minerales a partir del material parental presente, la capacidad de acumular materia orgánica, entre otros. Podríamos decir que constituyen el macrorecipiente, espacio u órgano donde tienen lugar las diferentes reacciones que dan origen al suelo vivo, capaz de procurar nutrientes, salud, resiliencia, resistencia y sostenibilidad a la parte aérea, abajo y a los eco y agroecosistemas en su conjunto.

En síntesis, la sumatoria compleja de suelo vivo, que alimenta, sostiene e interactúa permanentemente con la vida que emerge a la parte aérea, más ambiente, espacio biogeográfico tiempo y seres humanos da origen al concepto de **agroecosistema**. Es importante distinguirlo de un **agroecosistema** industrial y **ecosistema natural**. En el **ecosistema natural** prima la biodiversidad y las fuerzas ecológicas de la naturaleza en su conjunto y, en el **agroecosistema industrial**, también denominado agrosistema, la gestión humana con base en la técnica y la tecnología tratan de reemplazar lo que hace la naturaleza con maquinaria e insumos de síntesis petroquímica, reduce las especies a monocultivos, con profundas implicaciones negativas para “la producción a largo plazo, sostenible, resiliente, resistente, con justicia social, con visión de futuro para las nuevas generaciones” (Nicholls & Altieri, 2018, p. 1188). Esta concepción destruye el concepto de suelo vivo y asienta su quehacer en la consideración de éste como sustrato a

alimentar y manejar mediante tecnologías llamadas “de punta”: biocidas, fertilizantes, plantas modificadas genéticamente, maquinaria, entre otras.

En el **agroecosistema, manejado** bajo conceptos ecológicos de sostenibilidad, es decir, con visión de futuro ambiental, social y económico, el diseño y aplicación de prácticas se fundamenta en principios ecológicos aprendidos en un largo proceso por las comunidades ancestrales indígenas, campesinos, afrodescendientes, pescadores y pueblos que han conservado su quehacer agrario. Actualmente, para muchas de las bases científicas de estas prácticas, la ciencia cuenta con herramientas tecnológicas que permiten explicar por qué contribuyen y han contribuido a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Figura 2.3).



Figura 2.3. Diferencias entre un ecosistema como la selva amazónica, agroecosistema y agrosistema. A: ecosistema amazónico destruido por la acción humana; B: ecosistema en la región del Pacífico; C: agroecosistema, D: agrosistema, Fotografía: A. Sánchez de Prager, 2018 [inérita]; B. Sánchez de Prager, 2018, Aportes de la Biología del Suelo a la Agroecología, p. 271. Copyright 2018 © Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira; C. Perea-Morera, 2018 [inérita]; D. Sánchez de Prager, 2006 [inérita]

Procesos y funciones ligados al suelo que confieren sustentabilidad a los agroecosistemas

La FAO afirma que los suelos proveen servicios ecosistémicos que permiten la vida sobre la superficie terrestre (FAO, 2015a, 2015b). Entre sus funciones precisa: el suministro de alimento, fibra y combustible, retención de C, purificación de agua y reducción de contaminantes que llegan a él, regulación del clima, ciclo de nutrientes, hábitat para organismos, regulación de inundaciones, fuente de productos farmacéuticos y recursos genéticos, base para las infraestructuras humanas, suministro de materiales de construcción y herencia cultural.

Normalmente, estas funciones se grafican como elementos separados a pesar de estar íntimamente ligadas, entrelazadas y superar la visión de “servicios” que le asigna la visión antropocéntrica y ser bienes fundamentales para la sobrevivencia de la tierra viva y de nosotros como parte de ella. En el estudio “Evaluación de los ecosistemas del Milenio” realizado por PNUMA *et al.*, (2005) estimaron que entre el 65 y 70 % de los denominados servicios ecosistémicos planetarios son provistos por el suelo. Es necesario que nos detengamos aquí, pues prácticamente el suelo y las funciones que cumple atraviesan y definen la vida. En el libro «Aportes de la biología del suelo a la agroecología» tratamos de ahondar en argumentos al respecto (Sánchez de Prager, 2018).

Estas denominadas funciones están definidas por los procesos que tienen lugar inicialmente en el suelo y luego prolongan su efecto sobre todo el agroecosistema y más allá de él. Refirámonos a algunos de estos procesos:

a. El ciclo de la materia

Lo podríamos considerar como la síntesis o conjunción de todos los demás procesos y de las funciones que se han asignado al suelo. La unión de todos los ciclos biogeoquímicos conforma el llamado ciclo de la materia descrita como «interacción permanente entre la fase biótica y la fase abiótica». Es un proceso sin principio ni fin; es decir, un reciclaje combinado y continuo, en una serie de procesos autorregulados; los deshechos orgánicos son el punto de partida para formar algo nuevo (Universidad Nacional de Colombia, 2014). Los ciclos metabólicos de la fotosíntesis y la respiración aeróbica son los grandes promotores y reguladores del ciclo de la materia, unidos a las condiciones ambientales. El primero, fotosíntesis, como productor de biomasa que se acumula en los agroecosistemas y la respiración aeróbica que media la descomposición de esta biomasa y provee al sistema de nutrientes, energía bioquímica (ATP) y agua, para que ocurra el movimiento continuo.

b. Los ciclos biogeoquímicos

Como su nombre lo indica, en ellos se combinan los organismos, el material parental y los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en determinados ambientes y que aseguran movimiento dinámico, continuo en donde la vida y la muerte son complementarios antes que antagonistas.

En estos ciclos se mueven los minerales (P, Ca, Mg, Fe, Zn, K, S, entre otros) y la materia orgánica organizada en moléculas complejas y simples (carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, aminoácidos C, H, N, P, S, entre otras), bajo la influencia de condiciones específicas en las rizosferas de las plantas, condiciones topográficas, el clima y el manejo humano.

Los organismos rizosféricos, al digerir estos materiales y/o aportar sus sistemas enzimáticos —caso de microorganismos— al entorno —rizosfera— producen transformaciones metabólicas en estos elementos que se convierten en nutrientes asimilables para el sistema vegetal y para ellos mismos y los organismos que los acompañan en su entorno. Estos ciclos se repiten continuamente.

Dado que la vida se sustenta sobre los elementos C, H, O, N, P, S, éstos constituyen los ciclos más estudiados, junto con el ciclo hidrológico. Todos interactúan entre sí en torno a vías biogeoquímicas y los llamamos ciclos biológicos, aunque estamos comprendiendo que todos los ciclos, inclusive los correspondientes al Ca, Mg, Na, ozono y elementos menores, en su dinámica están atravesados por la vida y el ambiente —atmósfera, condiciones de oxido-reducción, pH, biomasa, sistemas acuáticos—. De los micronutrientes, apenas en los últimos años se está dilucidando su dinámica. Sin embargo, hoy conocemos que también se mueven por vías geoquímicas, biogeoquímicas y estrategias metabólicas que han inventado los organismos para satisfacer sus necesidades nutricionales e inclusive, defenderse de otros organismos (Sánchez de Prager, 2018).

c. Formación de gases con efecto invernadero GEI y variabilidad climática

La dinámica de la materia orgánica conlleva, de por sí, la generación de CO₂, CH₄ y N₂O, denominados gases de efecto invernadero (GEI), con profundas consecuencias sobre la variabilidad y calentamiento climático. Los agroecosistemas industriales han sido señalados como productores del 32% de GEI en el planeta debido a las prácticas que se realizan y, con mayor razón, aquellas ligadas a los sistemas bajo la revolución verde (Sánchez de Prager, 2018).

Estos gases hacen parte normal de los ciclos biogeoquímicos. Debemos comprender que, a través de las prácticas de manejo, podemos influir sobre ellos y convertir los agroecosistemas en sumideros. Por esto, el manejo agroecológico es vital para la homeóstasis, no sólo de los agroecosistemas que manejamos, sino de la tierra viva. Además de modificar los GEI, se actúa sobre condiciones climáticas como la temperatura ambiental y la circulación de agua. Recordemos las experiencias de entrar a un agroecosistema manejado agroecológicamente, con alta biodiversidad, después de caminar en condiciones de temperaturas altas. Inmediatamente sentimos que nos refrescamos. Si hay sequía, podremos observar, al remover los materiales orgánicos que cubren el suelo, que aún hay humedad. Por el contrario, en los agroecosistemas industriales esta situación tiene que corregirse mediante riegos artificiales por su incapacidad de conservar la humedad.

d. El ciclo hidrológico

Se denomina así al movimiento del agua en sus estados líquido, sólido y gaseoso, entre la atmósfera, la tierra y el mar (y otros cuerpos de agua, lagos, lagunas). Su dinámica está regulada por el sol (IPCC, 2015; Línea verde, s. f.). El suelo juega papel fundamental en este ciclaje, pues el agua precipitada se infiltra en él, le permite suplir sus necesidades y tornar nuevamente a la atmósfera mediante la evapotranspiración y/o también, dependiendo del tipo de suelo y las cantidades de agua, moverse a capas más profundas y enriquecer los depósitos de agua subterránea. Cuando la cantidad de agua es muy alta y el suelo está descubierto, se presentan escorrentías que arrastran la capa superficial del suelo y todos sus nutrientes y también con los agregados. Recordemos que la dinámica de los nutrientes está mediada por el agua. Los invito a contemplar una lluvia en un agroecosistema biodiverso, típico de algunos agroecosistemas en Colombia: el agua golpea y resbala sobre las hojas más altas, allí pierde velocidad y, en la medida que desciende por los tallos y hojas más pequeñas, el movimiento se hace más lento. Cuando llega al suelo, cae con menor fuerza sobre los materiales orgánicos que han formado capas, las humedece y penetra. En esta forma, en un sistema agrobiodiverso se impide que las gotas de agua caigan con violencia sobre el suelo y lo desagreguen, el movimiento paulatino da tiempo a que los poros se desocupen y el agua pueda penetrar antes que correr superficialmente y enriquecer los depósitos subterráneos.

e. El ciclo del O₂

El surgimiento de este gas como resultado de la fotosíntesis tiene efectos fundamentales para la supervivencia del planeta: primero, subió a la atmósfera y formó la capa de ozono que permitió que la vida emergiera de las profundidades acuáticas a la superficie terrestre al convertirse en capa protectora contra los rayos esterilizantes. Luego, se convirtió en elemento que respiramos la mayoría de los organismos terrestres, incluidos los seres humanos. Permite las reacciones químicas de oxido-reducción que conducen a la formación de energía de enlace —ATP— y agua que luego utilizamos para todas las necesidades vitales y para construir las biomoléculas fundamentales a la vida: proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, al igual que las complementarias.

f. Procesos de innovación construidos en el trasegar evolutivo: relaciones de convivencia, micorrizas, fijadores de N₂, sideróforos, fitosideróforos, entre otros

En el punto anterior señalamos las biomoléculas fundamentales de la vida. Sin embargo, en el metabolismo, las plantas también producen cantidades de metabolitos que se han denominado erróneamente secundarios. Deberíamos llamarlos complementarios, pues son básicos para las relaciones de convivencia entre las especies vegetales que sembramos. Estos se producen arriba y abajo. También se ha encontrado que este tipo de sustancias son sintetizadas por los microorganismos, los animales e inclusive los seres humanos y son muy importantes en los procesos de comunicación inter e intraespecíficos. Muchos de estos metabolitos, además del aporte que hacen a la biodiversidad, constituyen la base de productos farmacéuticos comerciales.

Al entrar en un sembrado de cebolla y/o de tomate, es común que percibamos el olor de la alicina y de la tomatina, biomoléculas que la planta fabrica en su metabolismo complementario y utiliza dentro de su sistema defensivo contra insectos y predadores, pero que estos han aprendido a reconocer y a romper su efecto. Este conocimiento, en manos de los campesinos y campesinas, aprendido por ensayo y error, se utiliza para el intercalado de especies vegetales en los agroecosistemas. Da bases al concepto agroecológico de plantas amigas y enemigas. La ciencia posee el conocimiento de algunas de estas biomoléculas que intervienen en esta comunicación y las vías metabólicas mediante las cuales se forman. Algunas de ellas se forman en el suelo, en la parte aérea y otras, arriba y abajo.

Las simbiosis como procesos de interacciones íntimas de las plantas han sido fundamentales para el establecimiento de la vida sobre la superficie terrestre. Tal vez las más conocidas son las micorrizas y la fijación simbiótica y asimbiótica de N_2 .

Las micorrizas son asociaciones íntimas entre las raíces de la mayoría de las plantas que cultivamos y hongos específicos, a través de las cuales, las plantas superan las deficiencias de P en la superficie terrestre. Además de ser vitales para la absorción de P, proveen a las plantas de N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, entre otros nutrientes y cambian el metabolismo de ellas, induciéndolas a formar moléculas que las protegen del ataque de plagas y enfermedades (Sánchez de Prager, 2018; Sánchez de Prager *et al.*, 2007).

La fijación de N_2 ocurre por una vía asimbiótica y otra simbiótica. En la primera, los microorganismos, especialmente bacterias, en colonias libres, forman un complejo enzimático denominado nitrogenasa, que les permite acceder al N_2 del aire, la fuente más rica en N que se conoce, fijarlo y ponerlo a disposición del organismo capacitado, y, posteriormente, al descomponerse, para todos los organismos del suelo. Las cantidades de N_2 registradas en este sistema asimbiótico, son relativamente bajas: menores de 30-50 kg/N/ha/año (Roper & Gupta, 2016; Sánchez de Prager, 2018). Sin embargo, se ha encontrado que la mayoría de las bacterias que fijan N_2 , también solubilizan P, secretan hormonas al suelo que permiten que las plantas crezcan más rápido y también producen moléculas de defensa. Se las ha incluido dentro de los microorganismos promotores de crecimiento —PGPR—.

La fijación simbiótica de N_2 , como su nombre lo indica, ocurre entre diferentes géneros de plantas que se asocian con especies bacterianas que albergan en estructuras especializadas. Poseen el complejo enzimático nitrogenasa y son capaces de fijar grandes cantidades de N_2 atmosférico. El caso más documentado es el de la simbiosis leguminosa-rizobios, donde algunas de las raíces jóvenes de las plantas destinan parte de su tejido a formar nódulos que albergan estas bacterias, metabolizan el N_2 y lo fijan en aminoácidos muy sencillos como aspartato y asparagina derivados de la glutamina y el glutamato, que pasan directamente al torrente circulatorio de la planta, proveyéndola de más N_2 , que se acumula en los tejidos, semillas y frutos vegetales (Corrales *et al.*, 2015; López & Boranat, 2016; Mayz-Figueroa, 2004). Esto hace que se reconozca a las leguminosas como uno de los alimentos vegetales más proteicos. El N_2 fijado sólo va al suelo cuando los nódulos radicales se mueren y degradan —ellos están cambiando permanentemente lo mismo que los sistemas radicales que están en constante transformación—

y entonces, se convierten en material orgánico rico en N_2 , metabolizable por miles de microorganismos habitantes del suelo. También, el N va al suelo a través de los residuos vegetales enriquecidos: frutos, tallos, hojas, flores, raíces, entre otros. Estos restos, a su vez, pueden constituir base de acolchados y abonos verdes (Prager *et al.*, 2012).

Las leguminosas tienen la virtud de formar la triple simbiosis leguminosa-rizobios-micorriza, lo cual las convierte en componentes obligados de los agroecosistemas pues contribuyen a la economía campesina, a las economías locales y del ambiente.

Algunos de los nutrientes más difíciles de manejar en los agroecosistemas son el Fe, Cu, Zn, y otros elementos menores. Entre los estudios más recientes, se ha encontrado que las plantas, para llenar sus deficiencias de Fe en condiciones de alto estrés por este nutriente, secretan unas sustancias mucilaginosas —fitosideróforos— que capturan el escaso Fe y lo llevan directamente a la planta. Los microorganismos también actúan en este sentido, formando los denominados sideróforos³ que utilizan para su alimentación y les dan acceso a las plantas, pero no a microorganismos como *Fusarium oxysporum* que requiere este nutriente en gran cantidad. Mediante este mecanismo se disminuye y regula las poblaciones de este patógeno. Esto constituye la base teórica de los que se han denominado «suelos supresivos» y es una alternativa tecnológica como bioinsumo para el control de ataques de *Fusarium* spp.

También se conoce de moléculas gaseosas que trascienden el suelo y comunican a la parte aérea de la planta que hay un sistema radical sano y bien nutrido, lo cual lleva a que las plantas expresen menos sus sistemas de defensa aéreos —biomoléculas tipo terpenos, sesquiterpenos, fenoles, polifenoles, entre otros—, ahorrando nutrientes y haciendo más eficiente el uso de la energía en los agroecosistemas.

Hay otros procesos a los que deberíamos hacer referencia, como aquellos involucrados en la regulación climática y ambiental que se pueden intuir, argumentar y concluir a partir de lo expuesto hasta ahora y lo dejamos en manos de los y las lectoras. Como se puede observar, los procesos que ocurren en los agroecosistemas como fruto de la biodiversidad son resultado de interacciones y complementariedades. La ciencia ha ido dilucidando su conocimiento poco a poco. Aún nos falta mucho por comprender, sin embargo, contamos con el conocimiento campesino (hombres y mujeres) que, por ensayo y error, ha ido trazando rutas de manejo práctico que la ciencia luego reconoce a través de principios científicos. De allí la necesidad de reconstruir y reconocer la cultura alrededor de las fincas campesinas y su manejo como lo hace la Agroecología (Figura 2.4).

En este reconocimiento, la Agroecología se apoya en la complejidad que no es más que las interacciones entre procesos como los descritos con anterioridad y propone propiedades emergentes antes que procesos individuales. En esta forma, la fertilidad del suelo es entendible dentro de las estrechas relaciones entre lo físico, químico, biológico y el manejo del agroecosistema. Algunos autores individualizan los componentes de la fertilidad, pero ninguno de ellos actúa por separado. La productividad del agroecosistema adquiere una nueva dimensión, pues la medición

³ Sideróforos: «son moléculas quelantes de metales, que juegan papel importante en el ciclo biogeoquímico del Fe y otros elementos menores, al facilitar su solubilización en ambientes donde están deficientes» (Sánchez de Prager, 2018, p. 117).

en términos de Kg/ha de una especie es insuficiente, se requiere de evaluaciones cuantitativas y cualitativas complementarias: biodiversidad, estratificación, uso eficiente del suelo, de nutrientes como N, P, K, entre otros. La resiliencia, como cualidad que permite superar estreses, íntimamente ligada a la resistencia como expresión física de permanencia, la salud, nutrición y sostenibilidad sólo se pueden evaluar y comprender como frutos del todo: el agroecosistema.



Figura 2.4. Las propiedades emergentes como resultado de las interacciones complejas entre los componentes y procesos que ocurren en el suelo. Fuente: modificada a partir de Sánchez de Prager, 2018, Aportes de la Biología del Suelo a la Agroecología, p. 210. Copyright 2018 © Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira

Conclusiones

El suelo es un sistema vivo fruto de la complejidad entre lo biótico y abiótico, de interacciones físicas, químicas y biológicas en ambientes y tiempo determinado, cuyos efectos trascienden arriba y abajo en los eco y agroecosistemas, en un continuum dinámico.

La biodiversidad del suelo (macro, meso y microbiota) albergada en la rizosfera fundamenta la homeostasis en los agroecosistemas.

Para hacer posible la sostenibilidad en los agroecosistemas, en el suelo han surgido innovaciones tecnológicas (micorriza, fijación biológica de N₂, sideróforos, PGPR, entre otros), que le facilitan la disponibilidad de nutrientes, ciclaje de agua, gases y biomoléculas, la sanidad, la productividad y estabilidad que contribuyen en la economía de la naturaleza, del agricultor y del ambiente.

Los seres humanos mediante el manejo de prácticas agroecológicas refuerzan la vida en el planeta al asegurar el ciclaje permanente y eficiente de la materia y la energía. De allí la necesidad de emular las bases de la agricultura ecológica campesina.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. ¿Cuál es la importancia del suelo vivo para los agroecosistemas?
2. Dentro del suelo vivo, precise el papel que desempeñan componentes como:
 - a. El material parental.
 - b. Los organismos del suelo.
 - c. Las arcillas, limos y arenas.
3. ¿Por qué se les da tanta importancia a los agregados del suelo?
4. ¿Qué es rizosfera? Diseñe un pequeño experimento para visualizarla.
5. ¿Por qué la materia orgánica es tan importante en el suelo?
6. ¿A qué se denomina «salud» del suelo?
7. ¿Cuál es la importancia de la biodiversidad en la vida del suelo?
8. Usted va a establecer un agroecosistema basado en prácticas agroecológicas, ¿cómo va a actuar para seleccionarlas?
9. ¿Cuál es la importancia de la vida del suelo para los agroecosistemas?
10. ¿Cuáles son las principales amenazas a la biodiversidad del suelo?
11. ¿Qué manejos y estrategias considera usted que permiten conservar un suelo vivo?
12. Realice un esquema de un agroecosistema sustentable donde integre e involucre los conceptos básicos aprendidos en este capítulo.

Referencias

- Corrales L, D Antolinez, J Bohórquez & A Corredor (2015) Bacterias Anaerobias: Procesos que Realizan y Contribuyen a la Sostenibilidad de la Vida en el Planeta. *NOVA*, 13(23): 55-81.
- Dykhuizen D (2005) Species Numbers in Bacteria. *Proceedings. California Academy of Sciences*, 56 (61): 62-71.
- FAO (2015a) Carta Mundial de los Suelos revisada. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 12 pp.
- FAO (2015b) Los Suelos Sanos son la Base para la Producción de Alimentos Saludables. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 4pp.
- Giraldo O (2015) Agroextractivismo y acaparamiento de tierras en América Latina: una lectura desde la ecología política. *Revista Mexicana de Sociología*, 77(4): 637-662.
- Gorenstein S & R Ortiz (2016) La tierra en disputa. agricultura, acumulación y territorio en la Argentina reciente. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 1(2): 1-26.
- Hartmann A, M Rothballer & M Schmid (2008) Lorenz Hiltner, a Pioneer in Rhizosphere Microbial Ecology and Soil Bacteriology Research. *Plant and Soil*, 312(1-2): 7-14.
- Ibáñez J (2010) El Concepto de Suelo, su Clasificación y Representaciones Canónicas. *Suelos Ecuatoriales*, 4(1): 19-22.

- IGAC (2016) *Suelos y Tierras de Colombia. Subdirección de Agrología*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C. 1399 pp.
- IPCC (2015) *Cambio climático 2014. Informe de Síntesis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Genève. 176 pp.
- Línea verde (s. f.) Ciclo hidrológico. Ceutatrace. Recuperado de <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/ciclo-hidrologico.asp>. acceso: abril de 2019.
- López J & R Boranat (2016) Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1): 203-209.
- Margulis L & D Sagan (1995) *Microcosmos: Cuatro mil millones de años de Evolución desde Nuestros Ancestros Microbianos*. Tusquets Editores S.A., Barcelona. 313 pp.
- Malacara D (2015) *Óptica básica*. Fondo de Cultura Económica, Distrito Federal de México. 601 pp.
- Mayz-Figueroa J (2004) Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO Agrícola*, 4(1): 1-20.
- Morin E (2012) *Glosario de la Complejidad*. Multiversidad real. Recuperado de <http://www.multiversidadreal.edu.mx/wp-content/uploads/2012/10/glosario-de-la-complejidad.pdf>. acceso: septiembre de 2018.
- Nicholls C & M Altieri (2018) Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10): 1170-1193.
- PNUMA, Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Naciones Unidas, Banco Mundial, WorldFish Center de Malasia, SCOPE, Instituto de Recursos Mundiales (2005) Panorama General de los Informes de Ecosistemas del Milenio. Recuperado de <http://www.millenniumassessment.org/es/Reports.html#>. acceso: septiembre de 2017.
- Prager M, OE Sanclemente, M Sánchez de Prager, JM Gallego & D Ángel (2012) Abonos Verdes: Tecnología para el Manejo Agroecológico de los Cultivos. *Agroecología*, 7(1): 53-62.
- Roper MM & VVS R Gupta (2016) Enhancing Non-symbiotic N₂ Fixation in Agriculture. *The Open Agriculture Journal*, 10(10): 7-27.
- Sánchez de Prager M (2018) *Aportes de la biología del suelo a la agroecología*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 379 pp.
- Sánchez de Prager M, ED Gómez López, JE Muñoz, E Barrios, M Prager, N Bravo & N Vargas (2007) *Las Endomicorrizas: Expresión Bioedáfica de Importancia en el Trópico*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Cali. 348 pp.
- Segrelles J (2005) El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una “nueva” revolución verde. *Entorno Geográfico*, 3: 93-120.
- Spedding DJ (1981) *Contaminación Atmosférica*. Editorial Reverté, S.A., Barcelona. 100 pp.
- Universidad Nacional de Colombia (2014) Los Ciclos Biogeoquímicos. Recuperado de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo04/tema05/01_04_05.htm. acceso: marzo de 2019

CAPÍTULO 3

La biodiversidad y los nutrientes en la agricultura y la alimentación

Esteban Abbona

Introducción

La agricultura es una actividad que el ser humano realiza desde hace unos 10.000 años la cual marcó un cambio profundo en la forma de obtención de los alimentos. Este cambio probablemente haya iniciado una tendencia en la reducción de la diversidad de especies que constituyen su dieta. No obstante, en los últimos 70 años esta simplificación se ha profundizado incluso con la disminución en el uso de variedades dentro de cada especie. Esto modifica las fuentes de alimentos que llegan a la mesa de los hogares y también la variabilidad de nutrientes, vitaminas y otros compuestos que contribuyen con el funcionamiento fisiológico del ser humano y que repercute en la salud de la población.

Si ampliamos la escala espacial de análisis y del plato de comida aumentamos e incluimos al territorio que origina los alimentos, se puede inferir que para que la ingesta de alimentos sea poco diversificada los territorios en los que se producen dichos alimentos tienen que reflejar esta baja diversidad. Esta escasa diversidad en el territorio genera consecuencias negativas tanto en lo ecológico como en lo sociocultural y lo económico.

Los agroecosistemas constituyen las unidades de producción en el territorio y su estructura refleja el grado de inclusión de la biodiversidad y su aporte a la alimentación. De los agroecosistemas, se extraen los nutrientes contenidos en las cosechas que luego, en parte, llegarán a la mesa de los hogares y contribuirán a la nutrición de las personas. A su vez, en los agroecosistemas se incorporan nutrientes, en forma orgánica o mineral, generalmente con el fin de mejorar la producción y, muy pocas veces, para reponer los extraídos. La mirada que predomina en la cuestión de los nutrientes en los agroecosistemas es la de la búsqueda de eficiencias económicas y, en menor medida, ecológicas. Por eso, casi no se tiene en cuenta el manejo de la biodiversidad y su potencialidad en la optimización de la dinámica de los nutrientes.

Estas miradas parciales o lineales de la biodiversidad, la alimentación y los nutrientes deben ser ampliadas para mejorar su entendimiento y funcionalidad. El concepto de *ecosistema alimentario para el ser humano* permitiría complementar e integrar estas miradas y contribuir a un manejo sustentable de la biodiversidad y los nutrientes. El ecosistema alimentario implica superar la visión lineal de la noción de “sistema alimentario” y convertirla en cíclica, donde no sólo se

considere la producción y el consumo de alimentos sino que se visualice la importancia de atender los nutrientes liberados luego del consumo y que éstos deben retornar al suelo de donde fueron extraídos para comenzar a cerrar los ciclos (Abbona, 2017). Además, enfatiza la relevancia tanto de los agricultores como de la población que demanda los alimentos. Los primeros son quienes producen los alimentos para la población. Los segundos son quienes a partir de la demanda de alimentos inciden en lo que los agricultores cultivan en sus agroecosistemas. A su vez, ambos influyen, a partir de la biodiversidad en los agroecosistemas en la vida del suelo y los ciclos de nutrientes a diferentes escalas.

En este capítulo se hará referencia a la biodiversidad y su relación con los nutrientes en la alimentación, el territorio y los agroecosistemas para la construcción de un ecosistema alimentario sostenible para el ser humano.

Alimentación, Biodiversidad y Nutrientes

La búsqueda de una alimentación nutritiva está siendo revalorizada a partir de la creciente concientización acerca de que los alimentos contienen una gran cantidad de nutrientes y elementos que favorecen la salud de las personas. Para potenciar esta característica de la alimentación es necesario proveer de una variedad de alimentos que se complementen en el aporte a la dieta. La tendencia hacia la reducción de los cultivos que forman parte de la base alimentaria es una amenaza para lograr una adecuada nutrición de la población. El análisis de la composición de la cantidad y calidad de las dietas en diferentes países o regiones es un buen indicador para comprender este tema. En este capítulo se profundiza en la alimentación de los argentinos.

¿Qué y cuánto comemos los argentinos?

El aporte anual de nutrientes de diferentes grupos de alimentos en cualquier país o región, puede ser estimado de la hoja de balances que periódicamente publica la FAO. Para la Argentina, según la Hoja de balance de alimentos (Abbona, 2017), la cantidad de alimentos consumida fue de 583 kg pers.⁻¹ año⁻¹, lo cual resultó levemente inferior a lo que Gustavsson *et al.* (2012) estiman para los países del hemisferio norte. El 91% de este consumo se basó sólo en 16 especies entre vegetales y animales (Tabla 3.1). Desde una perspectiva ecológica un 49,7% del total de alimentos consumidos provino del nivel trófico de productores (cereales, hortalizas, raíces y tubérculos, frutas) y un 50,3% se originó de los consumidores primarios y secundarios (carne vacuna, de cerdo, de pollo, huevos, pescado y derivados lácteos). El consumo estimado de hortalizas y de raíces y tubérculos fue de 90 kg pers.⁻¹ año⁻¹ (Figura 3.1), similares a los mencionados por Aulicino & Moré (2000) en los alrededores de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Con la adición del consumo de frutas, se alcanzó un valor de 162 kg pers.⁻¹ año⁻¹, valor que casi duplica

valores informados por Piola *et al.* (2011) para el área metropolitana de Buenos Aires y por Ferrato & Rodríguez Fazzone (2010) para Argentina, este último, a partir de una revisión bibliográfica. Esta gran diferencia puede estar asociada a la metodología del cálculo, mientras que en la hoja de consumo de la FAO se estima desde la disponibilidad de alimento a nivel de país (oferta), en el estudio de Piola *et al.* (2011) se lo hace desde la demanda de la población.

Tabla 3.1. Consumo de diferentes grupos de alimentos y aportes de nutrientes para la Argentina (año 2006).

Grupo	Alimento	Consumo (kg pers. ⁻¹ año ⁻¹)	Aporte anual de nutrientes (kg año ⁻¹)				
			N	P	K	Ca	S
Cereales							
	Trigo	111,0	2,33	0,39	0,56	0,08	0,13
	Arroz	6,2	0,09	0,02	0,02	0,00	0,00
	Maíz	10,2	0,15	0,03	0,05	0,01	0,01
Raíces y tubérculos							
	Papa	35,4	0,15	0,03	0,17	0,01	0,00
	Raíces varias	8,7	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
Hortalizas							
	Tomate	15,9	0,03	0,01	0,04	0,00	0,00
	Cebolla	11,1	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
	Hoja Tallo peciolo	10,0	0,03	0,01	0,05	0,01	0,00
	Inflorescencia	1,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	Zapallo Zapallito	8,0	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
Frutas							
	Naranjas/mandarinas	24,6	0,04	0,01	0,06	0,02	0,01
	Limonos	12,0	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00
	Bananas	11,4	0,02	0,00	0,07	0,01	0,00
	Manzanas	12,6	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00
	Otras	11,6	0,03	0,01	0,04	0,01	0,00
Carne							
	Vacuna	55,5	1,39	0,37	0,08	0,72	0,08
	Pollo	27,8	0,68	0,06	0,08	0,00	0,00
	Cerdo	6,6	0,21	0,02	0,03	0,00	0,00
	Huevos	9,4	0,18	0,02	0,01	0,01	0,00
	Pecados varios	9,1	0,27	0,02	0,03	0,01	0,00
Leche y derivados (l)		184,6	0,92	0,17	0,28	0,23	0,00
Total		582,6	6,64	1,16	1,67	1,14	0,24

Fuente: Abbona (2017).

La ingesta de productos derivados de la producción animal resultó superior a la que Westhoek *et al.* (2014) menciona para los países de Europa Oriental (283 vs. 256 kg pers.⁻¹ año⁻¹, respectivamente), siendo mayor principalmente por el consumo de carnes (vacuna, de cerdo, de pollo)

y huevos (93 vs. 54 kg pers.⁻¹ año⁻¹), ya que el consumo de productos lácteos estimados fue menor (184 vs. 202 kg pers.⁻¹ año⁻¹, respectivamente).

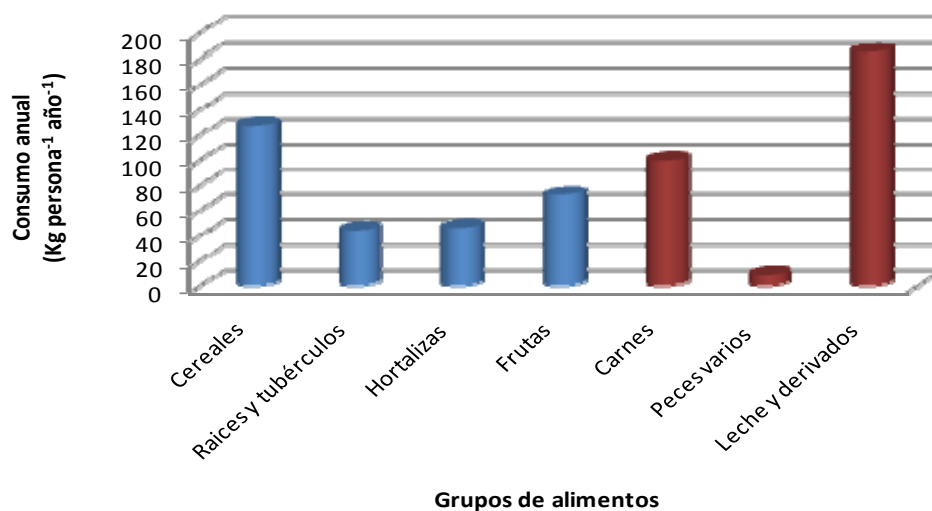


Figura 3.1. Consumo de diferentes grupos alimentos para Argentina en 2006 (en azul grupos de productores primarios, en rojo grupos de consumidores primarios y secundarios) Fuente: Abbona (2017).

Si bien la producción de alimentos no sería una limitante para la alimentación de la población de Argentina, las características y proporciones de los diferentes alimentos que se consumen, al igual que en varios países desarrollados, deben ser revisados para promocionar consumos más saludables (Sutton *et al.*, 2013), que involucren menos proteínas de origen animal y menos grasas saturadas (Westhoek *et al.*, 2014). Uno de los problemas que se puede enfrentar en el corto y mediano plazo es que se profundice la pérdida de diversidad de cultivos y que, aunque se mantenga la seguridad alimentaria, se corra el riesgo de la pérdida de soberanía alimentaria y se termine en una dieta que promueva la malnutrición (Godfray & Garnett, 2014).

Aportes de nutrientes

La cantidad total anual de nutrientes (N, P, K, Ca, S) calculada en la alimentación de Argentina fue de 10,84 kg pers.⁻¹, siendo mayor el aporte de N, seguido de K, P, Ca y S (Tabla 3.1). Para la mayoría de los nutrientes el principal aporte proviene por 2 a 3 grupos de alimentos, siendo los principales los grupos de cereales y de carne y huevo (Figura 3.2). Para N, K y S el mayor aporte lo realizan los cereales mientras que el grupo de carnes y huevos contribuyen en mayor medida al P y Ca. El K es el nutriente cuyo aporte proviene de manera más equitativa por los diferentes grupos de alimentos (Figura 3.2).

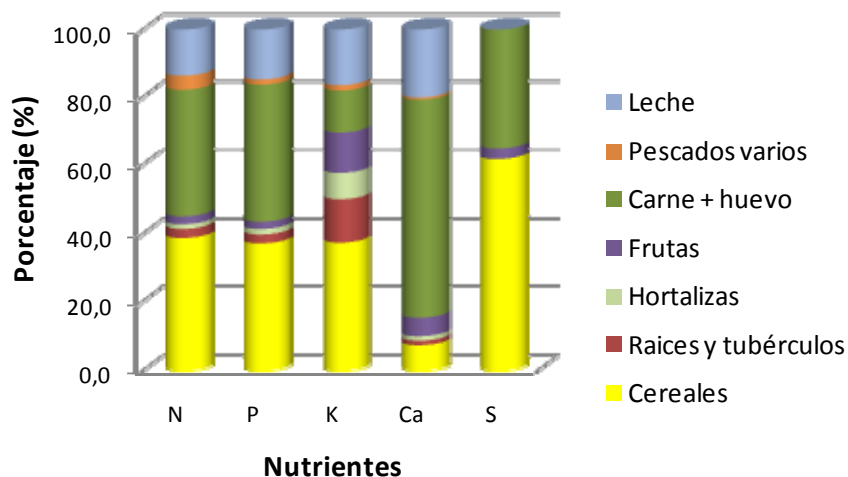


Figura 3.2. Aporte de nutrientes por diferentes grupos de alimentos en Argentina (año 2006). Fuente: Abbona (2017)

El consumo de alimentos muestra que los hábitos alimentarios de la Argentina están basados en su gran mayoría, en unas pocas especies. Esta demanda limitada de alimentos promueve una baja diversidad cultivada. Si bien en los últimos años se ha observado una creciente conciencia en la población en relación a incrementar la diversidad de alimentos para una mejor salud, si esto nos es acompañado con políticas públicas serias y sostenidas en el tiempo, será una incógnita hasta cuándo y en cuánto cambiarán los hábitos de consumo.

Un incremento en la variedad de alimentos demandados por la población repercutirá un una mayor diversidad en el territorio. En este sentido, se puede analizar el rol de la biodiversidad en el territorio asociado a la alimentación y los nutrientes.

Territorio, biodiversidad y nutrientes

Es deseable que una alimentación variada provenga de un territorio diversificado. Difícilmente una población pueda acceder a una variedad de alimentos si el suelo en los territorios se destina para cultivar unas pocas especies.

En el análisis de la diversificación del territorio se puede diferenciar la producción de alimentos en función de las distintas actividades agropecuarias que los generan. Estas actividades agropecuarias se pueden agrupar en producciones agrícolas extensivas (granos de cereales y oleaginosas), horticultura, fruticultura, producción de carne y leche bovinas, producciones de carnes de cerdo y pollo. Estas actividades generan flujos de nutrientes contenidos en los alimentos, por lo que la diversificación productiva del territorio contribuirá a la diversidad de nutrientes en el plato de comida. Muchas veces los territorios no producen alimentos para sus ciudades cercanas sino que generan flujos hacia territorios lejanos incluso para otros países. Para profundizar en estos conceptos de territorio, biodiversidad y nutrientes se utilizará como escenario la provincia de Buenos Aires.

Las actividades agropecuarias de la provincia de Buenos Aires

La provincia de Buenos Aires es una amplia llanura de 30 M ha siendo la mayor parte apta para la agricultura y la ganadería. La producción agropecuaria de la provincia tiene una alta incidencia en la producción total del país, representando el 30% del Producto Bruto Agropecuario Nacional. Se cultivan más de 11 M ha con cultivos agrícolas extensivos (cereales, oleaginosas). La participación nacional de la producción provincial de trigo, maíz, girasol y soja, es del 61, 32, 59 y 26% respectivamente y del 38% para ganado vacuno (MAA, 2007). La provincia genera entre el 20-22% de la producción láctea nacional. A su vez, posee el mayor cinturón fruti-hortícola del país y el principal núcleo del cultivo de papa.

Según el último censo (2002) se estima que la provincia de Buenos Aires destina a las actividades agropecuarias unas 24 M ha (MAA, 2007). La ganadería es la actividad que ocupa la mayor superficie seguida de los cultivos extensivos y, con una muy pequeña incidencia en superficie, la horticultura (Figura 3.3).

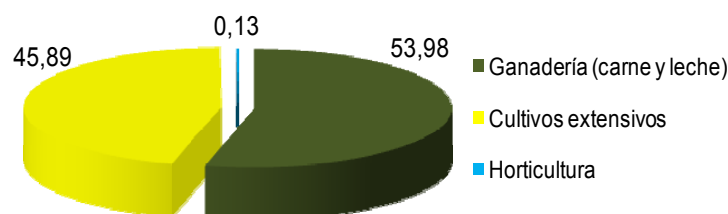


Figura 3.3. Distribución porcentual de la superficie agropecuaria en la provincia de Buenos Aires para el año 2010. Fuente: Abbona (2017).

Horticultura

Esta actividad genera los alimentos más perecederos (verduras de hoja, de fruto, raíz, de tallo, etc.), por lo cual su ubicación se encuentra cercana a los centros urbanos. Por eso, las áreas donde se producen estos alimentos comúnmente se denominan periurbanos. La horticultura es la actividad que aporta la mayor diversidad de alimentos a la población. En la provincia de Buenos Aires el CHFBA (2005) señala más de 40 especies cultivadas, sin profundizar en variedades y etnovariedades, en una superficie cercana a las 32.000 ha. Dentro de la actividad hortícola existe una diversidad de estilos de producción así como de actores socioculturales. En las cercanías de las ciudades predominan las denominadas “quintas” cuyas superficies promedio son de 7 ha con variaciones entre 1 a 40 ha. Por lo general, son más bien diversificadas (en promedio 10 cultivos) aunque también se encuentran sistemas especializados en 1 o 2 cultivos. Más alejados de los centros urbanos se encuentran las zonas hortícolas especializadas y las extensivas, en las cuales predominan pocos cultivos e incluyen una mayor mecanización, y una disminución de la intensidad en mano de obra.

Estas últimas modalidades hortícolas son las que ocupan la mayor proporción de tierras dedicadas a esta actividad en la provincia de Buenos Aires. La producción bajo invernáculo creció considerablemente desde el año 2005, cuando se registraban unas 2.000 ha en toda la provincia, llegando a concentrar el 50% de los invernáculos del país (García, 2015). La mayor parte de la superficie bajo cubierta se destina a una producción especializada. En este sentido el CHFBA (2005) menciona 11 especies como las principales en la producción bajo invernáculo aunque, en menor medida, también se mencionan otros cultivos.

Cultivos extensivos

En la provincia de Buenos Aires la producción agrícola extensiva supera las 11 M ha siendo ocupada principalmente con seis cultivos (soja, trigo, maíz, girasol, sorgo, cebada cervecera), siendo los tres primeros los de mayor porcentaje de la superficie sembrada. Entre el año 1990 y 2004 el trigo fue el cultivo de mayor superficie cultivada en la provincia, pero desde esa fecha fue superado por el cultivo de soja (Figura 3.4). Esto muestra un avance hacia una distribución inequitativa del uso del suelo que implica una disminución de la biodiversidad. Esta disminución puede ser aún mayor si se considera la modificación en la cantidad de variedades empleadas dentro de cada especie.

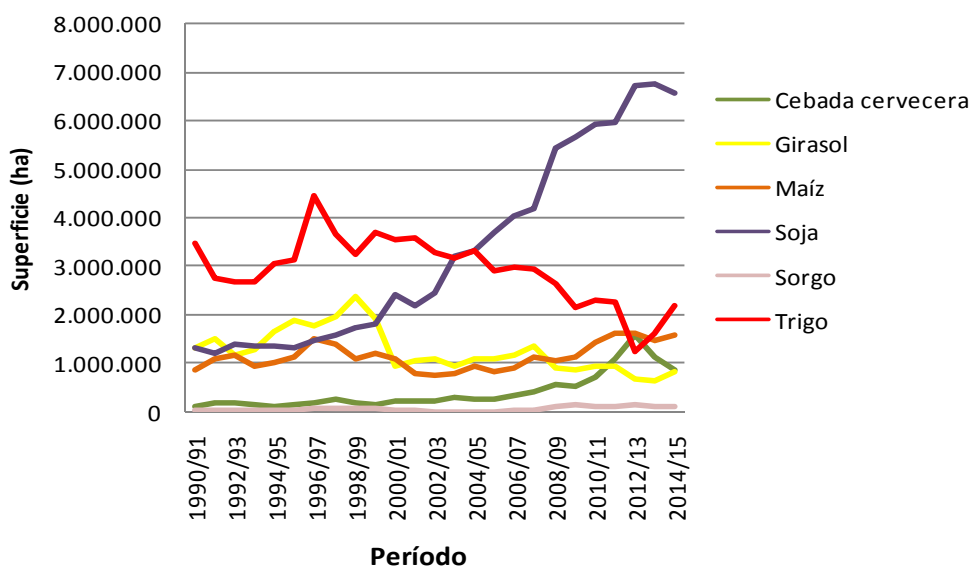
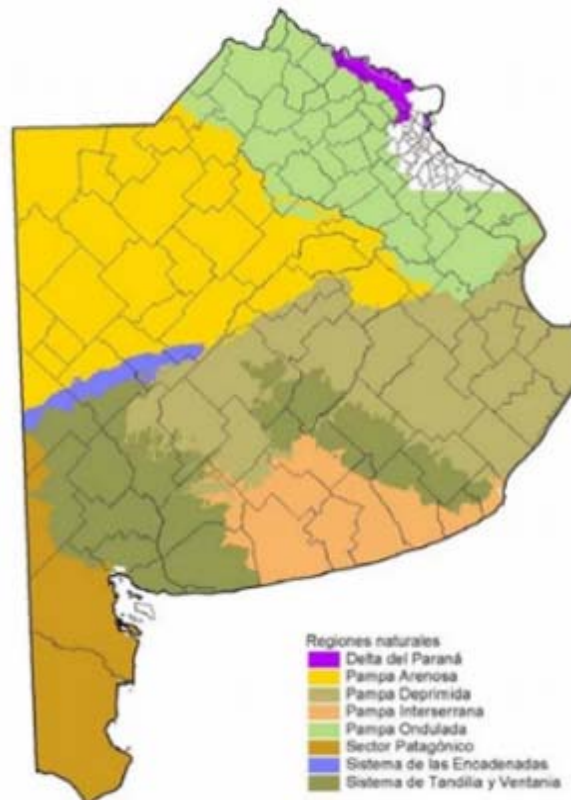
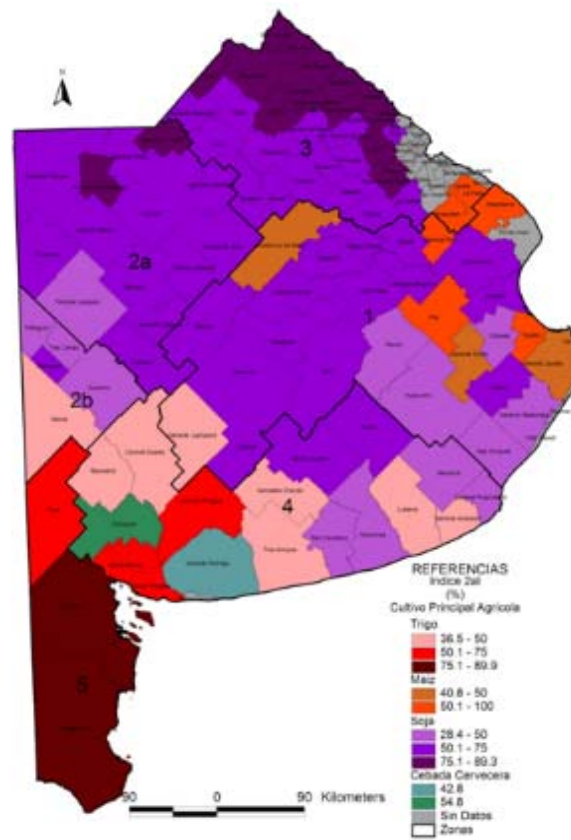


Figura 3.4. Superficie sembrada de los principales cultivos agrícolas en la provincia de Buenos Aires (período 1990 y 2015). Fuente: Abbona (2017).

A pesar de que la provincia presenta diferentes regiones ecológicas (Figura 3.5a) la soja se convirtió en el principal cultivo extensivo para la mayor parte de los partidos de la provincia (Figura 3.5b).



a)



b)

Figura 3.5. Regiones ecológicas naturales a) y b) distribución del principal cultivo agrícola extensivo por partido, en base al porcentaje de superficie ocupada (año 2010). Fuente: MAA (2007) y DPPBA (2015).

Tanto el cambio en el uso del suelo de las actividades extensivas así como el predominio de muy pocos cultivos muestran una importante reducción en la biodiversidad del territorio de la provincia de Buenos Aires.

Producción de carne y leche bovinas

En la provincia el 53% de la superficie agropecuaria se destina a la producción de carne y leche bovinas (Figura 3.3). Hasta el año 2002, la distribución de de la superficie entre pastizal natural, pasturas perennes y verdeos anuales era del 70, 20 y 10%, respectivamente. El proceso de agriculturización ocurrido desde la primera década del siglo XXI (Figura 3.4), disminuyó la superficie total dedicada a la actividad pecuaria. Esta modificación en el uso del suelo también ha estado acompañada por un cambio en la alimentación del ganado, principalmente en la invernada y en el tambo. Esta nueva alimentación ha estado orientada hacia una mayor proporción de granos y verdeos en desmedro de pastizales y pasturas, lo que implica una reducción de la diversidad de especies forrajeras que forman parte de la dieta de los animales. Esta disminución en la diversidad de los recursos forrajeros no sólo impacta en la alimentación del ganado, sino que lo hace en el potencial de regulación biótica de los agroecosistemas (ver capítulo 12). Sin embargo, teniendo en cuenta la producción de alimentos que genera esta actividad ésta se mantiene estable en el tiempo, ya que sólo genera carne y leche vacunas.

Tierras para alimento interno y externo: su importancia en el flujo de nutrientes

Los cultivos hortícolas se destinan casi en su totalidad al mercado interno (Fernández Lozano, 2012), mientras que en los extensivos, el 66% de los nutrientes contenidos en las cosechas tienen como destino la exportación para alimentación animal, y otra parte menor se exporta para alimentación humana (principalmente trigo) (Abbona, 2017). Para el caso de la carne vacuna la exportación alcanza el 10% del total, siendo el mayor destino el consumo interno.

La amplia superficie que posee la provincia de Buenos Aires con destino a la producción agropecuaria, la cual genera una cantidad de alimentos que supera ampliamente la demanda de la propia población genera un conjunto de interrogantes que se vincula con la biodiversidad y los nutrientes.

Abbona (2017) estimó que la totalidad de los nutrientes que consume la población de la provincia equivale a un 11% de los nutrientes contenidos en la producción agropecuaria de la provincia. Es decir, que si se decidiera reciclar los nutrientes contenidos en los residuos sólidos urbanos y aguas residuales de toda la provincia y fuesen incorporados a los agroecosistemas, esto resultaría insuficiente para contrarrestar las extracciones que generan el conjunto de actividades agropecuarias. En otro sentido se puede inferir que con una superficie cercana al 15% del total provincial sería suficiente para abastecer la demanda de alimentos de los bonaerenses.

Por lo tanto, si a partir de una adecuada educación y concientización se lograra que la población demande una mayor variedad de alimentos, esto repercutiría favorablemente en la biodiversidad de un 15% del territorio. Con esto se abre el interrogante acerca de cuál sería el estímulo para que se diversifique el 85% restante si las sociedades que demandan estos alimentos se encuentran dispersas en otras provincias o en el mundo. ¿Se podrá diversificar este territorio por influencia de la demanda o se tendrá que diversificar por la promoción de políticas internas que promuevan una mayor biodiversidad en ese territorio? Estas preguntas no forman parte de los interrogantes que se formulan los decisores políticos pero son necesarias abordar para construir un ecosistema alimentario sostenible para el ser humano.

También se debe reconocer que esta diversificación del territorio se puede expresar de diferente manera al interior de los agroecosistemas que lo constituyen. Por eso, resulta necesario abordar la relación entre la biodiversidad y los nutrientes en los agroecosistemas.

Agroecosistemas, Biodiversidad y Nutrientes

Los agroecosistemas generan, entre otras cosas, los alimentos que directamente o transformados finalizarán en la mesa de los hogares. Estos productos extraídos de los agroecosistemas contienen diversos nutrientes (N, P, K, Ca, S, Mg, etc.), los que a partir de su incorporación en la estructura de vitaminas, proteínas, etc., contribuirán con la nutrición de las personas. Por lo tanto, si los agroecosistemas se diversifican en cuanto a cultivos y/o producciones animales, cada agroecosistema contribuirá a una mayor diversidad nutritiva para las personas.

Pero en los agroecosistemas, no sólo ocurre un único flujo de nutrientes que finaliza con el producto cosechado, sino que existe una compleja red de flujos, tanto internos como de vinculación con el entorno a través de diversas entradas y salidas de nutrientes. Es vital que exista esta compleja red de interacciones la cual permite que en el funcionamiento del agroecosistema se optimicen los flujos internos que facilitan una retención y ciclado de nutrientes y que, debido a esta mayor retención, las salidas de nutrientes se realicen principalmente a partir de las salidas en las cosechas, minimizando cualquier otro flujo que ocasione una contaminación en el ambiente. Para esta optimización del funcionamiento de los nutrientes en los agroecosistemas es clave el manejo de la biodiversidad. Para una mejor visualización de dicho aporte se requiere una aproximación desde el enfoque de sistemas.

El enfoque sistémico

El enfoque sistémico es una herramienta que la Agroecología emplea para el estudio y manejo de los agroecosistemas. En un primer paso se requiere definir los límites del sistema en cuestión. Esto facilita una correcta identificación de los flujos de nutrientes que son propios o internos de los agroecosistemas de aquellos que implican una relación con el entorno, tanto de entradas

como de salidas. Es por eso que para el caso de los agroecosistemas los límites deben ser tridimensionales (Abbona & Sarandón, 2014). En general, el límite superior se define por la altura del componente más alto (árbol, molino, etc.), el límite lateral se define por el perímetro del agroecosistema que puede coincidir con alambrados o calles y el límite inferior lo establece la profundidad del sistema radicular (sea del cultivo o de los árboles). Asumidos los límites tridimensionales se pueden identificar los componentes y sus interacciones, así como las diversas entradas y salidas entre el sistema y su entorno. La clasificación de componentes de un agroecosistema puede ser muy amplia y también se encuentra sujeta a los objetivos desde el cual se está llevando a cabo la mirada sistémica. A los fines de esta parte del capítulo, en que se analiza la biodiversidad y los nutrientes en el agroecosistema, la clasificación está sujeta a dicho objetivo.

Desde un análisis ecológico aquellos componentes que intervienen son el suelo, el cultivo, la vegetación espontánea (intra y extracultivo) y la fauna, la cual se puede diferenciar en consumidores primarios y secundarios (Figura 3.6). Todos estos componentes forman parte de la biodiversidad del agroecosistema. El suelo, a su vez, contiene la macro, meso y microfauna, y está constituido por materia orgánica esencial para la vida del suelo. El grado de diversidad que expresen los otros componentes como cultivo/s, vegetación espontánea (intra y extracultivo), fauna, está sujeto al manejo de los agroecosistemas por parte del ser humano.

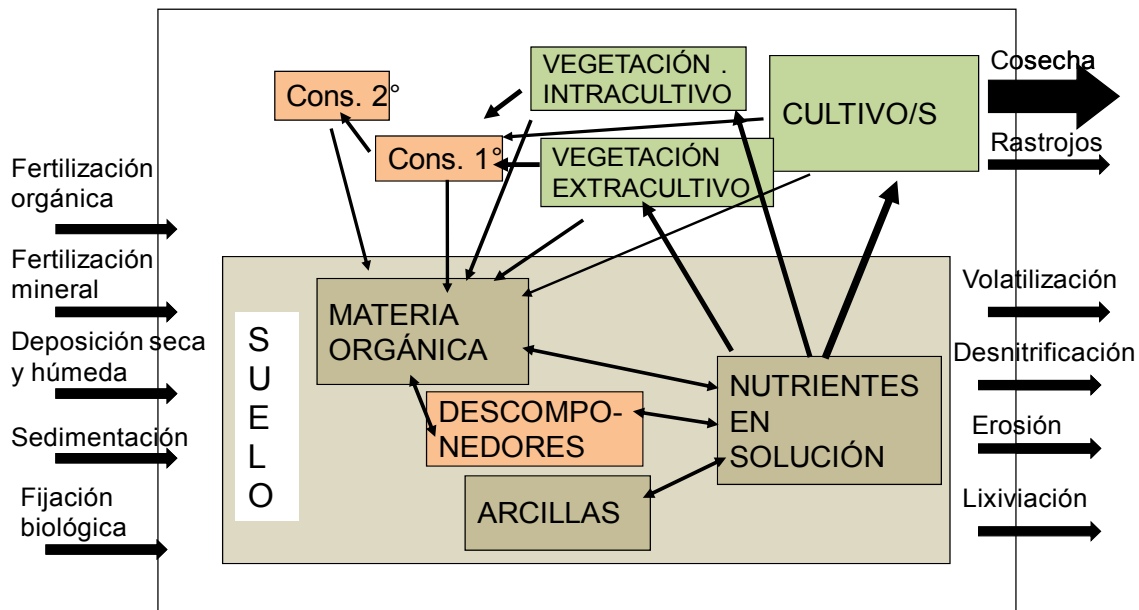


Figura 3.6. Componentes y flujos de nutrientes de un sistema agrícola con énfasis en la biodiversidad.

Flujos de nutrientes

Describiendo un recorrido de los nutrientes entre los componentes del sistema se puede tomar como punto inicial la absorción de los nutrientes del suelo que realiza el/los cultivo/s (Figura 3.6). Los nutrientes absorbidos pasan a formar parte de la estructura del cultivo y, posteriormente, una parte de estos saldrán con el producto cosechado. La magnitud y proporción de nutrientes extraídos dependerá del cultivo y su parte cosechada (hoja, grano, raíz, etc.). Ésta salida es la

que contribuirá directa o indirectamente (productos animales o industrialización) en la alimentación del ser humano, por lo que la diversidad de nutrientes aportada en los alimentos estará sujeta a la diversidad de cultivos. Un agroecosistema basado en un monocultivo realizará un aporte más restringido que si se cultivan varias especies.

En los agroecosistemas también ocurren flujos de nutrientes entre el suelo y la vegetación espontánea, sea intra o extracultivo (Figura 3.6). El flujo hacia la vegetación intracultivo ha sido siempre entendido como perjudicial porque se supone que compite con el cultivo. Es decir, se intenta que solo exista un flujo de nutrientes hacia el cultivo y no hacia otra especie vegetal. Para esto generalmente se emplean medios mecánicos o químicos (herbicidas) eliminando toda otra vegetación. En el caso de la vegetación extracultivo no ocurre una competencia importante con el cultivo.

Desde el cultivo y la vegetación espontánea tanto intra como extracultivo ocurre un flujo de biomasa y nutrientes hacia el suelo (Figura 3.6) que implica un aporte a la materia orgánica (MO) y a la vida del suelo. Por lo tanto, para que la MO contribuya a una vida del suelo rica y diversa es necesario que estos flujos de biomasa que la nutren sean diversos (ver capítulo 2). Si la MO se nutre sólo del aporte proveniente de una sola especie (monocultivo) pierde calidad. A su vez, también puede disminuir su cantidad si la magnitud del aporte de biomasa no compensa la cantidad de MO que se mineraliza durante el ciclo del cultivo.

De ahí, la relevancia que adquiere la biodiversidad en los agroecosistemas, tanto por el aporte a una alimentación variada para el ser humano como para sostener la vida del suelo, es decir, para los dos extremos del ecosistema alimentario. Pero otra función importante de la diversidad de los agroecosistemas es facilitar la optimización de los flujos internos de nutrientes para minimizar salidas que generen externalidades negativas en el ambiente.

La salida de nutrientes a través de la cosecha no es la única salida que se genera en los agroecosistemas, también existen salidas por procesos como la lixiviación, la volatilización y la desnitrificación, sumadas a las que podrían generarse a partir de la erosión de suelo o, si además de la extracción de la cosecha se realiza una extracción de los residuos de la misma (rastros) (Figura 3.6). La mayor parte de estas salidas ocurren naturalmente aunque, a partir del manejo que realiza el ser humano, sus magnitudes pueden incrementarse considerablemente.

La Biodiversidad y la retención y disponibilidad de nutrientes

Para incrementar la eficiencia de los nutrientes en los agroecosistemas y no sólo en la relación suelo-cultivo, es necesario mejorar la comprensión de la dinámica de los mismos en el suelo y de los caminos que siguen cuando son incorporados, teniendo en cuenta la posible captura por parte del o los cultivos u otras especies vegetales, incluso por parte de cultivos de cobertura. Conocer las posibles vías de retención, acumulación y liberación de los nutrientes de acuerdo a las diferentes características de los distintos tipos de suelos, permitirá mejorar la nutrición de los cultivos optimizando la conservación de los nutrientes en los agroecosistemas. En este sentido, la MO es clave en el ciclo de algunos nutrientes en el agroecosistema (Drinkwater & Snapp, 2007). La misma cumple un rol fundamental en la retención y liberación de nutrientes a partir de

la mineralización, en aquellos elementos cuya mayor reserva se aloja en ella, como es el caso del N (Stewart, 2007). A causa de ello, la acumulación de MO sería una buena manera de disminuir las pérdidas de N causadas por otras vías (lixiviación, volatilización, desnitrificación) (Bruulsema *et al.*, 2004). A los fines de dar la importancia que amerita la MO en estas consideraciones, es necesario pasar de la relación fertilizante-cultivo a fertilizante-agroecosistema. Debe buscarse equilibrar las entradas y salidas de nutrientes, a la vez que las salidas sean exclusivamente las deseables, es decir, la cosecha, minimizando aquéllas que causan problemas ambientales. Hay que tener en cuenta que el solo incremento de la MO no implica un incremento en la dotación de nutrientes del sistema, ya que esto dependerá de la diferencia entre las entradas y salidas de nutrientes. Para elementos como el N, cuya reserva es ésta fracción, favorecer un balance positivo de MO evitaría pérdidas por otras vías que no sean la cosecha, aunque el incremento de la dotación de nutrientes estará sujeto al resultado del balance de los mismos.

Parte de los nutrientes que se ubican en la solución del suelo se encuentran en intercambio dinámico con la MO y las arcillas. Pero también están sujetos a lixiviación (principalmente el N), y, al llegar a profundidades mayores a la exploración radicular (lo que implica una salida del sistema) genera contaminación de los cuerpos de agua. Por eso, es importante que en los agroecosistemas exista una demanda de nutrientes lo más sostenida en el tiempo que permita evitar salidas indeseadas y que los nutrientes se mantengan en recirculación dentro del mismo. Cuando se realiza un solo cultivo en los agroecosistemas se promueve la demanda de nutrientes en una determinada profundidad del suelo y durante un período de tiempo, ya que en etapas fenológicas avanzadas muchos cultivos realizan traslocaciones internas de nutrientes y disminuyen de manera considerable la absorción. Esto facilita la lixiviación porque durante prolongados períodos de tiempo no existe absorción de nutrientes y, aquellos que son móviles se pueden perder por esta vía. La lixiviación se puede incrementar si se realizan barbechos (tiempo de descanso del suelo entre dos cultivos) con suelo descubierto, donde la ausencia de especies vegetales evita que se absorban nutrientes de la solución del suelo. Por eso, la biodiversidad que se emplee en el diseño de los agroecosistemas, sea utilizando diversidad de cultivos, cultivos de cobertura o permitiendo el crecimiento de vegetación espontánea intracultivo cuando el cultivo ya no requiera de tantos nutrientes, se convierte en una herramienta para el manejo eficiente de nutrientes en los agroecosistemas. En esto es necesario incrementar los estudios que superen la idea solamente de producción, que incluye los policultivos, y que se tenga en cuenta la optimización del manejo de los nutrientes a nivel de agroecosistema. Esta diversidad que evita la salida de nutrientes también contribuirá con el aporte en calidad y cantidad a la MO.

Cuando se menciona la necesidad de avanzar hacia una agricultura sostenible, uno de los requisitos es la conservación de la dotación de nutrientes del suelo, es decir que las extracciones generadas en el agroecosistema por las cosechas, sean contrarrestadas por el ingreso de nutrientes provenientes desde fuera del sistema.

Por lo tanto, la incorporación de nutrientes a los agroecosistemas es otro aspecto necesario para las sustentabilidad de los mismos. Existen diversas entradas que ocurren naturalmente (de-

posición húmeda, seca, fijación biológica, sedimentación) (Figura 3.6), aunque pueden estar reguladas en magnitud por el ser humano, y otras que son exclusivamente antrópicas, como la fertilización mineral u orgánica. El manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas puede contribuir el ingreso de N al agroecosistema si se utilizan especies leguminosas porque realizan fijación biológica (Tabla 3.2). La magnitud del aporte neto de N variará si la leguminosa es un cultivo que luego se extrae en la cosecha o si es un cultivo de cobertura que se deja completo en el agroecosistema. En el primer caso, la cosecha genera una salida de N la cual en las especies leguminosas suele ser alto por el contenido proteico de los granos. Si la magnitud de N fijado compensa lo extraído en cosecha es motivo de discusión, aunque la fijación es un proceso dependiente de las condiciones edáficas y de la disponibilidad de N en el suelo. En este sentido la intensidad de la fijación suele ser inversamente proporcional disponibilidad de N en el suelo. Es decir en suelos ricos en N las leguminosas fijan poco mientras que en suelos pobres la intensidad de fijación es alta. Para el caso de la soja en Argentina, Collino *et al.* (2015), sugieren que la fijación biológica aportaría el 60% del N absorbido por el cultivo, por lo tanto, el aporte por fijación en relación a lo extraído en la cosecha sería superior al 80%. Para los cultivos de cobertura cuya biomasa se deja en el propio sistema y no se retira (no existe un flujo de salida) la fijación biológica que realice constituye una ganancia neta de N en el sistema.

Tabla 3.2. Reporte del nitrógeno fijado por diferentes especies de leguminosas (Fuente: Heichel, 1987)

Cultivo	Nitrógeno fijado (kg ha ⁻¹)	Referencia
Alfalfa	78-222	Heichel, 1987
Maní	87-222	Ratner et al., 1979
Caupí	65-130	Alexander, 1977
Arveja	174-195	Heichel, 1987
Soja	170-217	Thurlow & Hiltbold, 1985
Lotus	49-112	Heichel, 1987
Garbanzo	24-84	Heichel, 1987
Poroto	70-124	Rennie & Kemp, 1984
Haba	177-250	Heichel, 1987
Vicia villosa	111	Heichel, 1987
Trébol blanco	164-187	Heichel, 1987
Lenteja	167-188	Heichel, 1987
Trébol rojo	68-113	Heichel, 1987
Lupino	193-247	Larson et al., 1989
Sesbania sp.	267	Rinaudo et al., 1983

La biodiversidad además de su rol en el aporte de N, ejerce una función indispensable en el aumento de la disponibilidad de nutrientes a partir de una mayor actividad biológica del suelo.

Una mayor diversidad aumenta la vida del suelo que muchas veces se traduce en mayor actividad biológica con presencia de hongos micorrícicos o bacterias solubilizadoras de P, los cuales ayudan a mejorar disponibilidad de nutrientes. Aunque esto favorece un mayor crecimiento del cultivo no implica que esta actividad biológica contribuya con un aporte de nutrientes a los agroecosistemas. Este mayor crecimiento del cultivo no es resultado de un aporte externo de nutrientes al agroecosistema sino a un cambio en la disponibilidad nutrientes ya presentes en el sistema, pero que anteriormente no estaban disponibles para el cultivo. En este sentido, es importante promover la vida del suelo a partir del manejo de la biodiversidad para que se genere una adecuada circulación interna y se eviten salidas indeseadas, pero considerando que son necesarias entradas genuinas de nutrientes que compensen los egresos. Actualmente se utiliza el concepto de biofertilizantes para promocionar la incorporación de bacterias solubilizadoras u hongos micorrícicos, pero como se mencionó anteriormente no generan una ganancia de nutrientes para el agroecosistemas sino una mejora en la disponibilidad para el cultivo de los nutrientes ya presentes en el suelo. De no tener claro este concepto se puede suponer que un agroecosistema se puede sostener indefinidamente sólo con biofertilizantes (bacterias solubilizadoras u hongos micorrícicos), cuando en realidad después una considerable cantidad de años, dependiendo del reservorio de nutrientes de cada suelo, serán pocos los nutrientes que queden disponibles para el cultivo.

En el manejo de los nutrientes en los agroecosistemas, tanto para favorecer el ingreso, la disponibilidad como la retención de los mismos para que las salidas sean fundamentalmente por los productos de cosecha, es clave conocer y promover el manejo de la biodiversidad.

Conclusiones

A partir de lo desarrollado en este capítulo se puede afirmar que la biodiversidad es esencial en diferentes escalas jerárquicas, a nivel de parcela o lote, agroecosistema así como de territorio. A su vez, que su importancia radica tanto por la funcionalidad que aporta en la regulación de los flujos de nutrientes en los agroecosistemas y que puede contribuir a una menor pérdida de nutrientes con la consecuente reducción de la contaminación, como también por su aporte a una alimentación más variada y nutritiva para el ser humano. Un desafío imperante es compatibilizar la producción de alimentos para el mercado interno y externo sin descuidar la importancia de sostener la biodiversidad en todo el territorio comprendido en las actividades agropecuarias, más allá del destino de los alimentos.

Un adecuado manejo de la biodiversidad a las diferentes escalas es indispensable en la construcción de un ecosistema alimentario sostenible para el ser humano.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué implica el concepto de ecosistema alimentario para el ser humano?*
2. *¿Cuál es la importancia de conocer las dietas poblacionales para la promoción de la biodiversidad?*
3. *¿Qué tan diversificada es la base alimentaria de los argentinos?*
4. *¿Cuál es el aporte de nutrientes que realizan para los argentinos los diferentes grupos de alimentos?*
5. *¿Qué relación existe entre producción y consumo de alimentos para la promoción de la biodiversidad en los territorios?*
6. *¿Cuál es la actividad agropecuaria que realiza un mayor aporte a la diversidad cultivada y cuál menos? ¿Qué incidencia tiene cada una en la superficie de la provincia de Buenos Aires?*
7. *¿Cuál es la actividad agropecuaria que aporta menos diversidad de alimentos a la población? ¿Qué incidencia tiene en la superficie de la provincia de Buenos Aires?*
8. *¿Cuánto puede incidir en la biodiversidad cultivada de la provincia de Buenos Aires un incremento en la diversidad de alimentos demandada?*
9. *¿En qué contribuye el enfoque sistémico para la comprensión de la relación entre biodiversidad y nutrientes en los agroecosistemas?*
10. *¿Qué importancia tiene conocer las características de los flujos de biomasa que nutren a la materia orgánica del suelo?*
11. *¿A qué contribuye una mayor actividad de la biología del suelo?*
12. *¿Cómo se vincula la biodiversidad y los nutrientes en la construcción de un ecosistema alimentario sostenible para el ser humano?*

Referencias

- Abbona EA (2017) Flujos de nutrientes en la agricultura y la alimentación para un ecosistema alimentario sostenible en la provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 263 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/61599>. Último acceso: septiembre 2019.
- Abbona EA & SJ Sarandón (2014) Manejo de nutrientes en los agroecosistemas. En: Sarandón, SJ y CC Flores (Editores). *Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). La Plata, Argentina.
- Aulicino JM & MR Moré (2000) El consumo de verduras de los habitantes de los alrededores de Buenos Aires: un estudio exploratorio. Centro de Estudios del Sistema Agroalimentario. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Cuadernos del Ceagro 2:75-98.

- Bruulsema TW, PE Fixen & CS Snyder (2004) Fertilizer nutrient recovery in sustainable cropping systems. *Better crop* 88(4):15-17.
- CHFBA (Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires) (2005) Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Economía y Ministerio de Asuntos Agrarios. 115pp.
- CNA (Censo Nacional Agropecuario) (2002) Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina. Disponible en: http://www.indec.gob.ar/cna_index.asp. Último acceso: septiembre 2019.
- Collino DJ, F Salvagiotti, A Peticari, C Piccinetti, G Ovando, S Urquiaga & RW Racca (2015) Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors. *Plant Soil* 392:239–252.
- DPPBA (Defensoría del pueblo de la provincia de Buenos Aires) (2015) Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la provincia de Buenos Aires. Mapa de situación e incidencia sobre la salud. Defensor del pueblo de la provincia de Buenos Aires, Universidad Nacional de La Plata. 533pp.
- Drinkwater LE & SS Snapp (2007) Nutrients in agroecosystems: rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy* 92:163-186.
- Fernández Lozano J (2012) La producción de hortalizas en Argentina. Caracterización del sector y zonas de producción. Secretaría de comercio Interior. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. 29pp.
- Ferrato JA. & M Rodríguez Fazzone (2010) La cadena agroalimentaria. El mercado consumidor. En: Buenas Prácticas Agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. FAO, MAGyP, INTA. Capítulo 4, Subcapítulo 1:97:113.
- García M (2015) Horticultura de La Plata (Buenos Aires). Modelo productivo irracionalmente exitoso. *Rev. Fac. Agron. Vol 114 (Núm. Esp.1): 190-201.*
- Godfray H & T Garnett (2014) Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences* 369:20120273.
- Gustavsson J, C Cederberg, U Sonesson, R van Otterdijk & A Meybeck (2012) Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Alcance, causas y prevención. FAO. Roma. 33pp.
- Heichel GH (1987) Energy in plant nutrition and pest control. En: Helsen ZR, (Ed), Elsevier Science, Amsterdam: 63-80.
- MAA (Ministerio de Asuntos Agrarios) (2007) Nuestra provincia nuestro campo. El sector agropecuario de la provincia de Buenos Aires. 147pp.
- Piola M, EY El Jaber & M Mitidieri (2011) Estudio sobre incentivos y obstáculos en el consumo de frutas y hortalizas en mujeres del área metropolitana de Buenos Aires, Argentina. Publicación INTA. Disponible en: www.inta.gov.ar/sanpedro. Último acceso: septiembre 2019.
- Stewart WM (2007) Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas* 67:1-6.
- Sutton MA, A Bleeker, CM Howard, M Bekunda, B Grizzetti, W de Vries, HJM van Grinsven, YP Abrol, TK Adhya, G Billen, EA Davidson, A Datta, R Diaz, JW Erisman, XJ Liu, O Oenema, C Palm, N Raghuram, S Reis, RW Scholz, T Sims, H Westhoek & FS Zhang (2013) Our nutrient

world: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative. 128pp.

Westhoek H, JP Lesschen, T Rood, S Wagner, A De Marco, D Murphy-Bokern, A Leip, H van Grinsven, MA Sutton & O Oenema (2014) Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. *Global Environmental Change* 26:196–205.

CAPÍTULO 4

Las plantas espontáneas: de “malezas” a componentes claves de la biodiversidad en los agroecosistemas

Susana Andrea Stupino

Las plantas espontáneas: su importancia en los agroecosistemas

Uno de los desafíos actuales en la agricultura es promover sistemas productivos tendientes a conservar la biodiversidad (Brussaard *et al.*, 2010; Fischer *et al.*, 2014; Stupino *et al.*, 2014). Dado que la agricultura es la actividad humana predominante en el mundo, una parte importante de la biodiversidad se encuentra en los agroecosistemas (FAO, 2013). Uno de los componentes fundamentales de la diversidad biológica agrícola son las plantas que crecen de manera espontánea junto a los cultivos (Figura 4.1). Forman parte de la diversidad asociada, que comprende a los organismos cuya presencia en el agroecosistema es mediada por los componentes de interés económico que son incorporados por decisión del agricultor (diversidad planeada) (Swift *et al.*, 2004; Jackson *et al.*, 2007). Las especies espontáneas representan la base de la diversidad general del agroecosistema debido a que son fuente de alimento y hábitat para organismos de otros niveles tróficos como, insectos benéficos que disminuyen las plagas en los cultivos, aves granívoras y polinizadores (Albrecht, 2003; Marshall *et al.*, 2003; Herrera *et al.*, 2017). Estas plantas, presentes tanto en los lotes cultivados como en los márgenes de los cultivos y caminos, mantienen la diversidad de organismos en los paisajes agrícolas (Poggio, 2007). Además, contribuyen a diferentes servicios ecológicos de la biodiversidad como, el ciclado de nutrientes, el control de plagas y enfermedades, la regulación del ciclo del agua, el control de la erosión, la fotosíntesis y la detoxificación de compuestos químicos nocivos (Garbach *et al.*, 2014; Gaba *et al.*, 2016). Las especies espontáneas son la base de los recursos biológicos (genes) de las plantas agrícolas que son parte de la alimentación actual y que representan un potencial para el futuro (SCBD, 2008). También se les atribuyen distintos valores de uso para las actividades humanas (medicinal, comestible, etc.).

Desde el enfoque de la agricultura sustentable, se plantea que la conservación de la biodiversidad garantiza el cumplimiento de servicios ecológicos que permiten una menor dependencia

del uso de insumos externos (Brussaard *et al.*, 2010). Una de las limitaciones para alcanzar esto tiene que ver con la visión negativa que existe de la vegetación espontánea, que supone un efecto perjudicial sobre el cultivo, lo que dificulta reconocer los atributos de la misma (Storkey & Neve, 2018). Para orientar el diseño de los agroecosistemas hacia el incremento de la biodiversidad, es necesario repensar el origen del concepto y la percepción que se tiene sobre las plantas asociadas a los cultivos.



Figura 4.1. Vegetación espontánea asociada a los cultivos. Fotografía de la autora (Stupino, 2019).

La percepción negativa de las especies espontáneas y su relación con la competencia con los cultivos

Las plantas que crecen junto a los cultivos reciben comúnmente el nombre de “malezas”, cuyo origen etimológico significa “malisia” (del latín *malitia*). Se denominan también yuyos, malas hierbas o arvenses en países de habla castellana (Pochettino, 2005). Comúnmente se las define como “plantas que crecen fuera de lugar” (Radosevich *et al.*, 2007) o “plantas que llegan a ser perjudiciales o indeseables en determinado tiempo y lugar” (Marzocca, 1976). Dentro de las distintas definiciones de maleza, el concepto que prevalece está estrechamente vinculado a una consideración subjetiva y antropocéntrica que destaca el rechazo que le genera al hombre (Radosevich *et al.*, 2007). Tanto en la literatura como en la historia agrícola, están asociadas a maldad, haraganería, daño, o inconvenientes de algún tipo (Rodríguez Lagrega, 2006). Por ejemplo, la condición de haraganería se refleja en el proverbio “pasé junto a la campo del perezoso y la viña del insensato y todo eran cardos y ortigas que habían cubierto su haz” (Marzocca, 1976) y, el carácter de maldad se refleja en dichos populares como “yerba mala nunca muere”.

De las 250.000 especies vegetales existentes, aproximadamente 8.000 (3%) son consideradas malezas, de las cuales sólo 250 especies son consideradas problemáticas, representando el 0,1% de la flora mundial (Rodríguez Lagrega, 2006). Tradicionalmente se han

considerado negativas debido al efecto perjudicial sobre los rendimientos de los cultivos, por lo que se han utilizado diferentes técnicas para su eliminación (Gliessman, 2001). La práctica principal, desde los últimos 50 años, es el uso de herbicidas. En la Argentina, los herbicidas representan el 75 % del volumen (Kg/l) de productos fitosanitarios empleados en la agricultura (CASAFE, 2012). Esto refleja la preocupación que genera la persistencia de vegetación espontánea en los lotes cultivados. La gran extensión de áreas cultivadas en la que se emplean estos productos y, sobre todo, la cantidad de herbicida aplicado más de una vez por año, incrementaron las consecuencias ambientales de su uso. Uno de los herbicidas principales es el glifosato, que ha incrementado en 10 veces su uso en dos décadas (Martínez-Ghersa, 2011). En la agricultura convencional se utiliza, además, para eliminar o modificar los bordes de vegetación seminatural con fines estéticos o productivos, tal como el borde de los alambrados y banquinas (Herrera *et al.*, 2017).

La preocupación por erradicar las plantas asociadas a los cultivos indica una sobrevaloración del efecto de competencia. La competencia interespecífica se origina cuando los individuos de una especie (cultivo) utilizan un recurso común con otra especie (espontánea) que se considera escaso y, cuando tienen nichos superpuestos (rango de recursos y condiciones en las que la especie puede vivir y reproducirse) (Smith & Smith, 2007; Paleólogos & Sarandón, 2014). Por lo tanto, sólo habrá competencia cuando la disponibilidad de recursos afecte la capacidad de reproducción, supervivencia y crecimiento de las diferentes especies (Poggio, 2007). Esto significa que las especies no competirán si los recursos son abundantes. Por otro lado, el efecto de la competencia puede disminuirse si las dos especies de nichos superpuestos utilizan recursos menos parecidos, lo que resulta en una “repartición de recursos”. Las especies con una baja superposición de nichos pueden favorecer la complementariedad del nicho, puesto que éstas forman conjuntos ecológicamente compatibles de utilización eficiente de los recursos (Tilman, 1982). Por ejemplo, las asociaciones de especies pueden generar un aumento en la productividad y en la retención de los nutrientes en el agroecosistema (ver Capítulo 15). La complementariedad del nicho puede así permitir la coexistencia de las especies, ya que tienen cierto grado de diferenciación en el rango de los recursos utilizados o tolerancias ambientales, aunque sean parecidas en sus requerimientos. Algunos ejemplos de estrategias para convivir en el espacio y tiempo son las diferencias en la tolerancia a la luz y sombra, la profundidad de exploración de las raíces y la proporción de nutrientes utilizados (Gliessman, 2001).

Otros de los aspectos que hacen variable el efecto de competencia son, la densidad de plantas y las especies involucradas. La presencia de especies espontáneas que se vuelven dominantes suelen considerarse “malezas problemáticas”, de alta habilidad competitiva. En cambio, la presencia de una comunidad diversa de especies en un lote cultivado, podría ser un indicador de un manejo menos intensivo donde la competencia con cualquier cultivo sea probablemente débil (Storkey & Neve, 2018). Estos aspectos señalados sugieren que la sola presencia de una o varias especies de espontáneas no significa un efecto directo de competencia con el cultivo y un potencial daño. Comprender qué aspectos condicionan o favorecen

la presencia de vegetación espontánea permite mejorar la eficiencia en las prácticas de manejo empleadas, disminuir costos, y potenciar los servicios ecológicos asociados a la biodiversidad.

Las plantas espontáneas y el proceso de sucesión ecológica

El constante lanzamiento de nuevos productos instaló en el imaginario agropecuario que es posible y necesario erradicar las especies perjudiciales para el desarrollo de los cultivos (Novelli & Cámpora, 2015). Sin embargo, esto muestra una falta de comprensión de los motivos de su presencia en el agroecosistema, que puede ser entendida en el contexto del proceso de sucesión ecológica. Se define a la sucesión ecológica como los cambios estructurales y funcionales que experimenta un ecosistema a través del tiempo (Odum, 1972). A medida que avanza el proceso de sucesión, la diversidad, y la complejidad de interacciones bióticas y abióticas se incrementan. La composición de especies se modifica y los organismos adoptan diferentes tipos de estrategias de vida. En la etapa inicial o temprana de la sucesión, el ambiente es inestable y los recursos son abundantes (Smith & Smith, 2007). En estas condiciones se establecen especies pioneras, de alta tasa reproductiva y ciclo de vida cortos (estrategas r). En la medida que el proceso avanza en el tiempo, el ambiente físico y la composición de especies va cambiando y aparecen aquellas de mayor porte, de ciclo de vida más largos, que dejan poca descendencia y tienen alta habilidad competitiva (estrategas K). No obstante, esta clasificación teórica no es estrictamente dicotómica y los organismos pueden presentar características de ambas estrategias (r y K).

El concepto de sucesión ecológica se aplica también a los sistemas modificados por el ser humano (Poggio, 2012). Los agroecosistemas se mantienen en etapas iniciales de la sucesión, donde el disturbio generado por las prácticas de manejo y la simplificación de componentes se orientan a la obtención de un producto de interés económico. En esta etapa, la fotosíntesis supera a la respiración, maximizando la energía hacia la producción de biomasa cosechable. Por lo tanto, las actividades agrícolas mantienen las comunidades vegetales en estadios inmaduros como consecuencia de haber desplazado la sucesión ecológica hacia estados tempranos en forma recurrente. De manera general, las plantas espontáneas se adaptan a ambientes disturbados o inestables. Por lo tanto, una gran parte de estas especies (en especial de ciclo de vida corto) se asocian con las características de estrategias r, como especies pioneras, de rápida colonización y producción de gran número de semillas de tamaño pequeño. Estos aspectos indican que las especies espontáneas son un componente integral de los agroecosistemas, donde el disturbio continuo es condición para la aparición de las mismas. En este contexto la postura de “ganarle a la maleza” pierde sentido.

Factores que determinan la diversidad a diferentes escalas espaciales. El efecto de las prácticas de manejo sobre las especies espontáneas

La diversidad puede caracterizarse en tres escalas: diversidad Alfa (α), Beta (β) y Gamma (γ) (Whittaker *et al.*, 2001; Pereyra & Moreno, 2013). En una escala local, α representa la diversidad dentro un de un hábitat o muestra (MacArthur, 1965; Magurran, 1988). La diversidad β , es la tasa de recambio de especies entre distintos hábitats y describe qué tan diferente (o similar) es un rango de hábitats o muestras en términos de su composición específica (Sarr & Huston, 2005). La diversidad γ es la riqueza de especies en un área determinada, incluyendo los hábitats que en ella se encuentran. Estos niveles describen aspectos diferentes de la diversidad y cuyos factores determinantes también difieren (Rodríguez & Vasquez-Dominguez, 2003; Sarr & Huston, 2005).

Los estudios de especies espontáneas se han orientado más al control de una población, considerando un simple factor que explica la presencia de plantas (por ejemplo, un herbicida) y, en menor medida se han abordado a nivel de comunidad teniendo en cuenta un conjunto de variables. Los factores que determinan la composición de especies de una comunidad actúan como “filtros ambientales” que están organizados de manera jerárquica (Diamond, 1975; Poggio *et al.*, 2013). Este proceso de filtrado consiste en la eliminación sucesiva de especies del conjunto regional (reservorio de especies capaces de dispersarse hacia los sitios ocupados por una comunidad), debido a que sus atributos funcionales no se adaptan a las condiciones ambientales impuestas por el filtro que opera a una escala determinada (Poggio, 2007). En la escala regional y de paisaje, la estructura de la comunidad está determinada por la variabilidad del clima, la heterogeneidad de los mosaicos de uso del suelo, las perturbaciones y los procesos de dispersión (Huston, 1994; Rosenzweig, 1995; Chase, 2003; Sarr *et al.*, 2005). Por ejemplo, las áreas de vegetación seminatural del paisaje actúan como fuente de dispersión de semillas hacia los agroecosistemas. Por lo tanto, la presencia de ciertas especies en el agroecosistema puede depender, en parte, de la heterogeneidad del paisaje en el cual está inmerso (Weibull *et al.*, 2003; Tschardt *et al.*, 2005).

En una escala local, que puede acotarse a un agroecosistema o lote de cultivo, la composición florística de la comunidad es la resultante de factores como, los disturbios, la disponibilidad de recursos, y las interacciones bióticas (Poggio, 2007; 2012). En esta escala los factores antrópicos son esenciales en la determinación de las comunidades de plantas espontáneas (Andersson & Milberg, 1998). Las distintas prácticas están orientadas a homogeneizar el ambiente para maximizar el rendimiento de los cultivos (Poggio, 2012). A través del manejo se modifican los recursos disponibles por medio del uso del riego y fertilizantes, se garantiza el establecimiento del cultivo (siembra) y el control de adversidades por medio de plaguicidas. Estos ciclos, determinados por el manejo que realiza el agricultor, generan condiciones para el establecimiento de ciertas especies que definen una comunidad (Ghersa &

León, 1999; Petit *et al.*, 2013). La fertilización, el método de control por herbicidas, las rotaciones de cultivos son algunos de los factores que tienen influencia sobre la flora espontánea (Andersson & Milberg, 1998; Tang *et al.*, 2013).

Las prácticas de manejo determinan tanto las particularidades de la composición florística de la comunidad como los aspectos morfo-funcionales de las especies que la integran. Por ejemplo, el uso de herbicidas produce cambios en la composición de las comunidades, disminuyendo la diversidad de especies lo que vincula a que muchas son sensibles a un amplio rango de herbicidas (Ghersa & Martínez-Ghersa, 2000). A su vez, favorecen la presencia de especies monocotiledóneas resistentes y reducen la abundancia de especies de hoja ancha susceptibles (Hyvönen *et al.*, 2003). En los sistemas extensivos, ciertos antecedentes muestran que el uso de fertilizantes químicos modifica las relaciones de competencia entre el cultivo y la vegetación espontánea, favoreciendo a las especies de mayor habilidad competitiva que se vuelven dominantes (Bengtsson *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2013; Stupino, 2019) en condiciones de poca luz y de alta disponibilidad de nitrógeno.

El proceso de evolución y la generación de resistencias

El desarrollo de una flora indeseable puede ser provocado por la combinación de factores ecológicos o antrópicos, pero también evolutivos. La evolución es un proceso que lleva a la adaptación de las especies a nuevos ambientes y a la diferenciación de nuevas especies (Radosevich *et al.*, 2007). La selección natural, como mecanismo evolutivo, es el proceso por el cual la variedad de organismos de una población que están mejor adaptados al ambiente incrementan su frecuencia, a través de una serie de generaciones, lo que se traduce en una supervivencia y/o fecundidad más eficiente (Rodríguez Lagrega, 2006). Las poblaciones de especies espontáneas, a esta escala, son el resultado de la evolución a través de la selección y adaptación de especies silvestres a ambientes naturales disturbados que colonizan los agroecosistemas, especies cultivadas que escaparon o fueron abandonadas de la domesticación, híbridos de cultivos y plantas espontáneas, y coevolución con las especies de cultivos a través de la selección y adaptación a disturbios recurrentes y la alta disponibilidad de recursos (Harlan, 1976; di Castri & Younes, 1996; Martínez-Ghersa *et al.*, 2000).

El alto uso de herbicidas, sumado a prácticas que tienden a homogeneizar las condiciones microambientales como la simplificación de los sistemas de cultivo, generan una presión de selección artificial que conduce a la aparición de especies resistentes a los herbicidas (Storkey & Neve, 2018). Por lo común, unos pocos individuos portan características genéticas que los hacen menos vulnerables al producto, sobreviven a los tratamientos y logran reproducirse. Transmiten así ese rasgo a su descendencia, mientras los individuos más susceptibles mueren (Martínez-Ghersa, 2011). Dado que los ciclos de vida son cortos, la probabilidad que los genes resistentes se propaguen en una población a otra en un tiempo breve, es alta.

Más de 80 especies espontáneas presentan diferentes poblaciones con resistencia a múltiples herbicidas. En la Argentina el problema tomó relevancia al encontrarse resistencia al glifosato en poblaciones de sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* L.Pers), raigrás criollo (*Lolium multiflorum* Lam.) y raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) (Martinez-Ghersa, 2011; Yannicari & Stilart, 2017). Sin embargo, al cabo de un par de años ciertas poblaciones no sólo mostraron resistencia al glifosato sino también a varios herbicidas de diferentes modos de acción. Esto llevó a que el manejo de malezas se complejice y las estrategias deban proyectarse a mediano y largo plazo.

Muchos de los sistemas de cultivo del mundo están afectados por la resistencia a los herbicidas de modo que aunque la diversidad disminuya la biomasa no (Storkey & Neve, 2018). Esa declinación de especies se relaciona con la pérdida de resiliencia de los sistemas de cultivo. En cambio, una comunidad más diversa será menos competitiva, previniendo el dominio de especies altamente adaptadas y resistentes a los herbicidas.

Las características de las especies y la diversidad de espontáneas pueden diferir a lo largo de los agroecosistemas, al estar asociadas a diferentes grados de disturbio que son generados por el tipo de labores llevadas a cabo por el agricultor, de acuerdo con la percepción o conocimiento que tenga de estas plantas (de la Fuente *et al.*, 1999; Suárez *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2019). Por lo tanto, la comunidad de especies espontáneas representan un indicador útil del nivel de intensificación de los agroecosistemas, de la sostenibilidad general del sistema de cultivo y del éxito de diversificar los sistemas a múltiples escalas.

Efecto de las diferentes formas de manejo sobre la diversidad de especies espontáneas: el caso del Cinturón Hortícola de La Plata

La intensificación de la agricultura refiere al incremento en el tiempo de utilización de una misma porción de tierra, asociado a un alto uso de insumos y a la especialización en el proceso productivo, con la consecuente simplificación de los agroecosistemas (Matson *et al.*, 1997; de la Fuente & Suárez, 2008). En este sentido, la intensidad de manejo representa un conjunto de prácticas que expresan el grado de simplificación o “artificialización” del agroecosistema (Stupino, 2019).

Los distintos agroecosistemas no son manejados de la misma manera. Puede decirse entonces que existen diferentes estilos de agricultura, entendidos como “diferentes formas de hacer y pensar” (Van der Ploeg, 1993). Estos estilos, reúnen diferentes modalidades de manejo que pueden tener diferente impacto sobre la diversidad de plantas espontáneas. Los estilos de agricultura intensivos se ha relacionado con la disminución e incluso la extinción de especies de plantas que dependen de los agroecosistemas debido al mayor uso de fertilizantes y herbicidas, rotaciones

más simples y pérdida de los borduras de las fincas y de áreas seminaturales en el paisaje (Storkey & Neve, 2018). Esta pérdida de biodiversidad dentro de las fincas es una preocupación, que refleja una erosión de los servicios del ecosistema en los que se basa la producción sostenible.

En contraposición, los sistemas de base agroecológica, como ciertos orgánicos, se asocian con el mantenimiento de una mayor diversidad de especies (Gabriel *et al.*, 2010; Travlos *et al.*, 2018). Sin embargo, no están claros los factores que explican esas diferencias. En algunas regiones se atribuye una mayor diversidad de especies en los sistemas orgánicos debido al uso reducido de insumos y una mayor tolerancia a la presencia de vegetación espontánea (Hole *et al.* 2005). Algunos autores plantean que los beneficios de la forma de producción orgánica estarían dados por una mayor cantidad de hábitats cultivados y no cultivados (parches) respecto de los convencionales (Benton *et al.*, 2003).

Para garantizar la conservación de la diversidad de especies espontáneas se requiere conocer cómo los diferentes estilos de agricultura impactan sobre la misma. Esto permite diseñar sistemas y promover prácticas tendientes a incrementar la diversidad para potenciar los servicios ecológicos asociados a la misma.

En el país, y en otras regiones del mundo, los estudios sobre las especies acompañantes de los cultivos, se han hecho principalmente en sistemas extensivos (por ejemplo, cultivos de trigo, soja y maíz), que presentan baja diversidad cultivada y de estructura y manejo similar (Suárez *et al.*, 2001; Puricelli *et al.* 2012; Poggio *et al.*, 2013; Scursioni *et al.*, 2014). Sin embargo, existen pocos antecedentes en sistemas hortícolas (Shepherd *et al.*, 2003; Stupino *et al.*, 2007; 2008; Fernández & Marasas, 2015). La horticultura difiere del resto de las producciones extensivas en que se desarrolla en pequeñas áreas, es más diversificada y se localiza generalmente en un ámbito periurbano (Barsky, 2014).

El Cinturón Hortícola de La Plata resulta un ejemplo en el que se puede observar diferencias en la diversidad de especies espontáneas bajo diferentes formas de manejo y, evidenciar el efecto de las prácticas sobre dicha diversidad. El Cinturón Hortícola se encuentra inmerso en el periurbano de la ciudad de La Plata, donde se producen hortalizas y verduras de estación en fincas de dimensiones pequeñas a medianas y bajo diferentes formas de manejo (7 ha en promedio). Se producen alrededor de 30 especies cultivadas, en parcelas que no superan la hectárea (CHFBA, 2005; Benencia & Souza Casadhino, 2009).

En una investigación realizada en la zona (Stupino, 2019) se buscó: (1) conocer la diversidad presente en el Cinturón Hortícola y la percepción que tienen los agricultores acerca de la vegetación espontánea; (2) caracterizar las formas de manejo existentes; (3) conocer la diversidad de plantas espontáneas presente a escalas, α (parcela de cultivo), β (entre cultivos diferentes), y γ (superficie cultivada de la finca) y detectar las variables de manejo que explican dicha diversidad en cada escala.

Unas de las hipótesis de esta investigación eran a) que la heterogeneidad dada por la complejidad de cultivos y manejos en un ámbito periurbano, se manifiesta en una significativa diversidad de especies, géneros y familias de espontáneas, y otras características asociadas y, b)

que, independientemente del grado de conocimiento que tenga el agricultor acerca de las especies acompañantes predomina su percepción como malezas, reflejado en una alta valoración de aspectos negativos.

Se encontró una importante riqueza florística: 152 especies, 120 géneros y 40 familias de plantas espontáneas, siendo las Asteraceae, Poaceae y Solanaceae las más importantes. El 89 % de las especies presentó al menos un valor utilitario, siendo el uso medicinal y el comestible los más destacados (Stupino *et al.*, 2011; 2018).

La caracterización de la flora, permite conocer la riqueza taxonómica de la zona y sus características asociadas. Esto podría establecer el rol funcional de las plantas espontáneas vinculado a otros componentes de la cadena trófica (Capítulo 8). El análisis de la valoración de la vegetación espontánea según la apreciación de los agricultores puede ser indicadora de la posibilidad de permanencia de dichas especies en los agroecosistemas. Los resultados confirman que en el área de estudio, prevalece el concepto tradicional de maleza, que se ve reflejado en una dominante valoración de las especies espontáneas como algo perjudicial o negativo por parte de los agricultores. En esta valoración negativa predominó el criterio económico de eliminarlas por afectar el rendimiento de los cultivos. Además, se identificó la preocupación por la interferencia en las labores y el criterio estético de mantener el campo “limpio” porque queda más prolijo. No obstante, esta percepción presentó diferencias entre los agricultores en cuanto al grado de preocupación o molestia generada por dicha vegetación. El reconocimiento de los beneficios, servicios ecológicos y valores de uso de la vegetación espontánea no se trasladó en prácticas concretas para potenciarlos o hubo poco conocimiento de los mismos. Esto sugiere que el predominio de la percepción negativa de la vegetación espontánea podría poner en riesgo la biodiversidad especialmente cuando los insumos se vuelven menos costosos y de más fácil acceso.

En la zona y en la mayoría de los estudios comparativos de la diversidad se clasifican las fincas en dos estilos contrastantes convencionales y orgánicos, diferenciados sólo por el uso o no de productos químicos. Sin embargo, no se consideran otras variables de manejo que podrían definir mejor las categorías (Bengtsson *et al.*, 2005). Se creía que, debido a las diferentes lógicas de producción y de prácticas empleadas por los agricultores que son dependientes de múltiples factores, las fincas integrarían un gradiente de intensidad de manejo. Además del uso de productos químicos, otras variables podrían resultar relevantes para caracterizar el manejo de la zona.

Como resultado de la caracterización del manejo de las fincas, se reconoció un gradiente de intensidad de manejo. Las formas de manejo reconocidas fueron: convencional intensivo, convencional de bajos insumos y orgánico (Figura 4.2).



Figura 4.2. Fincas de producción hortícola en el Cinturón Hortícola de La Plata, al aire libre (izquierda) y bajo cubierta (derecha), bajo diferente manejo: (a) convencional intensivo, (b) convencional de bajos insumos y (c) orgánico. Fotografías de la autora (Stupino, 2019).

Las fincas bajo manejo convencional intensivo representaron la condición de mayor intensificación y especialización del gradiente (Figura 4.3). Esto se debe al cultivo de pocas especies repetidas en el tiempo con incorporación de grandes cantidades de insumos químicos, principalmente herbicidas y fertilizantes. Por el contrario, las fincas orgánicas, menos intensivas, se caracterizaron por la ausencia de productos de síntesis química. Ambos manejos se diferenciaron, además, en el nivel de espontáneas tolerado por el agricultor, siendo más alto en los orgánicos, lo que implica una menor intervención con fines de control. Las fincas de bajos insumos presentaron características intermedias a los otros tipos de manejo. Los factores como el acceso a los insumos, y al mercado influenciaron las decisiones del agricultor.



Figura 4.3. Principales variables de manejo que describen los estilos de agricultura del Cinturón Hortícola a lo largo de un gradiente de intensidad en el uso de los insumos y recursos. Fuente: Stupino (2019). Modificado.

La tendencia actual es hacia la simplificación de los agroecosistemas y la especialización relativa en pocos cultivos e intensivos en insumos, tal como se observó en los sistemas convencionales intensivos. Sin embargo, en el Cinturón Hortícola Platense se mantienen sistemas menos intensivos como los orgánicos y los de bajos insumos, más diversificados, que se diferencian del modelo predominante. Estos resultados confirman que existen diferentes variables que diferencian a los manejos orgánicos y convencionales además del uso o no de herbicidas y fertilizantes sintéticos. Aquellas variables tienen que ver con la riqueza de especies cultivadas y su manejo (empleos de rotaciones, incorporación de períodos de descanso), la percepción del agricultor acerca de la vegetación espontánea y la forma de comercialización.

Teniendo en cuenta que el manejo hortícola convencional se caracteriza, principalmente, por el uso de herbicidas y la baja tolerancia a la presencia de espontáneas, un menor número de especies podrá establecerse en los cultivos convencionales (escala de diversidad α). Por el contrario, en sistemas menos disturbados se pueden desarrollar comunidades de plantas espontáneas más diversas. Por lo tanto, se pensaba que la diversidad en las parcelas de tres cultivos convencionales (maíz, lechuga y tomate) sería menor y con una distribución de especies en las parcelas más homogénea respecto de las orgánicas. Las variables que mejor

explicarían esta relación son el uso de herbicidas y el nivel de cobertura de plantas espontáneas tolerado por el agricultor. Por otro lado, se creía que la heterogeneidad de hábitats en las fincas favorece el aumento de la diversidad β y γ (Tscharntke *et al.*, 2005), y que esta mayor diversidad se encontraría en las fincas orgánicas. La mayor variedad de cultivos genera una mayor diversidad estructural y de hábitats, que puede promover el recambio de especies entre cultivos (β) generando una mayor diversidad de espontáneas a nivel de finca (γ) (Palmer & Maurer, 1997; Gabriel *et al.*, 2006).

Los cultivos orgánicos (escala α), presentaron una composición florística y funcional más rica, donde se destacó la presencia de especies exclusivas, especies nativas y de ciclo de vida largo. Además existió una tendencia a una mayor riqueza, equitabilidad y diversidad (Stupino, 2019). Estos resultados se corresponden con las características de sistemas productivos menos intensivos, de bajo disturbio, que posibilitan la heterogeneidad intraparcera incrementando la variabilidad de especies. Se comprobó que la vegetación espontánea disminuye con el uso intensivo de fertilizantes químicos nitrogenados, herbicidas y la mayor intolerancia del agricultor a las plantas no cultivadas (Stupino *et al.*, 2015). Los fertilizantes disminuyen la diversidad al favorecer la dominancia de unas pocas especies tolerantes (Tang *et al.*, 2013). Si bien, la fertilización puede resultar una práctica adecuada, su uso es excesivo en la horticultura periurbana (Alconada *et al.*, 2011). Por lo tanto, debería preverse la utilización en dosis adecuadas de este insumo para no generar el crecimiento de plantas consideradas “problemáticas” por su dominancia e incremento en biomasa. Podrían realizarse prácticas culturales que mejoren la eficiencia en la retención de nutrientes en el suelo. Además, la presencia de especies espontáneas depende del uso de herbicidas. Sánchez Vallduví & Sarandón (2014) proponen reemplazar la idea de “control” por la de “manejo agroecológico” de la vegetación espontánea dentro de niveles tolerables con la idea de disminuir las interacciones negativas entre las poblaciones de vegetación espontánea y cultivada, pero a la vez, optimizando sus roles positivos en el agroecosistema. Para lograr esto, pueden implementarse distintas estrategias como, rotaciones, cultivos de cobertura, labranzas y manejo de la fecha de siembra.

Otro de los resultados obtenidos fue que la diversidad β y γ tendieron a aumentar con la heterogeneidad de hábitats, lo que se explica por una mayor diversidad de cultivos y parcelas que incrementan la diversidad y recambio de especies espontáneas entre las parcelas cultivadas orgánicas. Una combinación de especies cultivadas puede promover, respecto de un monocultivo, mayor presencia de especies asociadas al incluir especies de cultivo que por sus características, generen condiciones favorables para el establecimiento de espontáneas (Palmer & Maurer, 1997). Además, las características taxonómicas y funcionales de los cultivos resultan importantes para generar heterogeneidad microambiental. Indirectamente, las prácticas de manejo que difieren entre las distintas especies de cultivo contribuyen a incrementar la heterogeneidad.

Los resultados generales de la investigación destacan el efecto del manejo sobre la diversidad a diferentes escalas espaciales. Se advierte tanto la importancia de la heterogeneidad de hábitats, como el uso reducido de insumos (herbicidas y fertilizantes) y una valoración positiva de las plantas espontáneas como factores que determinan una mayor diversidad. Aquellos manejos

menos intensivos, con un alto número de parcelas cultivadas y no cultivadas promueven una mayor diversidad vegetal.

La presencia de especies espontáneas en los agroecosistemas podría optimizarse a través de conversiones hacia sistemas agroecológicos, diversificados en su diseño. Para este proceso se requiere, aumentar la diversidad cultivada, utilizar prácticas alternativas a las químicas para manejar la vegetación espontánea y hacer un uso eficiente de los fertilizantes.

Conclusiones

Las especies espontáneas son un componente clave de la biodiversidad de los agroecosistemas. Reconocer su importancia implica superar el concepto tradicional de malezas y comprender los procesos y factores que explican su presencia en distintas escalas.

La tendencia a la homogeneización de los hábitats a través del uso de insumos químicos y la producción de unos pocos cultivos, puede tener un importante impacto sobre la diversidad de plantas espontáneas acompañantes de los cultivos. Se requiere promover sistemas agroecológicos basados en un uso reducido de insumos químicos y con un diseño que incremente la heterogeneidad de hábitats, tal como una alta diversidad de cultivos y parcelas. Los conocimientos derivados de este capítulo y en el contexto de una producción hortícola, representan insumos para la gestión y diseño de agroecosistemas sustentables, tendientes a promover la diversidad de especies espontáneas.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la importancia de la vegetación espontánea como componente de la biodiversidad de los agroecosistemas?*
2. *¿Cuál es el origen del concepto de malezas y qué relación guarda con la percepción negativa del mismo?*
3. *¿Qué condiciones deben darse para que exista competencia entre el cultivo y las especies espontáneas? ¿A través de qué estrategias las plantas pueden disminuir el efecto de competencia?*
4. *¿Qué características de la vegetación espontánea se asocian a una etapa temprana de la sucesión ecológica?*
5. *¿Qué factores ecológicos y antrópicos explican la presencia de plantas espontáneas en los agroecosistemas y su entorno?*
6. *¿A qué se debe la resistencia de las especies espontáneas?*
7. *¿Qué efecto puede tener los diferentes estilos de agricultura sobre las especies espontáneas?*

8. ¿Qué características del modelo de intensificación de la agricultura afectan la diversidad de especies?
9. ¿Qué variables de manejo pueden resultar importantes para incrementar la diversidad de especies espontáneas en los agroecosistemas?. Analice el ejemplo del Cinturón Hortícola de La Plata.

Referencias

- Albrecht H (2003) Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 201-211.
- Alconada M, M Cuellas, P Poncetta, S Barragán, E Inda & A Mitidieri (2011) Fertirrigación en cultivo de tomate protegido: Nutrición nitrogenada. Efectos en el suelo y en la producción. *Horticultura Argentina* 30(72): 5-13.
- Andersson TN & P Milberg (1998) Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. *Weed Science* 46: 30–38.
- Barsky A (2014) *Gestionando la diversidad del territorio periurbano desde la complejidad de las instituciones estatales. Implementación de políticas públicas para el sostenimiento de la agricultura en los bordes de la Región Metropolitana de Buenos Aires (2000-2013)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España. 340 pp.
- Benencia R & J Souza Casadinho (2009) Introducción. En: Benencia R, Quaranta Q & Souza Casadinho J (Coord.). *Cinturón Hortícola de la Ciudad de Buenos Aires. Cambios sociales y productivos* (1: 11-35). Ediciones Ciccus, Buenos Aires.
- Bengtsson J, J Ahnstrom & AC Weibull (2005) The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261–269.
- Benton TG, JA Vickery & JD Wilson (2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in ecology and evolution* 18(4): 182–188.
- Brussaard L, P Caron, B Campbell, L Lipper, S Mainka, R Rabbinge, D Babin & M Pullman (2010) Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2: 34-42.
- CASAFE (2012) *Guía de Productos Fitosanitarios para la Argentina*. Cámara de sanidad agropecuaria y fertilizantes de la República Argentina, Buenos Aires.
- Chase JM (2003) Community assembly: when should history matter? *Oecología* 136: 489-498.
- de la Fuente EB & SA Suárez (2008) Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18: 239-252.
- de la Fuente EB, SA Suarez, CM Ghersa & RJC León (1999) Soybean weed communities: relationships with cultural history and crop yield. *Agronomy Journal* 91: 234-241.
- Diamond JM (1975) Assembly of species communities. En: Diamond JM & Cody ML (Eds.), *Ecology and evolution of communities* (342-444). Harvard University Press, Cambridge, USA.

- di Castri F & T Younes (1996) *Biodiversity, science and development: towards a new partnership*. Wallingford, CAB International. 646pp.
- FAO (2013) Statistical yearbook 2013. World Food and Agriculture, FAO. Roma. 289 pp. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>. Último acceso: diciembre de 2017.
- Fernández V & M Marasas (2015) Análisis comparativo de la riqueza de especies y familias botánicas en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Revista de la Facultad de Agronomía* 114(1): 15-29.
- Fischer J, DJ Abson, V Butsic, MJ Chappell, J Ekroos, J Hanspach & H Wehrden (2014) Land sparing versus land sharing: moving forward. *Conservation Letters* 7(3): 149-157.
- Gaba S, X Reboud & G Fried (2016) Agroecology and conservation of weed diversity in agricultural lands. *Botany Letters* 163(4): 351–354.
- Gabriel D, I Roschewitz, T Tschardt & C Thies (2006) Beta diversity at different spatial scales: plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Application* 16(5): 2011-2021.
- Gabriel D, SM Sait, JA Hodgson, U Schmutz, WE Kunin & TG Benton (2010) Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13(7): 858-869.
- Garbach K, JC Milder, M Montenegro, DS Karp & FAJ DeClerck (2014) Biodiversity and Ecosystem Services in Agroecosystems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* 2: 21-40.
- Ghersa CM & RJC León (1999) Successional changes in agroecosystems of the Rolling Pampa. En: Walker LR (Ed.) *Ecosystems of the World 16: Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier 20: 487-502.
- Ghersa CM & MA Martinez-Ghersa (2000) Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Research* 67: 141-148.
- Gliessman S (2001) *Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentável*. Segunda Edición. Editora da Universidade Rio Grande do Sul, Brasil. 652 pp.
- Harlan JR (1976) Las plantas y los animales que alimentan al hombre. En: *Investigación y Ciencia*, (nº2: 65-74). Edición en español de Scientific American.
- Herrera LP, MC Sabatino, FR Jaimes & SL Poggio (2017) Una propuesta para valorar el estado de conservación de los bordes de caminos rurales en el sudeste bonaerense. *Ecología Austral* 27: 404-414.
- Hole DG, AJ Perkins, JD Wilson, IH Alexander, PV Grice & AD Evans (2005) Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113-130.
- Huston MA (1994) *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscape*. Cambridge University Press, Cambridge. 681 pp.

- Hyvönen T, E Ketoja, J Salonen, H Jalli & J Tiainen (2003) Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 131-149.
- Jackson LE, U Pascual & T Hodgkin (2007) Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 196–210.
- MacArthur RH (1965) Patterns of species diversity. *Biological Review* 40: 510-533.
- Magurran AE (1988) Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- Marshall EJP, VK Brown, ND Boatman & PJW Lutman (2003) The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43: 77-89.
- Martinez-Ghersa A (2011) Consecuencias ambientales del uso pesticidas. *Ciencia Hoy* 122 (21): 30-33.
- Martinez-Ghersa MA, CM Ghersa & EH Satorre (2000) Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field Crop Research* 67: 181-190.
- Marzocca A (1976) *Manual de malezas*. 4ta edición actualizada por OJ Mársico y O Del Puerto. Hemisferio Sur SA, Buenos Aires. 564 pp.
- Matson PA, WJ Parton, AG Power & MJ Swift (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- Novelli D & MC Cámpora (2015) Malezas, la expresión de un sistema. *Revista de investigaciones agropecuarias* 41(3): 241-247.
- Odum EP (1972) *Ecología: El vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales*- Tercera Edición. Editorial Interamericana, México. 639 pp.
- Paleologos MF & SJ Sarandón (2014) Principios de ecología de poblaciones En: Sarandón SJ & CC Flores (Editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (9: 235-258). Colección de libros Cátedra. Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Palmer MW & T Maurer (1997) Does diversity beget diversity?. A case study of crops and weed: *Journal of Vegetation Science* 8: 235-240.
- Pereyra LC & CE Moreno (2013) Divide y vencerás: revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en sus componentes Alfa y Beta. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 231-239.
- Petit S, A Alignier, N Colbach, A Joannon, D Coeur & C Thenail (2013) Weed dispersal by farming at various spatial scales. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(1): 205-217.
- Pochettino L (2005) Congreso Argentino de Inmigración. Verduras en Europa, yuyos en América. Prácticas y conocimientos sobre malezas comestibles. *Actas Congreso Argentino de inmigración, IV Congreso de Historia de los pueblos de la provincia de Santa Fe*. 24 pp.
- Poggio S (2007) *Relaciones entre la diversidad de especies vegetales y la heterogeneidad espacial del paisaje agrícola pampeano*. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 125 pp.

- Poggio S (2012) Cambios florísticos en comunidades de malezas: un marco conceptual basado en reglas de ensamblaje. *Ecología Austral* 22: 150-158.
- Poggio SL, EJ Chaneton & CM Ghera (2013) The arable plant diversity of intensively managed farmland: Effects of field position and crop type at local and landscape scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166: 55-64.
- Puricelli E, D Faccini, L Nisenshon & D Tuesca (2012) Weed cover, frequency and diversity in field plots and edges in the soybean central region of Argentina. *Agricultural Science* 3(5): 631-639.
- Radosevich SR, J Holt & CM Ghera (2007) Ecology of weeds and invasive plants. Relationship to agriculture and natural resources management. 3ra edition. John Wiley & Sons: Nueva York. 454 pp.
- Rodríguez Lagreca J (2006) Las malezas y el agroecosistema. Unidad de Malezas, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. 30 pp.
- Rodríguez S, BC Kruk, EH Satorre (2019) Percepción de los agricultores de la Región Pampeana sobre las adversidades bióticas de los cultivos de grano. *Revista de la facultad de Agronomía UBA* 39(1): 16-25.
- Rodríguez P & E Vázquez-Domínguez (2003) Escalas y diversidad de especies. En: Morrone JJ & Llorente J (Eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía (109-114). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Rosenzweig ML (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge: Cambridge University Press. 436 pp.
- Sánchez Vallduví G & SJ Sarandón (2014) Principios de manejo ecológico de malezas. En: Sarandón SJ & CC Flores (Eds.). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. (11: 286-313). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>.
- Sarr DA, DE Hibbs & MA Huston (2005) A Hierarchical Perspective of Plant Diversity. *The Quarterly Review of Biology* 80(2): 187-212.
- SCDB (2008) Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. La biodiversidad y la agricultura. Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo, Montreal. 56 pp. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/bioday/2008/ibd-2008-booklet-es.pdf>. Último acceso octubre de 2019.
- Scursoni J, R Gigón, AN Martín, M Vigna, ES Leguizamón, C Istilart, & R López (2014) Changes in Weed Communities of Spring Wheat Crops of Buenos Aires Province of Argentina. *Weed Science* 62(1): 51-62.
- Smith TM & RL Smith (2007) *Ecología*. Sexta Edición. Pearson Educación S.A, Madrid. 776 pp.
- Shepherd M, B Pearce, B Cormack, L Phillipps, S Cuttle, B Ahogal, P Costigan & R Unwin (2003) An assessment of the environmental impacts of organic farming. Una revisión para Defra-funded project OF0405. ADAS Consultora Ltd. Mansfield. 80 pp. Recuperado de: http://orgprints.org/6784/2/OF0405_909_TRP.pdf.

- Storkey J & P Neve (2018) What good is weed diversity? *Weed Research* 58: 239–243.
- Stupino SA (2019) *Diversidad vegetal espontánea en agroecosistemas hortícolas de La Plata y su relación con estilos de agricultura: importancia para la sustentabilidad*. Tesis de Doctorado en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77314>. 204 pp.
- Stupino SA, AC Ferreira, JL Frangi & SJ Sarandón (2007) Agrobiodiversidad vegetal en sistemas hortícolas orgánicos y convencionales (La Plata, Buenos Aires, Argentina). Edición especial: Resúmenes del II Congreso Brasileiro de Agroecología. *Revista Brasileira de Agroecología* 2 (1): 339-342.
- Stupino SA, JL Frangi, SJ Sarandón, MF Arturi & AC Ferreira (2008) Plant diversity in two farms under organic and conventional management in La Plata, Argentina. A case study. *Revista Brasileira de Agroecología* 3(3): 24-35.
- Stupino SA, SJ Sarandón & JL Frangi (2011). El rol de la vegetación espontánea en sistemas hortícolas de La Plata, Argentina desde la percepción de los agricultores. Edición especial: Resúmenes del VII Congresso Brasileiro de Agroecología, Fortaleza, Brasil. *Cuadernos de Agroecología* 6(2):1-6.
- Stupino SA, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas. En: Sarandón J & Flores C (Eds.). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (132-158). Colección de libros de cátedra, Secretaría de Asuntos Académicos-EduLP, UNLP.
- Stupino SA, JL Frangi & SJ Sarandón (2015). *Efecto del manejo sobre la diversidad de plantas espontáneas en cultivos del Cinturón Hortícola de la ciudad de La Plata, Argentina*. V Congreso Latinoamericano de Agroecología (SOCLA), del 7 al 9 de Octubre de 2015 en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 6 pp.
- Stupino SA, SJ Sarandón & JL Frangi (2018). La flora espontánea en sistemas hortícolas del periurbano de la ciudad de La Plata (Buenos Aires, Argentina). Un importante reservorio de biodiversidad. Resúmenes del X Congreso Brasileiro de Agroecología Brasilia. *Cadernos de Agroecología*. 6 pp.
- Suárez SA, EB de la Fuente, CM Ghera & RJC León (2001) Weed community as an indicator of summer crop yield and site quality. *Agronomy Journal* 93: 524-530.
- Swift MJ, MN Izac & M van Noordwijk (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113–134.
- Tang L, K Wan, C Chuanpeng & F Chen (2013) Effect of fertilization patterns on the assemblage of weed communities in an upland winter wheat field. *Journal of Plant Ecology* 7(1): 39-50.
- Tilman D (1982) *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press, Estados Unidos. 226 pp.
- Travlos IS, N Cheimona, I Roussis & DJ Bilalis (2018) Tillage and fertilization effect on weeds. *Frontiers in Environmental Science* 11(6): 1-10.

- Tscharntke T, AM Kleijn, A Kruess, I Steffan-Dewenter & C Thies (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- Van der Ploeg JD (1993) Rural sociology and the new agrarian question. *Sociologia Ruralis* 33(2): 240-260.
- Weibull AC & O Ostman (2003) Species composition in agroecosystems: the effect of landscape habitat. *Basic and Applied Ecology* 4: 349-361.
- Whittaker RJ, KJ Willis & R Field (2001) Scale and species richness: Towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.
- Yannicari M & CM Stilart (2017) Las malezas se defienden. Informe del INTA. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/portada-documentos/articulos-e-informes>. Último acceso: octubre de 2019.

CAPÍTULO 5

Las semillas: base biológica y cultural de la diversidad cultivada

*María Margarita Bonicatto, María Paula May
y Lía Nora Tamagno*

Las semillas, al tiempo que preservan vida, también preservan saberes. Por lo tanto, no son solo fuente de futuras plantas, alimentos, fibras y medicinas, sino que son el lugar en el que se almacenan la cultura y la historia

POCHETTINO *et al.*, 2011. I Feria Nacional de Semillas Nativas y Criollas Sembrando Esperanza 4° Feria Provincial

Introducción

La agrobiodiversidad y el conocimiento local implicado en su manejo son fundamentales para que los agroecosistemas sean resilientes y sustentables, ya que, a través del vínculo entre agricultoras, agricultores y agrobiodiversidad se sostienen las formas locales de producción y de vida, la provisión de bienes necesarios y las funciones ecológicas básicas para fortalecer los servicios ecosistémicos (Altieri, 1995; Altieri & Toledo, 2011; Nicholls *et al.*, 2016; Toledo & Barrera-Bassols, 2008). En palabras de Altieri *et al.*, (2015) el nivel de agrobiodiversidad establece la diferencia entre un sistema productivo estresado y uno resiliente, que pueda confrontar una perturbación biótica o abiótica. A su vez, es sabido que la base biológica de un agroecosistema está dada por la vegetación, tanto cultivada como espontánea, que será el sustento de las redes tróficas que lo conforman. Por lo tanto, la presencia de un componente vegetal cultivado que sea diverso y heterogéneo dependerá, en gran medida, del flujo de entrada y salida de semillas, ya sea a través de la compra o intercambio de éstas, como de aquellas semillas que son conservadas en las fincas.

A lo largo de la historia, las agricultoras y los agricultores han aplicado sus conocimientos para el mantenimiento y uso de la biodiversidad. Cada semilla que ha sido cultivada y conservada implicó aciertos y errores ligados al proceso de mejoramiento y experimentación. El producto

final de este proceso ha sido, tras 10.000 años de diversificación agrícola, miles de diseños genéticos originales, que, a su vez, son la consecuencia de creaciones de innumerables culturas locales a lo largo del espacio y tiempo (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Por lo tanto, en este capítulo, las semillas son entendidas no sólo como la base biológica del componente vegetal de un agroecosistema, sino como símbolo de la historia y tradiciones de quienes las cultivan y conservan, así como de quienes consumen sus productos.

Desde hace unos años, estos procesos locales de generación y mantenimiento de agrobiodiversidad conviven con y resisten ante concepciones mercantiles de la vida. Esta concepción va de la mano del modelo agrícola de la Revolución Verde, el cual introdujo y generalizó la idea de modificar el ambiente mediante la utilización de paquetes tecnológicos basados en semillas industriales de alto potencial de rendimiento en lugar de conservar la alta variabilidad genética que se adecuaba a la diversidad de ambientes y costumbres (Sarandón & Flores, 2014). Este modelo se basa en diseños simplificados de los agroecosistemas donde se reemplaza la diversidad vegetal tanto natural como cultivada, por unos pocos cultivos organizados en monocultivos. Esta propuesta implica diferentes impactos negativos, según Altieri *et al.*, (2015); Isbell *et al.*, (2015); Nicholls (2013); Pérez & Marasas (2013), la simplificación del ambiente genera un deterioro y debilitamiento de las funciones de los agroecosistemas y, por ende, una menor resiliencia. A su vez, el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), establece que éste impactará severamente sobre la producción de alimentos. Otra preocupación es la erosión genética y cultural que deviene del modelo de la Revolución Verde y su vínculo con los procesos de desnutrición y malnutrición de las poblaciones (Chappell & La Valle, 2011; Salcedo *et al.*, 2014). Ante un escenario tan complejo, el análisis de las semillas se establece como un eje clave para avanzar en estrategias que promuevan la autonomía de las producciones y que den identidad a los territorios y las costumbres de sus pueblos.

Por lo antes expuesto, se interpreta que las semillas como componente de un sistema productivo, poseen una representación multidimensional, ya que en éstas confluyen aspectos ecológicos, económicos y socioculturales, y es en dicha característica que radica la complejidad y el desafío de su estudio. En este contexto complejo, el objetivo de este capítulo consiste en aportar elementos para la reflexión en torno a: la importancia de las semillas como componente de la agrobiodiversidad, las estrategias in situ y ex situ para su conservación y el rol de las semillas en una agricultura resiliente, autónoma y sustentable.

Desafíos para la conservación de semillas

A lo largo del mundo existen numerosas experiencias de agricultoras y agricultores que manejan la agrobiodiversidad de manera tal que optimizan los servicios que provee la misma, y que basan sus producciones en saberes y recursos locales (Altieri, 1999; Carpenter, 2015; Gargoloff *et al.*, 2007; Nicholls *et al.*, 2016). Las estrategias de diversificación que son utilizadas por las agricultoras y los agricultores implican las múltiples dimensiones de la biodiversidad (Stupino *et*

al., 2014), donde se incluyen estrategias de diseño y manejo como: rotaciones, policultivos, abonos verdes, cultivos de cobertura, sistemas agroforestales, bordes, cercas y manejo de la vegetación espontánea. El incremento de la agrobiodiversidad basado en estrategias múltiples ha demostrado muchas ventajas en cuanto al funcionamiento de los agroecosistemas, entre ellas asegurar una mejor polinización, una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas, mejorar el reciclaje de nutrientes, la captación de energía e, inclusive, lograr una mayor productividad total (Altieri & Nicholls, 2000; Del Valle Isla, 2014; Marasas *et al.*, 2014; Sarandón & Flores, 2014). Por lo tanto, no hay dudas de que para el desarrollo de estrategias que promuevan la agrobiodiversidad, las agricultoras y los agricultores necesitan disponer de un abanico amplio de semillas que les permitan experimentar y poner en práctica sus ideas. Según Del Valle Isla (2014), la existencia de un contexto socioambiental diverso y heterogéneo en sus elementos y funciones, es la base para que individuos y sociedades desarrollen diferentes opciones de manejo de los recursos locales.

Sin embargo, el escenario en el cual persiste la autoproducción de semillas es muy complejo e implica otros factores territoriales. Según Bonicatto (2018), la conservación de semillas en las fincas es un proceso continuo y cíclico que habilita la conservación a lo largo de los años, y se incorpora en la planificación productiva como un conjunto de prácticas y saberes que traspasan el momento de cosecha y limpieza de las semillas. A su vez, la conservación en finca de semillas locales dialoga con otros factores que determinan el avance o retroceso de esta práctica ancestral. Según Chacón & García (2016) la presencia de semillas en los territorios está en estrecha relación con otros factores como la disponibilidad y calidad de éstas; el acceso de las agricultoras y los agricultores a la tierra, el agua, los abonos y capacidad de trabajo; y a la definición de políticas públicas que promuevan la soberanía alimentaria en el marco de una autonomía en la producción de semillas nativas y criollas. Es sencillo percibir que los factores mencionados no se corresponden con las características de las formas intensivas de producción, que están avanzando. Por su parte, la baja diversificación de los agroecosistemas, el mercado exigente en rendimiento y estética de los productos, presionan para la utilización de semillas comerciales de alto potencial de rendimiento, en lugar de conservar una alta variabilidad genética que se adecue a la diversidad de ambientes y costumbres (Sarandón & Flores, 2014). Por lo expuesto, las estrategias dirigidas a fortalecer la conservación de la agrobiodiversidad se encuentran ante un gran desafío ¿cuál es la estrategia adecuada para aumentar la autonomía y sustentabilidad en un contexto que tiende a la homogeneización, desestacionalización y deslocalización?

Conservación in situ y ex situ

La preocupación por la pérdida de agrobiodiversidad ha motivado programas mundiales de conservación *ex situ*, así como iniciativas institucionales y ciudadanas para la conservación *in situ* (Casas *et al.*, 2016). Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la conservación *ex*

situ se define como “la conservación de muestras genéticamente representativas de las especies o cultivos, que se mantienen viables a través del tiempo, fuera de sus hábitats naturales o lugares de cultivo, en ambientes controlados y con el apoyo de tecnologías adecuadas” (UNEP, 1994). La conservación ex situ implica recolectar muestras de las poblaciones de interés, conformando colecciones de recursos fitogenéticos, que se conservan en lugares diferentes de aquellos donde han sido recogidas. En cierta forma, se “congela la diversidad genética”, ya que se resguarda el material colectado en sitios distantes del ambiente natural original de los mismos. El material puede conservarse en forma de plantas enteras -jardines botánicos- o parte de ellas en: bancos de genes, semillas, tubérculos o propágulos -bancos de germoplasma- (Franco, 2008; RAS, 2010). En el primer caso, se mantienen colecciones de plantas en el campo que, dependiendo de su ciclo, se van regenerando periódicamente. Esta modalidad demanda amplia superficie y altos costos de mantenimiento. Por otro lado, los bancos de semillas constituyen la forma más difundida de conservación dentro del segundo grupo; consisten en una instalación abocada al mantenimiento de semillas de distintas especies, en condiciones controladas de temperatura y humedad. El trabajo en los bancos de germoplasma incluye las tareas de: adquisición del material, conservación, multiplicación, caracterización/evaluación, documentación e intercambio. Cada vez que ingresa al banco una nueva muestra, se utiliza el término “entrada” o “accesión”. Una de las ventajas de este tipo de estrategia, es el control de grandes cantidades de material en un espacio reducido, bajo condiciones muy tecnificadas de conservación. Al concentrarse el material genético y la información asociada al mismo, se facilita el suministro de material a quienes lo demanden para su estudio. Sin embargo, este tipo de conservación es estática, presentando el inconveniente intrínseco de no permitir la continuidad de los procesos evolutivos y sus variaciones en los ambientes naturales donde se cultivan o se desarrollan las plantas.

Por otro lado, la conservación in situ, también llamada “en finca”, se basa en la conservación de la diversidad biológica en su ambiente. Persigue el mantenimiento y la conservación de la diversidad de organismos vivos, sus hábitats y sus interrelaciones. Puede definirse como “la conservación, mantenimiento y recuperación de poblaciones viables en sistemas dinámicos y evolutivos del hábitat original o, en el caso de especies cultivadas y domesticadas, en el entorno en que hayan desarrollado sus características específicas” (UNEP, 1994). Por lo antedicho, es de carácter dinámico, ya que permite una coevolución de las especies con su hábitat, acorde a cambios ambientales y culturales. Este tipo de conservación puede darse en diferentes modalidades.

La conservación en los agroecosistemas está orientada básicamente al mantenimiento de variedades locales, criollas o acriolladas en el propio establecimiento productivo. También posibilita -intencionalmente o no- la conservación de especies silvestres y/o espontáneas asociadas a los cultivos de interés, presentes en ese ambiente. A su vez, la conservación en los huertos y jardines, realizada en áreas menores a las anteriores y destinada a la conservación de la biodiversidad vinculada principalmente a la vida doméstica, se relaciona en gran medida al mantenimiento de especies ornamentales, medicinales, hortalizas, frutales y aromáticas.

Por último, mencionamos la conservación en sitios representativos, la cual ocurre en los ambientes naturales de las especies, por ejemplo, bosques, pastizales, montes. Así se conservan árboles, especies forrajeras, medicinales, especies en peligro o emblemáticas, características de cada tipo de ambiente. Un caso especial dentro de este tipo de conservación lo constituyen las zonas declaradas como “áreas protegidas”.

Ambas estrategias (in situ y ex situ) son diferentes ante el proceso de conservación, como consecuencia, hay muchas características que las distinguen (Tabla 5.1). Mientras que la conservación en finca (in situ) promueve el mantenimiento del sistema en su conjunto, sus componentes e interacciones; la conservación ex situ se reduce a la preservación de genes aislados de los territorios y procesos de mejoramiento guiados por criterios externos a quienes cultivan y usan dicha agrobiodiversidad. Otra diferencia está en el potencial de la conservación, ya que la agrobiodiversidad que permanece en manos de las agricultoras y los agricultores preserva vida y los saberes asociados, aquellos que intervinieron en su reproducción y selección, y que, a su vez, resguardan la gran diversidad de usos y simbolismos que surgen a partir de esta.

Tabla 5.1: Estrategias de conservación de agrobiodiversidad in situ y ex situ.

Estrategias de conservación	¿Quiénes realizan la conservación?	¿Qué se conserva?	¿Dónde se realiza la conservación?	Otras características
In situ	Agricultoras y agricultores	Plantas enteras, tubérculos, semillas, frutos. Todo ello mediado por los saberes, las intenciones productivas y tradiciones, en armonía con el ambiente local.	En agroecosistemas y huertos de autoconsumo	Conservación dinámica. Los requerimientos de tierra, trabajo e infraestructura se vinculan directamente con los procesos y recursos productivos. El proceso de mejoramiento es guiado por criterios locales. Material disperso en los territorios, de circulación libre.
Ex situ	Instituciones públicas y privadas (Universidades, Institutos estatales de investigación y desarrollo en el agro, empresas privadas).	Plantas enteras, tubérculos, semillas, frutos.	Bancos de germoplasma. Parcelas experimentales.	Conservación estática. Se requiere alta inversión en infraestructura, energía y trabajo El proceso de mejoramiento es guiado por criterios externos. Material concentrado en sitios determinados y de acceso limitado.

Si bien ambas estrategias son diferentes, es importante no considerarlas contradictorias cuando el objetivo es la conservación de agrobiodiversidad. Considerando el contexto inter-

nacional, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (UNEP, 1992), establece que la exigencia fundamental para la conservación de diversidad biológica es la conservación *in situ*, siendo la conservación *ex situ* (fuera de sus lugares de origen) un complemento importante. El desafío radica en buscar aquellos puntos de encuentro que permitan complementarlas, a través de la articulación de la conservación que realizan las familias agricultoras, las organizaciones y las instituciones estatales. Según Atalan Helicke (2015), de Boef (2007a), Olsson *et al.*, (2004) y Wood & Lenné (1997), una mejor aproximación entre los sistemas de conservación *in situ*, y la conservación *ex situ*, ofrece muchas oportunidades para combinar fuerzas entre ambos, generando un aumento de la disponibilidad y el acceso a semillas para las agricultoras y los agricultores familiares. Un ejemplo de ello sería la incorporación al desarrollo y mejoramiento de semillas, de los criterios locales y las necesidades y preferencias de las agricultoras y los agricultores. Esta propuesta implica la valoración de este sector productivo y el reconocimiento del importante rol que cumple en el mantenimiento de la diversidad biocultural y la soberanía alimentaria. Según Bonicatto (2018), el fortalecimiento de formas participativas de mejoramiento, la promoción del uso de la agrobiodiversidad local, la construcción conjunta de espacios de intercambio de semillas y conocimientos, el desarrollo y ejecución de proyectos de rescate, multiplicación y difusión de variedades locales, son algunos ejemplos de acciones que aportan al mantenimiento de la diversidad biocultural de los territorios.

Semillas de libre circulación

En la historia de la dispersión de las semillas por innumerables agroecosistemas y territorios hay un aspecto que es clave: su libre circulación. Las semillas pasaron de la mano de quienes las cultivaban y conservaban a quienes deseaban incorporarlas a sus producciones. Esto fue y sigue siendo la característica fundamental de las redes de circulación de semillas. Este proceso de carácter colectivo, comunitario y solidario, que moviliza tanto el material biológico como los saberes que lo acompañan, fue y sigue siendo central para la conservación de la agrobiodiversidad.

El concepto de semillas libres remite a las ideas de independencia, soberanía y autonomía, en la disponibilidad, tanto de saberes como de semillas para sembrar. A la vez que la agrobiodiversidad es mejorada y conservada por las familias agricultoras, también se intercambia y circula en los sistemas locales de intercambio. Estos sistemas funcionan en el ámbito comunal a través de mecanismos de trueque o regalo entre vecinos, amigos y parientes, involucra cantidades limitadas de semillas y constituye una producción diversificada (Mekbib, 2000). En este sistema de conservación son las agricultoras y los agricultores quienes conservan los recursos genéticos de una manera integrada y con finalidades diferentes (de Boef, 2007b) incorporando la autoproducción de semillas a la planificación de la actividad productiva.

Según Almekinders & de Boef (2000) las fuentes más importantes de semillas en los países en desarrollo son aquellas provenientes de sistemas locales, donde se destacan la producción propia en las fincas, los intercambios con vecinos y parientes y las ferias de semillas o jornadas de intercambio organizadas a distinta escala. Estos autores estiman que el 80% de las semillas en dichos países se produce en las fincas, variando el porcentaje según el cultivo. En Argentina, experiencias como los trabajos de sistematización realizados en las Ferias de Semillas Nativas y Criollas Sembrando Esperanza realizadas en la provincia de Buenos Aires, dan cuenta de la gran agrobiodiversidad y conocimientos que circulan en estos encuentros y que constituye un patrimonio actual de dicho país (Ahumada *et al.*, 2009; Bonicatto *et al.*, 2010; Pochettino *et al.*, 2011). Durante la I feria Nacional de Semillas Nativas y Criollas realizada en Argentina en el año 2010, más de 800 organizaciones de agricultoras y agricultores familiares, campesinos y representantes de pueblos originarios de todo el país se acercaron a intercambiar sus semillas, las cuales, según los registros de Pochettino *et al.*, (2011), superaron las 1700 muestras, correspondientes a 70 familias botánicas. A su vez, el trabajo realizado por Cababié *et al.*, (2015) sobre las semillas intercambiadas por agricultoras y agricultores que participaron de este encuentro, expone la importancia que tienen estas ferias para el intercambio e incorporación de agrobiodiversidad y saberes, y su vínculo con la diversificación de los sistemas productivos. Dichos autores sostienen que el 93% de las semillas intercambiadas por un conjunto de 9 agricultoras y agricultores durante la I Feria Nacional de Semillas Nativas y Criollas fueron sembradas, y el 79% lograron ser cultivadas con éxito.

Un eslabón fundamental en los procesos de conservación local son los espacios colectivos de conservación de semillas. Según Rojas *et al.*, (2014) las casas de semillas (espacios colectivos para la conservación de saberes y semillas) y los bancos comunitarios, cumplen al mismo tiempo la función de ser espacios de multiplicación de semillas y de enseñanza-aprendizaje entre las agricultoras y los agricultores, donde se ponen en práctica de manera colectiva los aprendizajes compartidos. A su vez, estos autores señalan la necesidad de comprender mejor la complementación de funciones entre los esfuerzos individuales (agricultoras/agricultores custodias/os) con los esfuerzos colectivos (bancos comunitarios de semillas) para el mantenimiento, valorización e intercambio de la diversidad genética y del conocimiento local, y de estos con los bancos estatales de germoplasma. El libre acceso a las semillas, la posibilidad de seleccionar de acuerdo con criterios locales, la variedad de semillas disponibles en los encuentros de intercambio y los saberes que se comparten, contribuyen al aumento de la diversificación productiva de los sistemas familiares (Cababié *et al.*, 2015). De esta manera, el aumento de la agrobiodiversidad lograda a partir de la incorporación de nuevas semillas no sólo favorece los procesos ecológicos del agroecosistema, sino también, contribuye con las posibilidades de acceder a una alimentación variada tanto para las propias familias agricultoras como para las y los consumidores.

La agrobiodiversidad desde diferentes miradas

Una vez resaltadas las particularidades en torno al estudio de las semillas y la importancia de la conservación de la agrobiodiversidad, es interesante reflexionar sobre las variables que se pueden utilizar para la interpretación de esta. Al analizar un agroecosistema es importante caracterizar los distintos tipos de biodiversidad, entre ellos la cultivada; para lo cual podemos valernos de múltiples herramientas que permiten obtener índices y analizar variables, tales como la riqueza de especies, de familias botánicas, o de variedades cultivadas. Como describe Pochettino (2015) en su libro “Botánica económica. Las plantas interpretadas según tiempo, espacio y cultura”, en la taxonomía botánica se utiliza la nomenclatura linneana para todas las plantas. Ésta clasifica a los seres vivos en niveles jerárquicos. En este sistema jerárquico de clasificación biológica, cada grupo o taxón presenta asociada una categoría y un conjunto de atributos que determina la pertenencia de ciertos organismos a ese grupo (Curtis *et al.*, 2013). Esta clasificación establece una diferencia en el caso de las plantas cultivadas para designar el nivel infraespecífico. En ese caso, en vez de hablar de subespecie, se utiliza el término cultivar (variedad cultivada). Según Pochettino (2015) este término se aplica a entidades de categoría y origen muy distintos, y es ampliamente utilizado para nombrar un conjunto de plantas cultivadas diferentes de las otras, en cuanto a sus características morfológicas o en su respuesta a variables ambientales.

Las plantas cultivadas pueden ser, según la intervención en el proceso de fecundación, de polinización abierta (que se mantienen bajo un proceso de polinización libre), o híbridas. Las variedades de polinización abierta son poblaciones heterogéneas, que se diferencian en numerosos caracteres, pero tienen suficiente estabilidad en caracteres de interés que permiten su identificación. Mientras que las de condición híbrida son la primera generación de descendientes del cruzamiento entre líneas endocriadas parentales (2 a 4) con diferente genotipo (Sleper & Poehlman, 2006).

Por otro lado, las plantas según su forma de polinización pueden ser alógamas (aquellas que se reproducen por polinización cruzada, donde el gameto femenino y masculino que se unen para dar origen al nuevo individuo, son de plantas diferentes) por ejemplo la cebolla, el centeno, o el maíz (Brown & Caligari, 2008), o autóгамas (aquellas que se reproducen por autofecundación) por ejemplo, el tomate. Estos conceptos pasan a tomar relevancia en los procesos locales de autoproducción de semillas y diversificación de los agroecosistemas, ya que posibilitarán o no la obtención de semilla propia y continuidad de los cultivos. Según el trabajo realizado por Bonicatto (2018) la principal limitante mencionada por las agricultoras y los agricultores para la conservación de semillas en finca en el Cinturón Hortícola de La Plata, está representada por aquellas semillas que, dado su origen industrial y condición híbrida, en sus palabras, “no se pueden guardar” o “se degeneran”. Ello representa la acción limitante que el origen y condición de la semilla puede tener sobre un proceso ancestral como la conservación de semillas en finca.

Etnotaxón: la incorporación de la clasificación local en el análisis de la agrobiodiversidad.

La incorporación de la clasificación local en la cuantificación de la agrobiodiversidad es central para la agroecología, la cual se nutre y dialoga con los conocimientos y las prácticas locales. Según Berlin (1992) las plantas y los animales se presentan al observador humano como grupos o conjuntos cuya estructura y contenido pueden ser percibidos esencialmente del mismo modo. A su vez, este autor sostiene que cualquier sistema clasificatorio sólo registra ciertas porciones de la realidad biológica reconocidas por quienes la comparten. Por lo tanto, dado que el lenguaje permite rotular (dar nombre) a esas categorías que se han separado, Pochettino (2015) propone pensar en *etnotaxas* para considerar las interpretaciones locales de la agrobiodiversidad, es decir, los grupos de plantas percibidos y agrupados como entidades botánicas diferentes por las agricultoras y los agricultores. Desde esta perspectiva, los rótulos utilizados dan cuenta de una importante información que, de otra manera quedaría invisibilizada, ya que se entiende que el nombrar de manera diferente a un cultivo, está asociado a diferentes valoraciones, prácticas de manejo y usos. En definitiva, al ser las y los agricultores quienes administran la agrobiodiversidad, dichos conjuntos de plantas constituyen una fuente de diversidad, al brindar caracteres valiosos según los distintos motivos de selección y conservación. A su vez, es importante reflexionar sobre la utilización del término “semilla” que se realiza en los territorios. Según Bonicatto *et al.*, (2009) desde una mirada local, el uso del término semilla excede su definición botánica: “el conjunto formado por el embrión en estado latente, acompañado por sustancias de reserva y protegido por un tegumento” (Font Quer, 1975). Según estos autores, el uso local de este término se extiende a todo órgano o parte vegetal que permita la propagación de un cultivo, cuya designación implica un gran valor simbólico, el cual representa la posibilidad de reproducción y conservación de vida, los años de interacción entre las personas y su medio, historia e identidad. En este sentido, al cuantificar la diversidad cultivada a partir de las semillas conservadas, es posible que nos encontremos con partes vegetales que no son semillas “*per se*” pero que son parte de este conjunto de agrobiodiversidad.

Para ejemplificar el empleo de las clasificaciones locales en el análisis de la agrobiodiversidad, se toman los datos obtenidos por Bonicatto (2018) al estudiar la agrobiodiversidad cultivada y conservada por agricultoras y agricultores familiares del Cinturón Hortícola Platense en Argentina. Según los datos obtenidos (Figura 5.1), la incorporación de la clasificación local permitió cuantificar la agrobiodiversidad en vínculo con las valoraciones, prácticas de manejo y usos locales.

En la Figura 5.1, puede verse que la riqueza de etnotaxones es mayor a la riqueza de especies botánicas. Según Scarpa (2012) es previsible el obtener una mayor riqueza de nombres locales, en comparación con la nomenclatura botánica, por el hecho de que el número de nombres locales es mayor que el de taxones. Sin embargo, aún ante su previsibilidad, la diversidad de nombres locales se posiciona como un elemento sumamente interesante para la perspectiva

agroecológica, en tanto, introduce diversidad de prácticas y saberes ligados a las dimensiones ecológico-productiva, económica y sociocultural. A modo de ejemplo, se toma la información de la Familia Poaceae en la (Figura 5.1). Esta familia representada por una única especie (*Zea mays* L.) según la clasificación botánica, se diferenció en 15 etnotaxones según la mirada local (*maíz enanito, choclo, maíz puro blanco, maíz puro negro, maíz rojo, choclito, maíz colorado, maíz turco, maizón, maíz choclo, maizón amarillo, maíz blanco, maíz morado chiquito, maíz de colores, maíz perla blanca*).

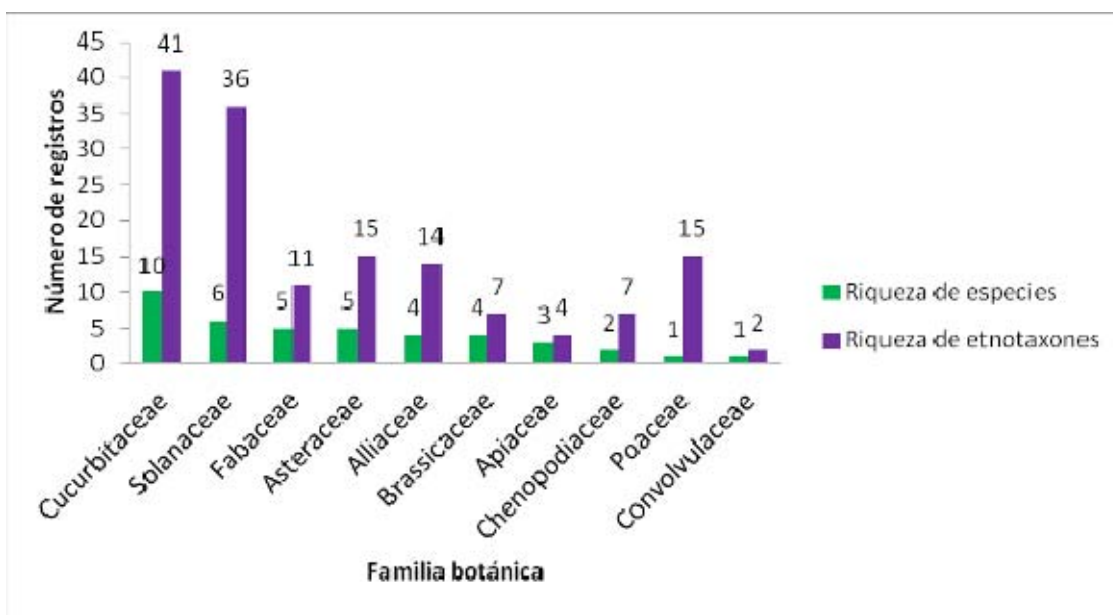


Figura 5.1: Agrobiodiversidad vegetal cultivada y conservada por agricultoras y agricultores familiares en el Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina.

Estos etnotaxones, además de tener distinto tamaño, altura, ciclo, se encontraron asociados a diferentes prácticas de manejo (momento de siembra, distancia entre plantas), diferentes usos (alimentación de las personas, alimentación animal, artesanías), e incluso a diferentes canales de comercialización, acompañando la diversidad de actividades cotidianas y productivas de quienes cultivan y viven en las fincas (Figura 5. 2). Además, esta diversidad de etnotaxones, de ser cultivados en una misma finca, generan diferentes ambientes, lo que promueve una mayor diversidad de especies espontáneas, y, por lo tanto, una mayor biodiversidad del componente heterotrófico (Paleologos *et al.*, 2015).

Por lo tanto, el análisis de la agrobiodiversidad a partir de las clasificaciones locales visibiliza las prácticas, los usos, las tradiciones y saberes que explican aquello que está cultivado; convergiendo en esta variable de análisis, las dimensiones ecológico productiva, económica y sociocultural.

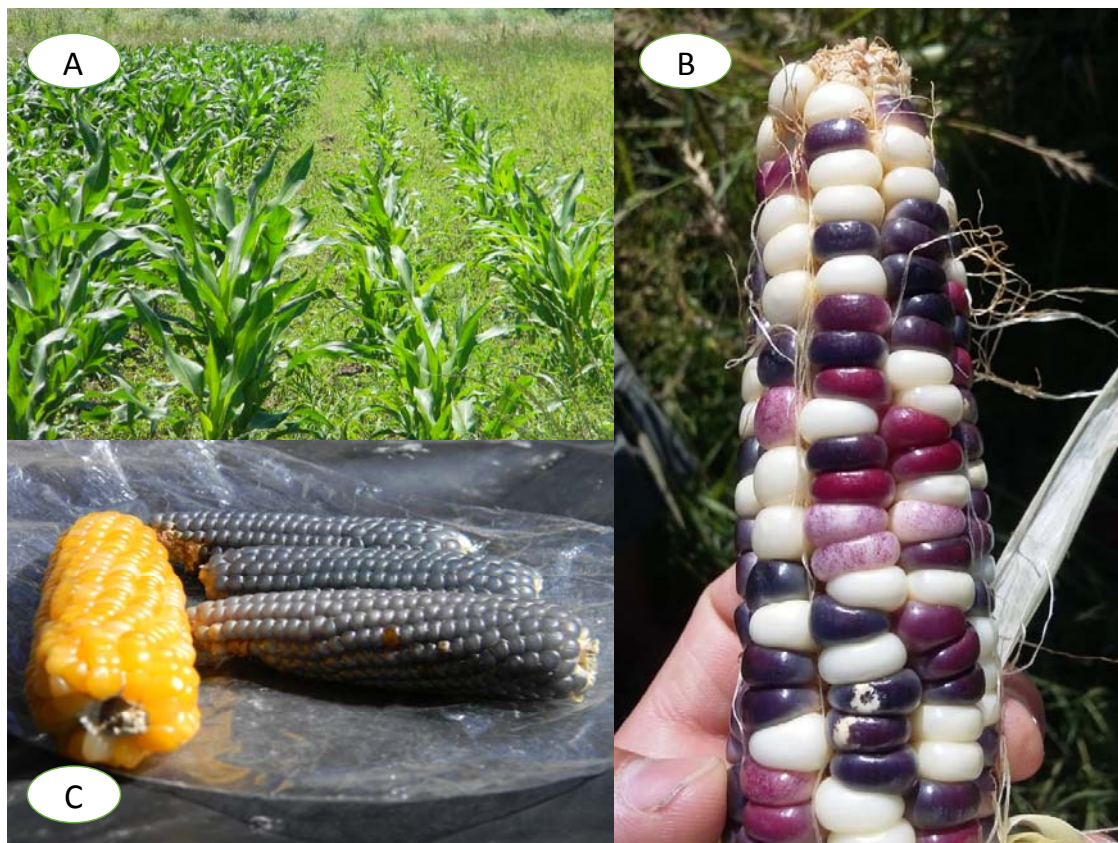


Figura 5.2: Enotaxones registrados en fincas familiares del Cinturón Hortícola de La Plata Argentina. A- de izquierda a derecha maíz obtenido por intercambio, maíz de origen comercial. B. Maízón cultivado para la preparación de platos típicos. C. Maíces intercambiados en la Feria de Semillas Nativas y Criollas. Fotos de las autoras.

Motivaciones para la conservación de semillas

La diversidad vegetal expresada en un sistema productivo no es estática, como tampoco lo es el proceso de experimentación que, de manera voluntaria o involuntaria, genera simultáneamente la pérdida y adquisición de variedades (Elias *et al.*, 2000). Este dinamismo se expresa en los cultivos de un agroecosistema y está estrechamente ligado a los motivos que sustentan la conservación de semillas llevada adelante por las y los agricultores. Según la Real Academia Española (RAE), el motivo es la “causa o razón que mueve para algo”, por lo tanto, en este contexto, los motivos de conservación representan las razones por las cuales las agricultoras y los agricultores deciden qué agrobiodiversidad conservar. Estos motivos tienen la particularidad de ser dinámicos y diferentes para cada persona, grupo familiar y para cada semilla conservada. La decisión de las y los agricultores en torno a qué conservar, se vincula a diferentes variables, sean cualidades organolépticas, aptitudes para la comercialización, variables económicas, lazos familiares, aspectos simbólicos o simplemente al origen de la semilla y destino de la producción.

El trabajo realizado por Bonicatto (2018) analiza los motivos que sustentan la conservación de semillas realizada por agricultoras y agricultores del Cinturón Hortícola de La Plata.

En dicho estudio se relevaron 454 cultivos hortícolas de los cuales el 53,7% eran conservados en las fincas. Los motivos que sustentan dicha conservación fueron agrupados en 10 categorías que exponen la complejidad que otorgan las agricultoras y los agricultores a la selección de cuáles semillas conservar, encontrándose motivos relacionados con diferentes dimensiones (económica, ecológico productiva y sociocultural). Los motivos descriptos se clasificaron y describieron como: *Afectivo*: la historia familiar, a personas por las cuales se siente afecto, a semillas perdidas. *Culinario*: la tradición culinaria de la zona de origen/ recetas familiares. *Innovador*: la actitud experimentadora, predisposición a incorporar semillas “raras”, desconocidas o reencontradas. *Independencia*: la intención de independizarse en la compra de semillas. *Medicinal*: las propiedades curativas. *Diversificador*: la intención de incrementar la diversidad en la quinta. *Morfológico*: caracteres morfológicos y/u organolépticos. *Productivo*: la intención de fortalecer servicios ecológicos. *Económico*: la intención de ahorrar dinero. *Comercial*: la intención de venta del producto.

Acompañando la complejidad y heterogeneidad del territorio estudiado, en el cual conviven diferentes modelos productivos, agricultura familiar y empresarial, distintos tipos de tenencia de la tierra, con un 60% de arrendamientos (Seibane *et al.*, 2014), y según García (2011) y Blandi *et al.*, (2016) un 60 % de la superficie en producción bajo cubierta (invernáculos), se observaron diferentes vías de ingreso de semillas a los agroecosistemas. Estas vías de ingreso estaban representadas por semillas compradas en comercios, semillas obtenidas por intercambios, regalos, herencia (vínculos interpersonales) y semillas obtenidas de programas estatales. Al analizar la variación de los motivos de conservación según el origen de la semilla conservada (vía de ingreso al agroecosistema) (Figura 5.3), los datos de Bonicatto (2018) resaltan la amplia presencia de semillas provenientes del circuito comercial que luego son conservadas por motivos económicos (Figura 5.3 B). Esta alternativa se posiciona como una estrategia que permite cumplir con las expectativas del mercado y ahorrar (momentáneamente), el dinero que implica la compra de las semillas. Mientras tanto, los motivos de conservación relacionados a la innovación, experimentación, a incorporar algo novedoso, junto a la autoproducción de semillas (independencia), así como a perpetuar tradiciones culinarias, se establecen como las principales motivaciones para la conservación de la agrobiodiversidad obtenida a través de vínculos interpersonales con intercambios, herencia, regalos entre vecinos (Figura 5.3 A). El trabajo de Veteto (2014) resalta la importancia de la creatividad para la generación de nuevas variedades. A su vez Wood & Lenné (1997), sugieren como un elemento esencial de la conservación in situ, la habilidad de las agricultoras y los agricultores para generar nuevas variedades. Esta actitud positiva en pos de la experimentación, resulta un pilar fundamental para la innovación de conocimientos producto de la interacción de las agricultoras y los agricultores con la naturaleza.

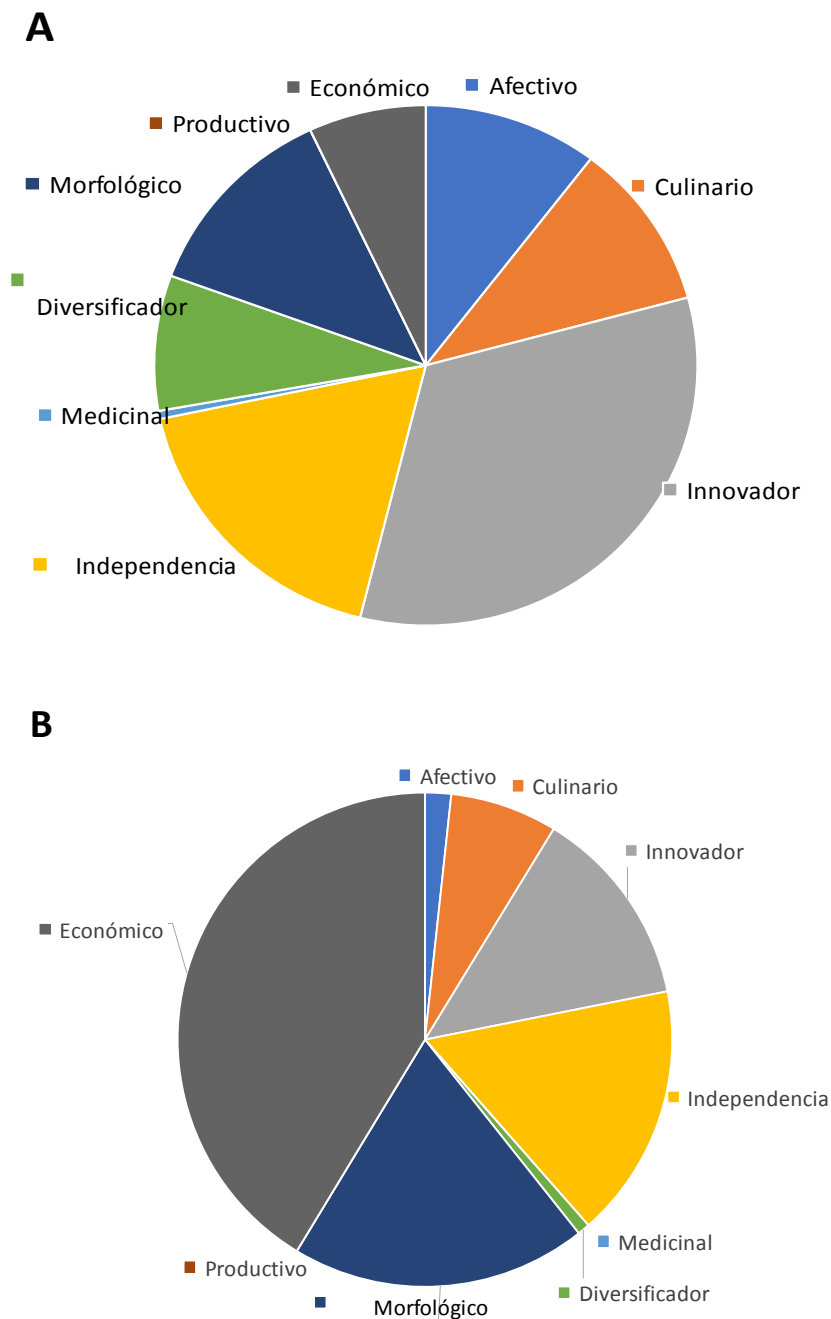


Figura 5.3: Semillas conservadas en agroecosistemas del Cinturón Hortícola de La Plata según el motivo de conservación y el origen de la semilla. A: Semillas obtenidas por vínculos interpersonales (regalos, herencias, intercambios). B: Semillas compradas en comercios y luego conservadas.

En este conjunto de semillas, aquellas incorporadas a través de vínculos interpersonales (Figura 5.3 A), se expresan aquellos motivos ligados a los afectos, a las tradiciones y al quehacer culinario y de salud (motivos afectivo, culinario, medicinal). Es en las semillas conservadas por dichas motivaciones en las cuales está implícita la historia, las costumbres y las tradiciones. Por lo tanto, la agrobiodiversidad conservada a partir de estos motivos mantiene un estrecho vínculo con la soberanía alimentaria, los simbolismos y tradiciones.

Los datos antes mencionados invitan a reflexionar acerca de los motivos que sustentan la conservación de semillas, comprendiendo que es un fenómeno complejo donde se articulan distintas dimensiones (económica, ecológico productiva y sociocultural) de la vida de las familias agricultoras. Un aspecto que nutre tal complejidad es la actitud constante de experimentación ligada a la práctica de conservación de semillas (Figura 5.4), que permite perdurar los saberes en torno a la conservación más allá de la semilla que se esté conservando.



Figura 5.4: A. Poroto lengua de dragón (*Phaseolus vulgaris* L. var. *vulgaris*). B. Cultivo de habas (*Vicia faba* L.) para semillas C. Producción familiar agroecológica en el Cinturón Hortícola de La Plata. D. Semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) variedad guayacán acriollada. Fotos de las autoras.

En síntesis, así como la agrobiodiversidad no es estática, tampoco lo son los motivos ligados a su conservación. Por lo tanto, los motivos por los cuales las agricultoras y los agricultores eligen conservar la agrobiodiversidad irán cambiando con el transcurrir del tiempo, junto con las tradiciones, hábitos alimenticios y semillas disponibles para ser cultivadas. Es en la incorporación de la variable temporal, que los criterios ligados a la historia, a los afectos, a las recetas de cocina y a la salud, encuentran su existencia, siendo los que perduran en el tiempo, aun en ausencia de la semilla para ser sembrada. Por otro lado, la conservación de agrobiodiversidad de origen comercial, en tanto se mantenga ligada a factores externos como el precio y demanda del mercado, es factible de ser interrumpida cuando estos motivos no estén presentes. Como se mencionó anteriormente, el modelo agrícola de la Revolución Verde mercantiliza las semillas, las circunscribe a recursos genéticos funcionales a los objetivos productivistas y las desprende de su simbolismo y su importancia en el mantenimiento de las tradiciones, en ese marco la semilla es considerada un insumo más. Sin embargo, y en resistencia a esta situación, las agricultoras y los

agricultores mantienen activa y dinámica la práctica de conservación ligada a semillas locales. Estas reflexiones invitan a pensar que no solamente es necesario disponer de semillas para la diversificación de los agroecosistemas, sino que es necesario considerar las particularidades de las semillas que circulan en los territorios, considerando variables como el origen, el proceso de selección y mejoramiento, las posibilidades de acceso, entre otras, y estudiar aquellas características que son favorables para fortalecer los procesos internos de los agroecosistemas.

Una propuesta para la clasificación de las semillas

Cuando el objetivo es comprender el rol de las semillas en el fortalecimiento de la autonomía, la soberanía alimentaria y la sustentabilidad de un agroecosistema, es necesario incorporar variables que nos permitan profundizar y ampliar la mirada sobre las semillas que dan origen al componente cultivado de un sistema productivo. En este sentido algunas variables como el proceso de obtención de las semillas, el origen, los objetivos productivos y la posibilidad de multiplicar y conservar las características propias de estas, resultan interesantes. Según Pochettino (2015), el proceso de selección cultural consiste en la selección de caracteres deseables para los seres humanos, que a partir de un prolongado proceso de intervención cultural terminan fijándose como cambios genéticos que generan nuevos conjuntos de individuos fértiles entre sí y con barreras genéticas con los individuos de otras especies de la naturaleza.

Al hablar de semillas, hallamos numerosas categorías locales que las identifican: tradicionales, locales, artesanales, campesinas, ancestrales, nativas, criollas, acriolladas, comerciales, industriales, entre otras. Algunos de estos nombres, sus definiciones y características son abordados en diversos trabajos como Chacón & García (2016), López Moreno & Vizcarra Bordi (2016) y Pochettino *et al.*, (2011). Tomando estos antecedentes y percibiendo la complejidad de elaborar una propuesta que contemple tal diversidad, es que, en este capítulo, se propone una sistematización que pone el énfasis en quiénes y en dónde se realizan los procesos de custodia, selección y mejoramiento de las semillas, en los criterios que guían dichos procesos (propios de quienes lo realizan o externos), y en el origen de la semilla conservada. Con este fin se comenzó definiendo dos grupos: Semillas Locales y Semillas Industriales.

Semillas Locales e Industriales

Semillas Locales

En este trabajo se define a las semillas locales como aquellas cuyo proceso de selección, conservación y mejoramiento se da en los territorios y es guiado por criterios propios de las agricultoras y los agricultores que realizan dicho ciclo. Se entiende que estas semillas se caracterizan por tener una amplia base genética que les brinda adaptabilidad y capacidad de respuesta a diferentes condiciones productivas, ambientales y sociales. Esta categoría incluye semillas:

- Silvestres: son semillas sujetas a selección natural incorporadas a los agroecosistemas. Estas plantas no presentan modificaciones como consecuencia de la selección cultural (Pochettino 2015).
- Nativas: son semillas de plantas cultivadas, que presentan modificaciones como consecuencia de la selección cultural y son propias del territorio donde se conservan.
- Criollas: son semillas que han sido adoptadas y adaptadas a las condiciones ambientales y culturales de un territorio diferente al de su origen (Modificado de Chacón & García, 2016).
- Acriolladas: son aquellas que descienden de semillas industriales y han sido adoptadas y adaptadas a las condiciones ambientales y culturales de un territorio.
- Híbridas locales: son semillas obtenidas por cruzamientos artificiales (polinización inducida por el ser humano).

Por lo tanto, y a modo de ejemplo, un conjunto de semillas locales conservadas en una finca de la zona hortícola de La Plata puede comprender semillas silvestres de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) la cual crece espontáneamente y se suele recolectar e incorporar en los espacios productivos; semillas criollas de tomate platense (*Solanum lycopersicum* L.) adoptado y adaptado a la zona desde hace décadas y semillas acriolladas de maíz (*Zea mays* L.) originalmente comprado y luego adoptado y adaptado a las condiciones ambientales locales. Dada la diversidad planteada, es posible, y no es necesario, que todas las categorías se encuentren representadas en el conjunto de semillas conservadas en un agroecosistema. La presente propuesta invita a incorporar variables que nos permitan comprender en mayor profundidad el origen y la circulación de las semillas, las vías de ingreso a los agroecosistemas, los procesos locales de conservación y analizar la presencia de una actitud resiliente de las agricultoras y los agricultores para adaptarse a los cambios y transformaciones, siendo el sentido de dicha adaptación disminuir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de reacción ante las adversidades.

Semillas Industriales

Por otro lado, se toma la definición de semillas industriales de Chacón & García (2016) como aquellas que han sido producidas por técnicas de reproducción y selección definidas por las empresas o centros de investigación. La producción de estas semillas se basa en métodos, fundamentos y conceptos del mejoramiento vegetal moderno. Éste, según Sleper & Poehlman (2006), es el arte y la ciencia de seleccionar plantas con fines económicos, ambientales, nutricionales o estéticos. La mejora de plantas se convierte más en ciencia que en arte con el progreso en el conocimiento de la genética básica y otras ciencias relacionadas a las plantas. Los inicios del fitomejoramiento moderno se basan en el conocimiento de: el gen como unidad de herencia, los procedimientos para su manipulación (ej. cruzamientos) y las reglas del comportamiento genético que permitieron predecir con exactitud los resultados de los procesos de manipulación. A diferencia de las semillas locales, en las cuales los procesos de selección y mejora-

miento se apoyan en características observadas durante cada ciclo productivo, las semillas industriales responden a “ideas previas” al proceso de mejoramiento. Las semillas obtenidas mediante este proceso, generalmente, ingresan al sistema de registro formal, que, en el caso de Argentina, está regulado por el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Dentro de este conjunto de semillas encontramos:

- **Variedades:** se refiere a materiales de polinización abierta (polinización sin intervención del ser humano).
- **Híbridas:** son semillas obtenidas por cruzamientos artificiales (polinización inducida por el ser humano). Se caracterizan por su homogeneidad y el vigor de la primera generación (heterosis), que permite tener un alto potencial de rendimiento. Según la característica genética de las líneas parentales los híbridos pueden ser simples, dobles, triples, de tres líneas e intervarietales. Las líneas son aquellas que participan como parentales de los híbridos. Son de escaso vigor, no aptas para su siembra directamente.
- **Transgénicas:** son semillas en las cuales alguno de sus genes ha sido modificado por medio de técnicas que transfieren un gen de un organismo a otro, emparentado o no (Pengue, 2000). Se los denomina también organismos genéticamente modificados (OGM).

Es importante mencionar que muchas semillas industriales tienen su origen primigenio en semillas locales, incorporadas a instituciones públicas o privadas para ser parte de procesos de mejoramiento desde la perspectiva antes mencionada. Las variedades, de ser conservadas y multiplicadas a través de los años, mantienen sus características en las sucesivas generaciones, mientras que las semillas híbridas de ser conservadas, no mantienen sus características en las sucesivas generaciones, dando como producto, plantas y rendimientos desuniformes (Pengue, 2017).

Recuperando un poco de historia de los cultivos transgénicos en Argentina, a partir de la aprobación del primer cultivo transgénico se inicia una etapa de fuerte difusión de estas tecnologías y se incluye una variable más a las semillas industriales. Estas incorporaciones se hacen de manera independiente de la condición genética del cultivo, por eso podemos encontrar, según las especies, materiales transgénicos en híbridos (por ejemplo, en maíz) o en variedades de polinización abierta (por ejemplo, en soja).

En los últimos años se han desarrollado nuevos transgénicos producto de más de un gen incorporado, cada uno de los cuales se llama evento, y por ello se denominan doble evento (en el caso de combinarse dos) o eventos apilados. En la actualidad, existen en nuestro país diversos eventos u OGM aprobados, correspondientes a diferentes cultivos como soja, maíz, algodón y alfalfa entre otros.

Soja: Historia del primer cultivo OGM de Argentina

La aprobación de la soja transgénica en Argentina se realizó el 25 de marzo de 1996, por Resolución 167/96, de la entonces Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Argentina (Pengue, 2017). La empresa Monsanto licenció el uso de este evento a los criaderos de semillas a cambio del pago de un canon (Pérez Trento, 2019). Ello significó insertar un evento de resistencia al herbicida estrella de la compañía Monsanto, el glifosato, en una planta de importancia comercial (Pengue, 2017).

En pocos años, casi la totalidad de la superficie de soja cultivada en Argentina fue transgénica, la soja RR resistente a glifosato dominó casi por completo y limitando en el mercado la semilla no transgénica.

A partir de entonces se dio una extraordinaria difusión del cultivo en nuestro país y la superficie sembrada de soja pasó de 6,7 millones de ha en 1996 a 12,6 millones de ha en 2003 y llegó a los 19,8 millones de ha en la campaña 2013/2014 (Strada & Vila, 2015).

En el año 2012 se anunció la aprobación de una nueva biotecnología para soja, denominada Intacta RR2Pro (Pérez Trento, 2019), resistente a lepidópteros y a glifosato. Otros eventos del cultivo de soja han sido registrados con diferentes características, entre ellas tolerancia a diferentes herbicidas y aspectos productivos.

Por último, podemos mencionar que en el año 2017, empieza la producción de soja no transgénica aprovechando el mercado internacional interesado en cultivos no transgénicos bajo la modalidad de contrato (https://www.clarin.com/rural/produccion-soja-gmo-horizonte-seguir-creciendo_0_HyiwOgWyZ.html).

La clasificación propuesta expone la complejidad que se presenta al analizar el componente vegetal cultivado a partir de las semillas. Tanto las semillas locales como las industriales repercuten de manera diferente en la sustentabilidad. Mientras que las semillas locales promueven la autonomía y son una base para el mantenimiento de la identidad y tradiciones de las agricultoras y los agricultores; las semillas industriales, principalmente híbridos y transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM), mantienen la dependencia externa de semillas distantes de las lógicas y tradiciones locales. En el escenario y según distintas articulaciones entre actores, las semillas locales e industriales, se vinculan a través de disputas y entendimientos. El entendimiento, puede darse entre semillas de polinización abierta, propiciando la disponibilidad de agrobiodiversidad. Mientras que la disputa entre las diferentes categorías determina la erosión de agrobiodiversidad y saberes poniendo en juego la soberanía de los pueblos.

Las semillas ponen sobre la mesa la discusión central sobre el carácter de éstas: o son una mercancía o son un bien común. Ello establece tensiones no sólo en nuestro país, sino también en otros países de América Latina, las cuales giran en torno a la propiedad privada o derecho de obtentor y/o patentamiento de las semillas, el derecho de las agricultoras y los agricultores de

guardar semillas (o derecho de uso propio), el uso de semillas transgénicas o genéticamente modificadas, y el resguardo de semillas locales, entre otras cuestiones.

Girasol. El caso de un cultivo tradicional en Argentina

Las primeras semillas de girasol cultivadas en nuestro país fueron introducidas por los inmigrantes, y a partir de estos materiales se desarrollaron las primeras variedades de polinización abierta. En el año 1972 se inscribe en Argentina el primer híbrido.

De ahí en adelante, los híbridos de girasol desarrollados se caracterizan por alcanzar mayores rendimientos de granos y aceite por ha⁻¹ y se difunden fuertemente en nuestro país. Desde hace ya muchos años, no se encuentran disponibles variedades de polinización abierta de este cultivo en el mercado de semillas. Ello debe considerarse un caso de erosión genética cultivada y significa una restricción importante para las y los agricultores familiares que no siempre tienen recursos para aplicar la tecnología que esta genética demanda y pierden la posibilidad de guardar semillas de su propia cosecha para un nuevo ciclo (Tamagno & Sarandón, 2018).

El dominio absoluto de los híbridos en la producción de girasol en nuestro país da cuenta de que la llegada de los nuevos conocimientos del “vigor híbrido” ha sido la causa del desplazamiento de las agricultoras y los agricultores del proceso de selección y mejora de las variedades de girasol y un paso para el encapsulamiento del conocimiento agrícola, tal como lo señala Pengue (2017).

Sin embargo, existen en nuestro país muchas productoras y productores que conservan semillas de cultivos hortícolas, pero también de producciones extensivas pampeanas. Tal es el caso del establecimiento Naturaleza Viva de la provincia de Santa Fe, que viene conservando, cuida y multiplica por más de una década una variedad de polinización libre de girasol (Tamagno *et al.*, 2018). Trabajar junto con estos productores en el rescate y valorización de estas variedades es de suma importancia para aportar a mejorar la biodiversidad, la autonomía y la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Ley de semillas y otros marcos regulatorios

Los marcos regulatorios para las semillas pueden ser de nivel internacional o nacional. A nivel internacional se encuentran los convenios que surgen de la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV), organización intergubernamental con sede en Ginebra creada para proporcionar y crear un sistema eficaz para la protección de las variedades vegetales. Desde su primer convenio en 1961 y en las sucesivas modificaciones (1972, 1978 y 1991), esta organización define los marcos para el desarrollo de los cultivares vegetales (UPOV, 2019).

En nuestro país, que se ha adherido a la UPOV '78, la ley vigente que regula las semillas es la Ley 20247/73. Dicha norma legisla sobre todo lo referido a la producción, certificación y comercialización de semillas y establece la regulación de una de las formas de propiedad intelectual

sobre las variedades vegetales: los derechos de obtentor (Perelmuter, 2018). Los obtentores, son aquellos que han desarrollado y registrado una variedad vegetal, y de manera general comprenden tanto a los criaderos como a las instituciones públicas, entre las que se destaca el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Pérez Trento, 2019).

Además, se enfatiza que esta ley en su artículo 27, otorga el derecho de “uso propio”, por el cual las agricultoras y los agricultores pueden guardar semillas de su producción para sembrar en sucesivas campañas o años. Es importante considerar que en algunos países ya rigen leyes que limitan este derecho, de acuerdo con lo que promueve el convenio UPOV '91, y, por lo tanto, garantizan a las empresas el cobro de regalías (producto del derecho de obtentor) aún sobre las semillas que las y los agricultores guardan de lo cosechado en sus campos, esto es lo que en nuestro país se conoce como “regalía extendida”. En 1999 la cámara que nuclea los obtentores (ARPOV) lanza formalmente el sistema de regalías extendidas, que consiste en un contrato por el cual los compradores de semilla obligan a pagar esas regalías (Pérez Trento, 2019). Ello generó conflictos de intereses y determinó el inicio de una etapa de revisión de la ley, en la que el gobierno a partir del 2006 anunciaría en reiteradas ocasiones la discusión de proyectos para modificar la ley de semillas, en los que se eliminaba o restringía fuertemente el uso propio (Pérez Trento, 2019). Desde entonces, varios proyectos se han presentado pero no se alcanzó aún el acuerdo para que sea tratado en la cámara de diputados. Por último, se puede mencionar que, hasta el momento, no ha prosperado en la justicia la propuesta de patentar en nuestro país los organismos genéticamente modificados ya que la ley de patentes de invenciones y modelos de utilidad (Ley N.º 24481) dice en su artículo 6 que no se consideran invenciones:

Toda clase de materia viva y sustancias preexistentes en la naturaleza”, y en su artículo 7 establece que no son patentables “la totalidad del material biológico y genético existente en la naturaleza o su réplica, en los procesos biológicos implícitos en la reproducción animal, vegetal y humana, incluidos los procesos genéticos relativos al material capaz de conducir su propia duplicación en condiciones normales y libres tal como ocurre en la naturaleza”.

Según Perelmuter (2019) las semillas son el primer eslabón de cualquier cadena agroalimentaria y de su posesión, producción y comercio, depende la soberanía alimentaria y el desarrollo agropecuario de un país. Quien controla las semillas, controla la cadena productiva y, por lo tanto, la disponibilidad de alimentos. A su vez, esta autora sostiene que la preponderancia de la biotecnología y la posibilidad de manipular la información genética ha tornado al acervo genético de diversidad del planeta en uno de los elementos más codiciados por los laboratorios científicos.

Algunos casos de leyes de semillas en América Latina

Como aporte al debate sobre los marcos regulatorios que determinan modelos productivos diferentes, se presentan algunos aspectos de dos casos de leyes de semillas en América Latina.

La ley de semillas de Bolivia limita los cultivos transgénicos u OGM (www.leyesdesemillas.com). Esta ley expresa que no se introducirán en el país paquetes tecnológicos agrícolas que involucren semillas genéticamente modificadas de especies de las que Bolivia es centro de origen o diversidad, ni aquellos que atenten contra el patrimonio genético, la biodiversidad, la salud de los sistemas de vida y la salud humana.

Por otro lado, la ley de Venezuela llamada “Ley de semillas ley de todxs” (http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Ley_de_Semillas_de_Venezuelaexpresa), entre otras definiciones, prohíbe los transgénicos y define la semilla libre en los artículos 9 y 12. Estos artículos dicen:

Art. 9 Queda prohibida la producción, importación, comercialización, distribución, liberación, uso, multiplicación y entrada al país de semillas transgénicas. La Comisión Nacional de Semillas a través de sus órganos competentes, desarrollará y garantizará la capacidad técnica, organizativa e institucional para prevenir, identificar, detectar, corregir, revertir y sancionar las violaciones a esta prohibición.

Mientras que en el siguiente artículo se incorpora la definición de semilla libre entendida como:

Art.12 Semilla libre: es aquella semilla local, campesina, indígena, afrodescendiente, así como toda semilla generada con recursos del Estado, que puede ser mejorada, producida, intercambiada y comercializada, libremente en todo el territorio nacional sin que se apliquen sobre ella, ni sobre las prácticas, conocimientos y creencias asociadas a esta, derechos de obtentor ni cualquier otro derecho de propiedad intelectual.

Discusión general y conclusiones

Según Nicholls (2013) uno de los desafíos actuales que tiene la agroecología es identificar aquellas prácticas que permitan disminuir la vulnerabilidad de las sociedades agrícolas y aumentar la capacidad de reacción de las agricultoras y los agricultores. Para cumplir con este objetivo, las semillas locales obtenidas por procesos de conservación en finca y los conocimientos implicados en la realización de esta práctica, son elementos que aportan a la resiliencia de los agroecosistemas.

A su vez, no quedan dudas sobre el rol fundamental de las semillas para la diversificación del componente vegetal, el cual al ser diverso complejiza el agroecosistema entero. En el presente capítulo, se plantean elementos para analizar y discutir las características de las semillas con las cuales dicho componente se diversifica. Desde el punto de vista de la sustentabilidad, las semillas locales promueven la autonomía, habilitan el autoabastecimiento de material genético y accionan para el mantenimiento de la identidad y tradición de los pueblos. Se entiende que la construcción de autonomía en relación con la agrobiodiversidad no implica el aislamiento de las agricultoras y los agricultores, sino que se concreta a través del trabajo colectivo entre diferentes

actores. Por lo tanto, se propone un camino de acción conjunta, sin perder de vista que la clave del mantenimiento de la agrobiodiversidad está en las semillas que las agricultoras y los agricultores cultivan, conservan y usan. Por último, pero no menos importante, se plantea la necesidad de contar marcos regulatorios que propicien la conservación en finca, la soberanía alimentaria y la permanencia y circulación de las semillas en manos de las agricultoras y los agricultores, revalorizando un proceso ancestral que ha sido esencial para la existencia de la gran diversidad cultivada de nuestro planeta.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la importancia de la agrobiodiversidad cultivada en los agroecosistemas?*
2. *¿Qué rol cumple la conservación de semillas en una agricultura sustentable?*
3. *Además de la semilla (el material botánico), ¿qué otro componente se requiere para conservar la agrobiodiversidad?*
4. *¿Cómo caracterizaría la conservación in situ y ex situ?*
5. *¿Qué es un etnotaxón? y ¿cuál es el aporte de las clasificaciones locales para el análisis de la agrobiodiversidad?*
6. *¿Cuál es el aporte de analizar las razones que tienen las agricultoras y los agricultores para conservar semillas?*
7. *La práctica de la conservación de semillas ¿es considerada una limitante o una ventaja para el logro de agroecosistemas sustentables?*
8. *¿Por qué es importante la conservación de semillas en finca?*
9. *¿Por qué las semillas no se conservan solamente en bancos de germoplasma bajo condiciones controladas?*
10. *¿Cuál es la diferencia entre semillas locales e industriales?*
11. *¿Cuál es la importancia de los marcos regulatorios de semillas en el desarrollo de un modelo productivo?*
12. *¿Qué aspectos debería considerar una ley de semillas para aportar a la autonomía y la sustentabilidad?*

Referencias

Ahumada A, F Mainella, MM Bonicatto, ML Pérez, ML Pochettino, M Marasas, M Moricz, M Pérez, N Anglese, P Domínguez & V Parmigiani (2009) *Segunda Feria Provincial de Semillas Nativas y Criollas “Sembrando Esperanza”*. Editor responsable CYTED- Programa Iberoamericano Ciencia y tecnología para el Desarrollo. Jujuy, Argentina.

- Almekinders CJM & WS de Boef (2000) El reto de la colaboración en el manejo de la diversidad genética de los cultivos. *LEISA* 15: 5-7.
- Altieri M & CI Nicholls (2000) *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1º Edición. México 8: 167-180.
- Altieri M, CI Nicholls, A Henao & MA Lana (2015) Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35:869-890.
- Altieri MA & VM Toledo (2011) The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38(3):587–612. <http://dx.doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Altieri MA (1995) *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder, CO.
- Altieri MA (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Atalan Helicke N (2015) Seed exchange networks and food system resilience in the United States. *Journal of Environmental Studies and Sciences* 5 (4): 636-649.
- Berlin B (1992) *Ethnobiological Classification. Principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton University Press, New Jersey
- Blandi ML, MS Cavalcante, NA Gargoloff & SJ Sarandón (2016) Prácticas, conocimientos y percepciones que dificultan la conservación de la agrobiodiversidad. El caso del Cinturón Hortícola Platense, Argentina. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13 (78): 97-122
- Bonicatto MM (2018) *Sustentabilidad y Agrobiodiversidad. Análisis de la conservación de semillas y conocimientos asociados en agroecosistemas familiares del Cinturón Hortícola Platense*. Tesis doctoral, 260pp disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66552>
- Bonicatto MM, SJ Sarandón & ML Pochettino (2009) El concepto de “semilla” y su relación con la agrobiodiversidad en una zona hortícola (Buenos Aires, Argentina). *Actas del Vth International Congress of Ethnobotany*. 21 al 24 de septiembre de 2009. Bariloche.
- Bonicatto MM, V Fernández, NG Gargoloff, M Marasas, L Muscio, M Pérez & ML Pochettino (2010) *Sembrando Esperanza. III Feria Provincial de Semillas Nativas y Criollas. En defensa de la vida de la soberanía alimentaria. Por una economía solidaria, construyendo la casa de todos*. Ediciones INTA. Publicaciones IPAF- Región Pampeana. La Plata, Argentina.
- Brown J & O Caligari (2008) *An introduction to plant breeding*. Blackwell Publishing LTD. Oxford - Ames 209
- Cababié J, MM Bonicatto & EA Abbona (2015) Semillas y saberes de los agricultores familiares. ¿Cuál es el rol de las ferias de intercambio en su reproducción y conservación? *Revista Facultad de Agronomía La Plata*. 114 (1): 122-128.
- Carpenter D (2015) The in-Situ Conservation of Rice Plant Genetic Diversity: A Case Study from a Philippine Barangay. *Agriculture and Human Values* 22 (4): 421-434.
- Casas A, AI Moreno-Calles; M Vallejo & F Parra (2016) Importancia actual y potencial de los recursos genéticos En: Casas A; J Torres-Guevara & F Parra (editores). *Domesticación en el continente americano. Tomo 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas*

- del Nuevo Mundo*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). México.
- Chacón X & García M (2016) *Redes de custodios y guardianes de semillas y casas comunitarias de semillas nativas y criollas. Guía metodológica*. Edición SWISSAID, y Corporación Biocomercio Sostenible, 56 p. Bogotá, Colombia
- Chappell MJ & La Valle (2011) Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values* 28(1) 3-26
- Curtis H, NS Barnes, A Schnek & A Massarini (2013) *Biología*. 7ma edición. Buenos Aires: Médica Panamericana. 1160 pp.
- de Boef WS (2007a) Una perspectiva de sistemas aproximando agricultores e investigadores no manejo comunitário da agrobiodiversidade, En de Boef WS; MH Thijssen, J Bernardi Ogliari & BR Sthapit (organizadores). *Biodiversidade e Agricultores. Fortalecendo o manejo comunitário*. L&PM Editores. Brasil. 2.5: 59-66.
- de Boef WS (2007b) Biodiversidade e agrobiodiversidade En de Boef WS; MH Thijssen, J Bernardi Ogliari & BR Sthapit (organizadores). *Biodiversidade e Agricultores. Fortalecendo o manejo comunitário*. L&PM Editores. Brasil. 1: 15-34.
- Del Valle Isla AE (2014) Al mal tiempo, Buena resiliencia. *Ciencias*. 111-112.
- Elias M, L Rival & D McKey (2000) Perception and management of cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) diversity among Makushi Amerindians of Guyana (South America). *Journal of Ethnobiology* 20 (2): 239-265.
- Font Quer P (1975) *Diccionario de botánica*, Ed Labor SA., Barcelona.
- Franco (2008) Los Bancos de germoplasma de las Américas. Recursos Naturales y Medio Ambiente. *Bioversity International* 53:81-84.
- García M (2011) Agricultura familiar en el sector hortícola. Un tipo social que se resiste a desaparecer En: López Castro N & G Prividera (compiladores), *Repensar la agricultura familiar. Aportes para desentrañar la complejidad agraria pampeana*. Pp.: 167-184. Argentina: Ediciones CICCUS.
- Gargoloff NA, P Riat, EA Abbona & SJ Sarandón (2007) Análisis de la Racionalidad Ecológica en 3 grupos de horticultores en La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2 (2): 468-471.
- IPCC (2014) *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- Isbell F, D Craven, J Connolly, M Loreau, B Schmid, C Beierkuhnlein, [TM Bezemer](#), C Bonin, H Bruelheide, E De Luca, A Ebeling, JN Griffin, Q Guo, Y Hautier, A Hector, A Jentsch, J Kreyling, V Lanta, P Manning, ST Meyer, AS Mori, S Naeem, PA Niklaus, HW Polley, PB Reich, C Roscher, EW Seabloom, MD Smith, MP Thakur, D Tilman, BF Tracy, [WH van der Putten](#), J van Ruijven, A Weigelt, WW Weisser, B Wilsey & N Eisenhauer (2015) Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* 526 (7574): 574-7

- López Moreno I & I Vizcarra Bordi (Coordinadores) (2016) *El maíz nativo en México. Una aproximación crítica desde los estudios rurales*. Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablo Editor. México. 421 pp.
- Marasas M, ML Blandi, N Dubrovsky Berensztein & V Fernández (2014) Transición agroecológica de sistemas convencionales de producción a sistemas de base ecológica. Características, criterios y estrategias En: Sarandón SJ & CC Flores (editores) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata. 15: 411-436.
- Mekbib F (2000) Sistemas informales de semillas. *LEISA* 15: 15.
- Nicholls CI (2013) Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático, En: Nicholls Estrada CI, LA Ríos Osorio & MA Altieri (editores.) *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*, pp. 18-29. Medellín, Colombia: REDAGRES-CYTED.
- Nicholls CI, MA Altieri & L Vázquez (2016) Agroecology: Principles for the Conversion and redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystems & Ecography* S5: 010. doi:10.4172/2157-7625.S5-010.
- Olsson P, C Folke & F Berkes (2004) Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social-Ecological Systems. *Environmental Management* 34 (1): 75-90.
- Paleologos MF, PC Pereyra, SJ Sarandón, & AC Cicchino (2015) El rol de los ambientes seminaturales en la abundancia y diversidad de coleópteros edáficos en los viñedos de la Costa de Berisso, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía* 114 (1): 74-84.
- Pengue WA (2000) *Cultivos transgénicos. ¿Hacia dónde vamos?* - Editorial UNESCO: 190 p.
- Pengue WA (2017) *Cultivos transgénicos, ¿hacia dónde fuimos? Veinte años después: La soja en Argentina 1996-2016*. GEPAMA- Heinrich Boll Stiftung. Buenos Aires-Santiago de Chile. 64 pp.
- Perelmuter T (2018) Apropiación de semillas: soberanía alimentaria y tecnología en riesgo. *Revista Ciencia, Tecnología y Política*. Año 1. Número 1 (www.revistas.unlp.edu.ar/CTyP)
- Perelmuter T (2019) Debates necesarios en torno a la Ley de Semillas. Recuperado de www.biodiversidadla.org/Documentos/Debates-necesarios-en-torno-a-la-Ley-de-Semillas. Último acceso octubre 2019.
- Pérez M & ME Marasas (2013) Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22 (1): 36-43.
- Pérez Trento N (2019) Dos décadas de conflicto en torno al uso propio de semillas de soja genéticamente modificada en Argentina: fases del enfrentamiento, acumulación de capital y actores sociales (1996-2018). *Mundo Agrario*, 20 (43) e105. <https://doi.org/10.24215/15155994e105>
- Pochettino ML (2015) *Botánica económica. Las plantas interpretadas según tiempo, espacio y cultura*. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires. 448 p
- Pochettino ML, V Fernández, NA Gargoloff, L Muscio, L Pérez, L González Espinosa, MM Bonicatto, M Pérez, A Cremaschi, E Barreto, MP May, J Cababié & ME Marasas (2011) /

- Feria Nacional, IV Feria Provincial de Semillas Nativas y Criollas. "Sembrando Esperanza".* Editorial INTA.
- RAS "Red Andaluza de Semillas" (2010) *Cómo obtener tus propias semillas. Manual para agricultores ecológicos.* Junta de Andalucía, consejería de agricultura y pesca. Pág. 7-40.
- Rojas W, M Pinto, J Flores & S Padulosi (2014) Los agricultores custodios y los bancos comunitarios. *LEISA Revista de Agroecología.* 30 (1):19-21.
- Salcedo S, A Sánchez & MJ Coloma (2014) Agricultura familiar y seguridad alimentaria. El exitoso caso del proyecto Forsandino En: Salcedo S & L Guzmán (editores). *La Agricultura Familiar en América Latina y El Caribe. Recomendaciones de Políticas.* FAO, Santiago, Chile 3: 57-78.
- Sarandón SJ & CC Flores (2014) La insustentabilidad del modelo agrícola actual En: Sarandón SJ & CC Flores (editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.* Colección de libros Cátedra. Universidad Nacional de La Plata (EDULP) 1:13-41
- Scarpa GF (2012) "Palos, yuyos, pencas, bejucos y pastos": Los nombres de las plantas y su clasificación etnobotánica por los criollos del Chaco semiárido norte (NE Salta-W Formosa, Argentina), en P. Arenas (editor). *Etnobotánica en zonas áridas y semiáridas del cono sur de Sudamérica.* CEFYBO-CONICET-UBA, Buenos Aires, Argentina 117-144.
- Seibane C, G Larrañaga, C Kebat, G Hang, G Ferraris & ML Bravo (2014) Redes para la promoción del desarrollo territorial en el cinturón hortícola platense. *Mundo Agrario* 15 (28):19.
- Sleper DA & JM Poehlman (2006) *Breeding Field Crops.* 5th Edition. Wiley-Blackwell 432 Pp.
- Strada J & A Vila (2015) La producción de soja en Argentina: causas e impactos de su expansión. *La revista del CCC.* Diciembre de 2015. (23): 1-11.
- Stupino SA, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas En: Sarandón SJ & CC Flores (editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.* Colección de libros Cátedra. Universidad Nacional de La Plata (EDULP) 5:131-158.
- Tamagno LN & SJ Sarandón (2018) Limitaciones impuestas por las semillas y los materiales genéticos al desarrollo de una agricultura sustentable. El caso del girasol. *X Congreso ALASRU.* 25 al 30 de noviembre de 2018. Montevideo Uruguay.
- Tamagno LN, GE Sánchez Vallduví, RD Signorio, A Dellepiane & SJ Sarandón (2018) Rescate de la biodiversidad cultivada para la transición agroecológica en agroecosistemas extensivos de la Argentina. Evaluación de una variedad de polinización libre de girasol (*Helianthus annuus*). *VII Congreso Latinoamericano de Agroecología.* Guayaquil, Ecuador. Octubre de 2018.
- Toledo VM & N Barrera-Bassols (2008) *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales.* Serie Perspectivas Agroecológicas. Ícara. Barcelona.
- UNEP (1992) *Convention on Biological Diversity.* UNEP – Environmental Law and Institutions. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>. Último acceso octubre de 2017.
- UNEP/CBD (1994) *Convention on Biological Diversity.* Text and Annexes. The Interim Secretariat for the Convention on Biological Diversity, Geneva, Switzerland: 34 pp.

- UPOV (2019) Recuperado de <https://www.upov.int/portal/index.html.en>. Último acceso junio de 2019.
- Veteto JR (2014) Seeds of Persistence: Agrobiodiversity in the American Mountain South. *Culture, Agriculture, Food and Environment* 36 (1): 17-27.
- Wood D & JM Lenné (1997) The conservation of agrobiodiversity on-farm: questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6: 109-129.

CAPÍTULO 6

Variedades Locales: importancia en el diseño de agroecosistemas sustentables

*María Paula May, María Margarita Bonicatto
y Jeremías Otero*

Introducción

Como se abordó en otros capítulos, la biodiversidad es un concepto complejo que alude no solamente a la diversidad de genes y especies, sino que incluye distintos niveles de organización biológica y procesos ecológicos vinculados a ellos - sucesión, regulación biótica, ciclado de nutrientes, flujo de energía, regulación del ciclo del agua, entre otros. Estos aspectos son importantes para la sustentabilidad de los sistemas (Marasas, 2012; Sarandón & Flores, 2014), ya que, entre otros argumentos, permiten reducir el uso de insumos externos. Por otro lado, el término supone una relación estrecha con la diversidad cultural; los componentes que conforman la diversidad biológica dependen en gran parte de los sujetos que la aprovechan, cultivan, manipulan, utilizan, y conservan a partir de sus conocimientos, costumbres y prácticas.

La producción agropecuaria se halla íntimamente ligada a la biodiversidad, gracias a su material biológico de base –genes y especies-, la humanidad satisface sus necesidades alimentarias, de fibras y otros bienes. Los alimentos de origen vegetal y animal que consumimos actualmente son el resultado de procesos de selección, mejoramiento selectivo y domesticación, que ha tenido como base a especies silvestres. En los agroecosistemas, los/as agricultores/as son quienes mediante sus decisiones, saberes, lógicas, objetivos y posibilidades manejan los componentes de la agrobiodiversidad, y la complejidad que la misma alcance. De esta manera se establece un puente, una relación inextricable entre diversidad biológica y diversidad cultural.

Por lo general, el componente basal de la mayoría de los ecosistemas y agroecosistemas lo constituyen las plantas. Este primer nivel trófico es un componente clave para el funcionamiento de estos, la diversidad vegetal -cultivada, asociada y/o espontánea- está directamente relacionada a distintas funciones ecológicas como: control de la erosión, purificación del agua, preservación de animales herbívoros y depredadores que actúan en la regulación de plagas, etc. (Blanco & Leyva, 2007; Marasas *et al.*, 2012). Por lo tanto, una reducción drástica del componente vegetal en los sistemas puede afectar de forma negativa las funciones mencionadas, impactando en consecuencia sobre la productividad y la sustentabilidad. La agricultura de por sí,

implica una reducción en la biodiversidad natural de los ecosistemas, que es reemplazada por una población artificial de uno o pocos cultivos en grandes áreas, sin embargo, la agricultura actual ha reducido esta diversidad al máximo (Sarandón, 2014). En efecto, la producción agropecuaria actual, acorde al avance del capitalismo en la agricultura y de la mano de la llamada Revolución Verde, ha generado importantes consecuencias negativas: productivas, ecológicas y sociales. La esencia de este modelo fue la industrialización de la naturaleza, a partir de innovaciones tecnológicas basadas en el monocultivo, las semillas híbridas y transgénicas, y el uso intensivo de fertilizantes químicos, plaguicidas y combustibles fósiles (Caporal & Hernández, 2004); siendo uno de los principales problemas aparejados, la concentración genética y la pérdida de biodiversidad. En este sentido, los sistemas modernos de producción han evolucionado hacia la estandarización y simplificación genética reduciendo la diversidad de variedades (genotipos) que existían, por unos pocos cultivares modernos de alto potencial de rendimiento.

Los materiales genéticos locales, atesorados generación tras generación por agricultores/as y base de los procesos de domesticación, fueron paulatinamente reemplazados por genotipos *modernos*. A una escala global, se pasó de una gran cantidad de variedades adaptadas a diversas condiciones ambientales y culturales, a pocos cultivares a los que se les debe adecuar su ambiente para que expresen este potencial de rendimiento. Se homogeneizó la producción, la alimentación mundial se empobreció dependiendo de muy pocas especies, y junto al impacto ambiental negativo, se ha derivado en un modelo productivo insostenible.

Es necesario entonces avanzar hacia el diseño de sistemas productivos y alimentarios más sustentables, que compatibilicen una gran diversidad con una menor dependencia de insumos externos. Está claro que para avanzar en este objetivo son necesarios materiales genéticos que acompañen la diversidad de los territorios, de las costumbres alimenticias y que permitan el diseño de agroecosistemas diversificados.

En este contexto, cabe preguntarse cuáles son las características que deben tener los materiales genéticos que mejor se adapten a un modelo de agricultura sustentable. En particular, en este capítulo proponemos analizar lo que denominamos *variedades locales* (VL) y su posible rol en el diseño de agroecosistemas más resilientes, desde el punto de vista ecológico, económico y sociocultural.

¿Qué es una variedad local?

Diferentes experiencias e investigaciones, en el ámbito internacional y nacional, están relacionadas con el estudio de estos materiales, y en función de la perspectiva asumida, pueden agruparse en: **i)** aporte general de la agrobiodiversidad a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Acosta Naranjo, 2007; Altieri, 1993; Sarandón *et al.*, 2014); **ii)** usos y conservación de semillas locales (RAS, 2014; Aceituno Mata *et al.*, 2017 Bonicatto *et al.*, 2011, 2018) **iii)** valor biocultural y memoria tradicional (Ahumada *et al.*, 2010, 2011; Calvet-Mir *et al.*, 2014; Pochettino *et al.*, 2012, 2014; Toledo & Barrera-Bassols, 2008), **iv)** Variedades Locales como propuesta de

desarrollo rural (Acampora & Fonte, 2007; Garat & Otero, 2012). A su vez, y más recientemente, la relación entre variedades locales y un desarrollo sostenible, es abordada en distintos informes técnicos de organizaciones internacionales, como FAO (2010, 2019).

Entre los antecedentes vinculados a la temática se pueden identificar distintos términos que refieren a elementos similares. Además de *variedad local* (VL), se utilizan otras denominaciones como: *agrobiodiversidad local*, *semillas criollas*, *cultivos tradicionales* o *típicos*, *etnoespecies* o *etnotaxas* (o denominaciones en inglés como *folk varieties*, *crop landraces* o *heirloom varieties*). En este apartado no pretendemos analizar y describir las diferencias que existen entre los términos mencionados, sino que proponemos reconstruir los antecedentes en torno a las VL, para avanzar en su conceptualización. Elegimos esta denominación ya que en ella se destaca la idea de *lo local*, que es condición necesaria para que existan los procesos de *adaptación local* y *coevolución* que explicamos más adelante y que son clave para el objetivo del capítulo, que es analizar el aporte de las VL a la sustentabilidad de los agroecosistemas.

En primer lugar, se puede afirmar que las VL y los cultivares modernos, pueden ser considerados como dos extremos entre los que existen muchos tipos intermedios (Parlevliet, 2007; Wright & Turner, 1999). En términos generales, un cultivar moderno es una variedad que ha sido obtenida mediante un programa de mejoramiento genético formal; por otro lado, las semillas que los propios agricultores conservan, generalmente, se agrupan bajo la denominación de VL. Sin embargo, como veremos más adelante, el concepto supone otros elementos que buscaremos desarrollar aquí.

Los primeros usos del término, a principios del siglo XX, definieron a las VL como aquellas variedades cultivadas en un determinado lugar durante mucho tiempo y adaptadas a las condiciones locales a través de la selección natural, generalmente sin una selección intencional de los agricultores (Berg, 2009). Camacho *et al.* (2005) identificaron algunos rasgos particulares que se incorporan a la caracterización anterior, como ser genéticamente diversas y encontrarse asociadas con sistemas de producción tradicionales. En este sentido, las VL poseen vínculos culturales con las comunidades en las que se mantienen (Negri, 2007), y a su vez, presentan una alta heterogeneidad genotípica y fenotípica, lo que hace que su productividad sea estable a lo largo del tiempo y bajo condiciones de estrés (González Lera & Guzmán Casado, 2006; RAS, 2011).

Este germoplasma tiene un valor intrínseco y un valor de uso. El primero, refiere al valor como un elemento cultural e identitario de los agricultores, el segundo, quizás el más reconocido, es el valor como producto comercial, como alimento, forraje u otros usos en el predio, y para el fitomejoramiento como fuente de alelos de resistencia a enfermedades y de tolerancia a factores abióticos (Vidal *et al.*, 2018). En el mismo sentido, Teshome *et al.*, (1997) definieron a las VL como una población de plantas variables, adaptadas a condiciones agroclimáticas locales que es nominada, seleccionada y mantenida por agricultores para cumplir sus necesidades sociales, económicas, culturales y ecológicas. Por tanto, plantearon que las VL y los agricultores son interdependientes, se necesitan mutuamente para su supervivencia.

Para comprender la relevancia de las VL, uno de los conceptos clave es el de *adaptación local*, definido como el proceso mediante el cual una población se adapta mejor a su entorno que

otros miembros de la misma especie. Existe una amplia evidencia de que las plantas se adaptan a diferentes elementos ambientales, incluidos factores bióticos y abióticos. En la agricultura, la adaptación local generalmente se expresa en la rusticidad y el buen comportamiento productivo de los cultivos, en respuesta a ciertas condiciones y prácticas de manejo (Joshi *et al.*, 2001). A su vez, este proceso se ve favorecido en las circunstancias en que los agricultores no toman semillas como una muestra aleatoria de la cosecha, sino que realizan una selección previa. La variedad que se obtiene con este tipo de selección tradicional puede difundirse en la comunidad, muchas veces con el nombre de la persona que la obtuvo (Aderajew & Berg, 2006). Las semillas que evolucionan a través de tales mecanismos se convertirían en VL, es decir, las variedades de un cultivo que se ha mantenido bajo ciertas condiciones en una localidad, durante un período suficientemente largo para generar una población con una adaptación local estable. Como contrapartida, el fitomejoramiento convencional suele ir acompañado de la pérdida de diversidad alélica, ya que la uniformidad y estabilidad de los rasgos son un objetivo esencial para los mejoradores. Además, se avanza hacia una heterocigosidad reducida debido a la endogamia y la fluctuación aleatoria en la frecuencia de los genes (deriva genética) asociada con tamaños de población pequeños (Corrado & Rao, 2017).

Por otro lado, es importante mencionar que cada ecosistema y agroecosistema ha ido evolucionando y modificándose en el tiempo, a través de las interacciones e influencias que sus distintos componentes ejercieron sobre los demás. Estos componentes, de carácter tanto natural como cultural, en esa interacción, se han ido definiendo y modificando mutuamente. Este proceso de *coevolución* (Norgaard, 1994) involucra a las VL, y nos permite comprender que las mismas son parte de un proceso que podríamos llamar de *localización* donde se gestan las imbricaciones ambientales y culturales mencionadas. En ese sentido, Garat *et al.*, (2009) definieron a las VL como el producto de un proceso co-evolutivo desarrollado en los agroecosistemas, donde han actuado la selección natural y la humana, y que involucra tanto a la tolerancia o resistencia a determinadas plagas o patógenos y/o condiciones ambientales, como a las técnicas de manejo o la elección por el gusto y sabores.

Variedades locales en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables

Considerando que, tal como venimos señalando en este libro, la biodiversidad presente en un sistema productivo es fundamental para su sustentabilidad, resulta inexorable reflexionar sobre las relaciones entre esta y las características del material genético cultivado. En este contexto, entendemos que las VL deben ser analizadas desde los principios y criterios de la agroecología, que incorpora la relación entre la agricultura y el ambiente global y las dimensiones sociales, económicas, políticas, éticas y culturales. La sustentabilidad debe ser vista como una búsqueda permanente de nuevos puntos de equilibrio entre estas diferentes

dimensiones que pueden ser conflictivas entre sí en realidades concretas (Caporal & Costabeber, 2004). De esta manera, lejos de analizar a las VL desde una mirada estática ligada a las tradiciones, o entenderlas como reliquias o patrimonio museológico de un lugar a conservar en *estricto sensu*, proponemos analizar el conjunto de variables que permitan explicar su incorporación y función en los agroecosistemas, teniendo en cuenta además factores del contexto en donde éstos se insertan.

Las semillas “no son neutrales”, son la base del proceso productivo y a ellas están asociadas distintas tecnologías y prácticas de manejo. El germoplasma que el contexto pone a disposición de los/as agricultores/as, los requerimientos y estándares de calidad de los mercados, factores socioeconómicos como el acceso a la tierra, el precio de insumos y productos, entre otros, influyen en las decisiones tecnológico-productivas que se toman en un sistema, y deben ser considerados al momento de comprender qué semilla se elige para emprender una nueva campaña productiva.

La consideración de las VL como alternativa tecnológica requiere, por un lado, que el material genético se encuentre disponible y por el otro, que exista y también esté disponible el conocimiento sobre éste, sus relaciones ecosistémicas, así como los saberes y prácticas productivas tradicionales y modernas, a él asociadas (Casas & Velásquez-Milla, 2016; Casas, 2017). En este sentido, existen distintas experiencias que permiten su conservación tanto ex situ como in situ y favorecen su disponibilidad, como, por ejemplo: bancos de germoplasma, jardines botánicos, cooperativas dedicadas a la multiplicación y venta de semillas, redes de semilleros, ferias para el intercambio y grupos de productores o huerteros que han reproducido y resguardado sus semillas⁴.

La conservación, multiplicación y uso de las VL en los sistemas productivos, posibilita un aumento de la BD presente en los mismos, permitiendo que ocurran las interacciones necesarias para optimizar distintos procesos ecológicos, que aportan estabilidad y capacidad de resiliencia a los agroecosistemas (Marasas, 2012; Sarandón *et al.*, 2016; Stupino *et al.*, 2014). Tales procesos incluyen: la regulación de plagas y enfermedades, polinización, descomposición de la materia orgánica y el ciclado de nutrientes, mantenimiento de la fertilidad de los suelos; el flujo de energía, control de la erosión y la regulación del ciclo del agua, entre otros. Entonces, el grado de diversidad genética presente en el agroecosistema (diversidad de especies, variabilidad genética e intraespecífica) que incorpore cada agricultor, toma especial relevancia, ya que junto a otras dimensiones de la biodiversidad, permite potenciar los procesos ecológicos mencionados y reducir el uso de insumos externos en los agroecosistemas (que son costosos, contaminantes y se enmarcan en una lógica distinta a la de la producción sustentable), así como disminuir el impacto ambiental sobre otros sistemas (Altieri, 1993; Fernández & Marasas, 2015; Sarandón *et al.*, 2016).

Asimismo, la diversidad intraespecífica y adaptación local, que caracteriza a cualquier VL, han otorgado a este tipo de germoplasma, una alta capacidad de adaptación al medio, plasticidad y rusticidad, aspectos que son valorados por agricultores/as por otorgar estabilidad a

⁴ En el capítulo 5 se desarrolla con mayor detalle, distintas estrategias de conservación de biodiversidad.

sus producciones (RAS, 2011). En síntesis y en términos generales, al potenciar el componente vegetal, los servicios del ecosistema y los conocimientos de los/as productores/as, pueden contribuir al diseño de sistemas agrícolas sustentables. Ahora bien, en términos específicos y reconociendo que cada contexto tiene particularidades relevantes, resulta necesario preguntarse qué características de estos materiales son importantes observar o tener en cuenta, para poder avanzar en ese objetivo.

Características específicas de las VL en el diseño de sistemas productivos sustentables

Como se mencionó con anterioridad, la elección sobre qué semilla utilizar y qué variedad producir en cada campaña, por parte de los y las productoras no es una cuestión neutral. Tampoco lo son las recomendaciones técnicas, ni la oferta tecnológica disponible en los contextos en donde se haya cada sistema productivo. A la hora de pensar en agroecosistemas que incorporen VL en sus esquemas productivos, es importante realizar un ejercicio reflexivo, para dimensionar el alcance de las decisiones y propuestas que se realicen, teniendo en cuenta las características de las VL que se produzcan y el contexto del agroecosistema en cuestión.

Por otro lado, realizar un análisis multidimensional ayuda a entender en qué medida la producción en base a VL, contribuye a una agricultura sustentable y a sistemas productivos más resilientes. Se parte del supuesto que una agricultura sustentable, es aquella que permite satisfacer en el transcurso del tiempo las diferentes necesidades humanas, a nivel local y regional, a través de procesos productivos y sociales, que respeten los límites biológicos establecidos por la naturaleza y la cultura local. Siguiendo los lineamientos de Caporal & Costabeber (2009), Gliessman (2002) y Sarandón & Flores (2014), se puede considerar que un sistema será ecológicamente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos y evita o disminuye la entrada de insumos externos, así como el impacto ambiental extrapredial. Será económicamente sustentable si es rentable y estable en el tiempo y se acercará a la resiliencia sociocultural si mantiene o mejora el capital social y la autonomía en la toma de decisiones.

Por lo tanto, más allá de destacar los atributos de alta variabilidad genética dentro de la población y la adaptación local, (dimensión ecológica que generalmente se prioriza) de las VL, es importante analizar otras características, vinculadas a las restantes esferas que hacen a la sustentabilidad; proponemos aquí algunas a modo de ejemplo (Tabla 6.1).

Tabla 6.1: Variables para analizar el aporte de una variedad local a la sustentabilidad de un agroecosistema

SUPUESTOS	VARIABLES PARA OBSERVAR
<p>DIMENSIÓN ECOLÓGICA</p> <p>Será ecológicamente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos y evita o disminuye la entrada de insumos externos, y el impacto ambiental extrapredial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Productividad - Rusticidad - Requerimientos nutricionales - Incidencia/tolerancia de plagas y enfermedades - Tolerancia a estrés hídrico/salino - Ciclo del cultivo - IAF capacidad fotosintética/ocupación espacio - Estructura floral/polinización - Morfología/anatomía de distintos órganos (en relación con albergar benéficos o repeler patógenos) - Cantidad y calidad de rastrojo - Presencia/ausencia de compuestos, tejidos, órganos sustancias reserva (ceras, cristales, cantidad de estomas, cutículas, etc.) - Posibilidad, ausencia presencia de asociaciones simbióticas
<p>DIMENSIÓN ECONÓMICA</p> <p>Será económicamente sustentable si es rentable y estable en el tiempo y disminuye el riesgo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento y estabilidad - Costos de producción y comercialización - Costo de la semilla e insumos - Precio del producto - Cantidad y diversidad de canales de comercialización - Volúmenes de producción y comercialización - Aspectos morfológicos relacionados con la comercialización (homogeneidad / heterogeneidad en formas y tamaños de órganos cosechables) - Demanda / mercado del producto
<p>DIMENSIÓN SOCIOCULTURAL</p> <p>Se acercará a la resiliencia sociocultural si mantiene o mejora el capital social y la autonomía en la toma de decisiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Historia de la VL, su producción y consumo en la zona - Prácticas y saberes asociados a su producción y consumo - Origen -trayectorias familiares/productivas de los/as agricultores/as - Representaciones y sentidos asociados a las VL - Experiencias organizativas / capital social - Valor simbólico del producto - Valor simbólico / reconocimiento por ser productor/a de la VL

Esta propuesta teórico-metodológica no supone considerar, necesariamente, todas las dimensiones de análisis, sino aportar un conjunto general de variables que deben luego ser ajustadas a cada caso en particular. Se requiere la utilización de metodologías e instrumentos pertenecientes a diferentes disciplinas, ya que se abordan fenómenos de naturaleza diversa. Esta condición complejiza el análisis ya que deben movilizarse categorías teóricas y metodologías propias de las ciencias agrarias, biológicas, económicas, sociales, etc.

Para evaluar el posible aporte que la incorporación de una VL realiza a la sustentabilidad, la información asociada a cada variable mencionada debe ser analizada en comparación con otro germoplasma utilizado. La sustentabilidad de un agroecosistema debe siempre considerarse en términos relativos, donde la referencia suele ser el modelo convencional de agricultura, por lo tanto, también la evaluación de una VL debe surgir de un análisis comparativo con el material genético convencional, que en este caso son los cultivares modernos.

Las variedades locales en el área hortícola de La Plata

Alrededor de la ciudad de La Plata, desde finales del siglo XIX, se ha conformado un periurbano productivo en paralelo al desarrollo de la ciudad. Actualmente es uno de los principales cinturones de hortalizas del país, abasteciendo a la población de Buenos Aires-La Plata, y de otras regiones (García, 2010). La importancia del área hortícola platense (AHP) como periurbano productivo, radica en la oferta de una gran diversidad de especies, los altos rendimientos productivos alcanzados, y la gran cantidad de productores dedicados a la actividad. Se estima que el 11,06% de la superficie del partido de La Plata se destina al desarrollo de la actividad hortícola (Baldini & Cieza, 2017). Los antecedentes históricos también refuerzan la identidad de este periurbano, cuya conformación ha sido posible gracias a las condiciones ambientales de la región, la planificación estatal, la infraestructura vinculada a las vías de comunicación y agentes comercializadores, la innovación tecnológica y, principalmente, a la fuerza de trabajo aportada por todos los que se asentaron en la zona.

A comienzos del siglo XX ingresaron inmigrantes europeos, principalmente de origen italiano, portugués y español; una segunda oleada proveniente de Europa arribó durante la segunda posguerra; a su vez a partir de la década de 1960 ingresaron migrantes internos del país –principalmente del noroeste y noreste–; y, finalmente tuvo lugar la migración desde países limítrofes, principalmente boliviana, con una afluencia sistemática desde 1970 (Archenti & Ringuelet, 1997). La participación de productores y trabajadores bolivianos se fue incrementando sostenidamente, generando una economía de enclave étnico y la institucionalización de un proceso de movilidad socioeconómica, basada en la horticultura como principal actividad productiva (Benencia & Quaranta, 2009). Actualmente, en esta región, en lo que a tipos sociales agrarios se refiere, coexiste la producción empresarial, con la producción familiar, siendo aquellas de mano de obra predominantemente familiar, superior al 70 % (Cieza, 2009).

En relación con el modelo productivo, en la región ha prevalecido el vinculado al de la revolución verde, que ha implicado diversas consecuencias desde lo ambiental, económico y sociocultural. A escala global, y en referencia la temática abordada en este capítulo, una de tales consecuencias ha sido la pérdida de biodiversidad, así como la diversidad cultural a ella asociada; situación grave si se comprende el rol que ambas cumplen para el funcionamiento de los sistemas productivos y autonomía de los productores. Desde esta lógica, las familias productoras se hallan en una espiral tecnológica, en donde priman el invernáculo, las semillas híbridas y el uso de agroquímicos. El avance de este modelo entendido como “modernizador”, hacia los eslabones de la comercialización supone criterios de calidad y compra donde priman lo visual y lo estético por sobre lo sano o seguro y con sabor. De esta manera, los productores se ven obligados a adquirir año a año las semillas que el mercado de insumos dispone, vinculadas a su vez con los requerimientos del mercado al que ofertan su producción. Esto ocasiona que gran parte de la pérdida de diversidad está asociada a las semillas implicadas en la producción. Hoy en día, circulan tanto variedades locales, como semillas de cultivares modernos, siendo las segundas las buscadas precisamente para responder a las expectativas y exigencias del mercado. Por otro lado, los procesos históricos con sus causales socioculturales y económicas hacen hoy que el acceso a la propiedad de la tierra sea muy dificultoso para los protagonistas de la horticultura local, debiendo pagar altísimos valores por el arrendamiento. Esto condiciona fuertemente las decisiones productivas de los agricultores, quienes “deben” sacar el mayor provecho posible de esa tierra que alquilan. De alguna forma estos mercados –el de insumos, tierra, y productos- establecen márgenes muy acotados para las decisiones productivas y comerciales de los/as agricultores/as.

Si bien esta concepción “modernizadora” en la horticultura local, ha implicado una serie de “ventajas” productivas, económicas y técnicas, ligadas al invernáculo y su paquete tecnológico (Blandi, 2016; García, 2010; Selis, 2000), no ha sido adoptada completamente por todos los productores; y los antecedentes indican que el AHP puede considerarse aún un reservorio de diversidad biocultural. En efecto, existe heterogeneidad en cuanto al tipo de explotación, la organización social del trabajo, los estilos locales de producción, los niveles de incorporación tecnológica y las prácticas hortícolas que, a menudo implican la conservación de variedades hortícolas características de la zona. Justamente, en el AHP se puede constatar la existencia de un buen número de VL. Distintos trabajos en el territorio y antecedentes bibliográficos permiten establecer que los productores familiares son los que mantienen en producción VL, así como su conocimiento tradicional asociado (Ahumada *et al.*, 2010, 2011; Bonicatto *et al.*, 2011, 2015, 2018; Garat *et al.*, 2007, 2009; Gargoloff *et al.*, 2009, 2018; Nico *et al.*, 2006; Otero *et al.*, 2014; Pochettino *et al.*, 2014, 2017). Esos cultivos son producto de una cultura que se construye alrededor de la producción, el comercio y el consumo, son productos culturales, donde se conjuga el *saber hacer* de los productores vinculado a su producción y preparación, así como el gusto y demanda de los consumidores.

De esta manera, los agricultores familiares son quienes principalmente aportan a la soberanía alimentaria, en un contexto de creciente homogeneización e intensificación de la producción,

pero dónde no obstante aún pueden identificarse diferentes formas de hacer horticultura. Las diferentes trayectorias, experiencias e identidades culturales vinculadas a cada grupo social presente en la zona, tuvieron sin dudas su correlato en los materiales genéticos y formas productivas que se plasmaron y aún hoy se identifican en el territorio platense; dando cuenta de la estrecha vinculación que existe entre la diversidad cultural y la diversidad biológica.

Asimismo, en el contexto actual de crisis alimentaria global, la producción y el mantenimiento de variedades locales, la acción de quienes las producen como de quienes las consumen, pueden entenderse como “resistencias”, al cuestionar los criterios de homogeneización, desestacionalización y deslocalización, de la alimentación industrial; y fortalecer la esfera cultural de la sustentabilidad, ya que en su producción, preparación y consumo se movilizan saberes fuertemente anclados en las culturas inmigrantes europea y andina, que se resignifican en el ámbito local; en este caso La Plata.

Siguiendo las conceptualizaciones sobre VL definidas previamente en este capítulo, así como denominaciones en torno al concepto de semilla en el capítulo anterior, entendemos que las variedades locales de hortalizas (VHL) de La Plata, son: variedades locales autóctonas o aquellas derivadas o no de cultivares comerciales antiguos y mejorados, son variedades de polinización abierta, tienen un tiempo de permanencia en la zona considerable -30 años o más-, son reconocidas por productores y/o consumidores de la comunidad local, y tienen características intrínsecas que las distinguen de otras de su especie (Garat *et al* 2009). Algunos ejemplos de las variedades que se han venido cultivando y conservando a lo largo de estos años, son: ají vinagre (*Capsicum* sp.), tomate platense (*Solanum lycopersicum* L.), alcaucil ñato y francés (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori), zapallito de tronco (*Cucurbita maxima* Duchesne subsp. *maxima*), nabiza (*Brassica rapa* L), grilo nabo (*Brassica rapa* L), chaucha balina (*Phaseolus vulgaris* L. var. *vulgaris*), entre otras, y cada una puede asociarse a un “ecotipo local” como en el caso del tomate platense: “Carcione”, “Franchi”, “Paulettich”, “Ventura”, “Grasso”, “Ferrerí”, etc. constituyendo etnotaxas, denominadas con el apellido del productor/a que las conservó a través del tiempo (May, 2014).

En el caso descrito, observamos que, el hecho de conservar semilla propia para el cultivo siguiente otorga a agricultores/as mayor autonomía e independencia productiva. Al ser poblaciones heterogéneas, se encuentran adaptadas localmente, generando en el agroecosistema una menor dependencia de insumos externos. Esto reduce en cierta manera el impacto ambiental, económico y en la salud. Además, la mayor diversidad biológica a nivel genético y de especie que caracteriza a estos materiales en comparación con los modernos, se traduce en una mayor diversidad alimentaria real (ver capítulo 17, referido a nutrición). Estos cultivos, incluso desde el punto de vista comercial, pueden convertirse en estrategias viables, ya que gozan de cierta diferenciación en el mercado y/o circulan por canales de venta específicos generalmente de cadena corta; traduciéndose esto en una ganancia mayor para el productor y un precio justo para el consumidor (May & Ciochini, 2018).

Sin embargo, también es necesario indicar que muchas de las VL se producen a escala marginal, ya que se ven condicionadas fundamentalmente por el contexto del agroecosistema en

donde se hallan conservadas y/o producidas. Esos condicionantes reúnen i) aspectos comerciales como heterogeneidad de las formas y menor vida postcosecha; ii) Aspectos productivos: menores rendimientos, ciclos muy prolongados, iii) usos: hábitos alimenticios en retroceso, desconocimiento por parte de consumidores y nuevos productores, y, en términos simbólicos, asumir la producción de este tipo de materiales puede significar un desprestigio social, en el marco de un contexto muy tecnologizado de producción.

El Tomate platense

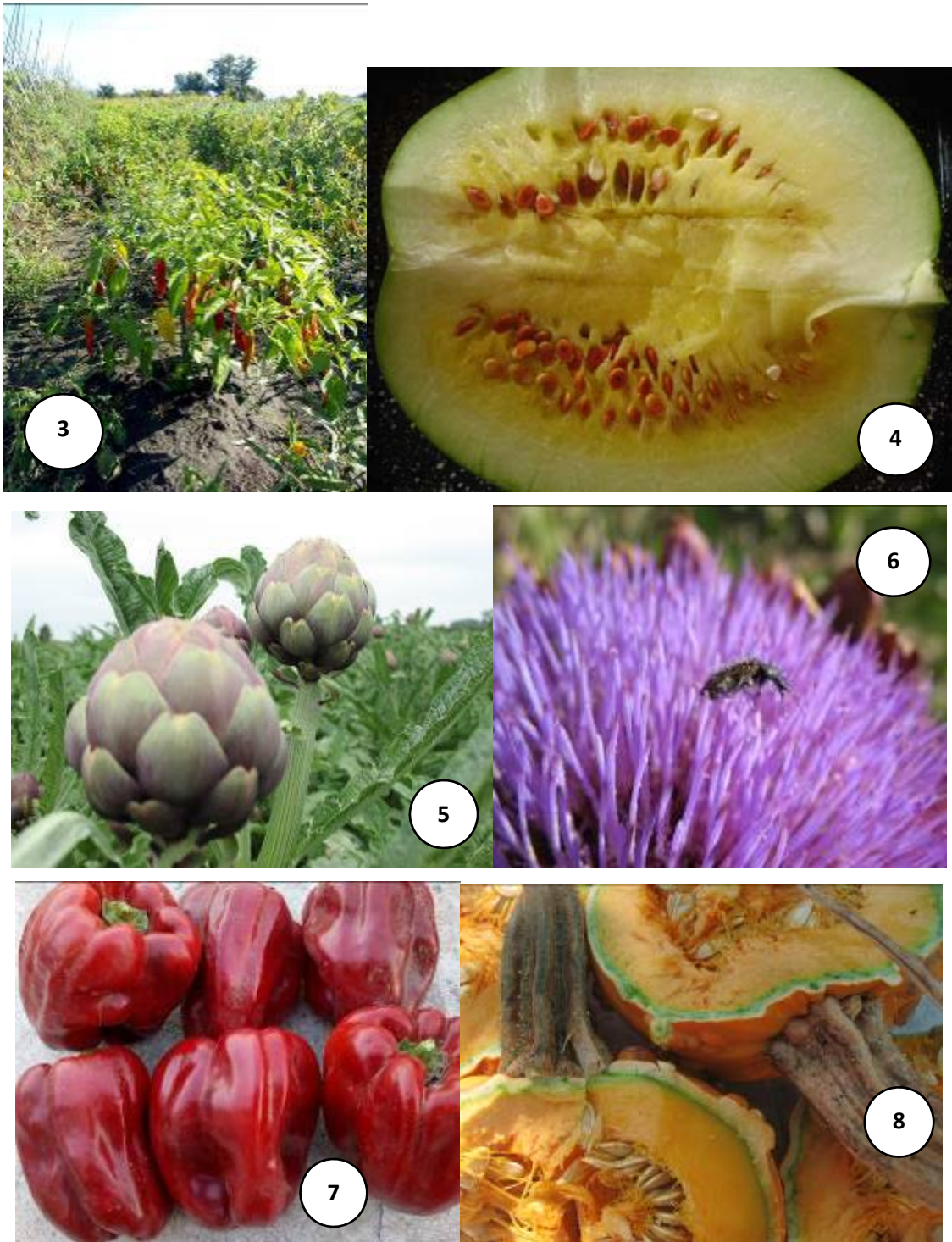
Se trata de una variedad local de origen no suficientemente determinado que se adoptó en forma general en la Argentina a partir de la década de 1930. Es un cultivar de tomate redondo, plurilocular de crecimiento indeterminado. Las características morfológicas del fruto (moderadamente a muy acostillados, aplastados o ligeramente aplastados, cicatriz estilar marcada y disposición en infrutescencias múltiparas) aproximan el tomate platense al tipo morfológico 'Marmande'. Sus diferentes características agronómicas y su rusticidad contribuyeron a su difusión, manteniéndose hasta el decenio de 1980 como el material empleado casi con exclusividad para cultivar tomate redondo de consumo fresco en toda la Argentina. Durante su período de máxima adopción constituyó un producto de provisión típicamente estacional ya que, a causa de su escasa firmeza y capacidad de conservación, no toleraba ser transportado a largas distancias. Esta característica determinó su paulatina sustitución por cultivares comerciales, fundamentalmente híbridos. Más recientemente ciertos caracteres agronómicos como la tolerancia a TSWV y caracteres de calidad comercial como su alto contenido en sustancias responsables de sabor han promovido su revalorización. Según el testimonio recogido entre los horticultores, durante las épocas de mayor difusión comercial existieron en la zona del área hortícola de La Plata hasta quince poblaciones o etnotaxas diferentes, reconocidas según el apellido del horticultor responsable de su selección y conservación ('Carcione', 'Bustos', 'Del Manso', 'Gentile', 'Prieto', 'Grasso', 'Molinario', 'Tomaíno', 'Alborghetti', 'Luna', 'Paulettich', 'Volpi', 'Cataldo' y 'Brecchia') (Nico et al., 2006). Durante los últimos años y principalmente en vinculación a propuestas de producción agroecológica, nuevos agricultores se han volcado a su producción y demandan sus semillas. Asimismo, la conformación de consumidores más exigentes en calidad organoléptica de los productos de cosecha, la búsqueda del "tomate con sabor a tomate", el arraigo local y la identidad cultural, estimulan su demanda y consumo.



Imagen 6.1: Distintas poblaciones locales de tomate platense (*Solanum lycopersicum* L.), cada una corresponde al apellido del agricultor/a que la ha conservado durante varias décadas. Foto: M. Paula May.



Imagen 6.2: Familia agricultora, participando y mostrando su producción de tomate platense (*Solanum lycopersicum* L.), en la X Fiesta del Tomate Platense, ciudad de La Plata, febrero de 2014. Foto: M. Paula May.



Imágenes de distintas variedades locales de hortalizas. Imagen 6.3: Cultivo de ají vinagre (*Capsicum annum* L.) población Paulettich. Imagen 6.4: Fruto de sandía amarilla (*Citrullus lanatus* Schard). Imágenes 6.5 y 6.6: órgano de cosecha e inflorescencia de alcaucil francés (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori), respectivamente. Imagen 6.7: frutos de ají morrón (*Capsicum annum* L.) población Grasso. Imagen 6.8: Frutos de zapallo turco (*Cucurbita pepo* L.). Todas fotos autoría de M. Paula May.

Conclusiones

El desarrollo de otro modelo de agricultura supone considerar múltiples dimensiones que deben articularse en función de principios y criterios comunes. La agroecología se constituye en una propuesta que pretende avanzar en ese sentido e involucra, en su mirada o enfoque, fenómenos de distinta naturaleza (ecológica, social, cultural, económica y política). Este capítulo pretende realizar un pequeño aporte a ese desafío desde el análisis de un elemento específico, como es un tipo de material genético cultivado (las Variedades Locales), e intentando confluir en dicho análisis aspectos biológicos (por ej. rusticidad y tolerancia a plagas y enfermedades), económicos (por ej. precio del producto y posibilidades comerciales) y socioculturales (por ej. valor simbólico del producto y reconocimiento hacia los/as productores/as). A su vez, y a fin de ejemplificar la complejidad de cada posible circunstancia, se presenta el caso de las VL en el área hortícola de La Plata, y del tomate platense en particular.

En síntesis, respecto al aporte que las VL pueden realizar a la sustentabilidad, concluimos que no deben establecerse conclusiones generalizables a todas las circunstancias. En primer lugar, más allá de los atributos comunes y que definen en esencia a una VL, cada una de ellas posee otras características que son relevantes desde un análisis multidimensional para entender su funcionalidad en los agroecosistemas. Por otro lado, las particularidades de cada agroecosistema (tanto atributos propios como del contexto), explican también el rol que pueden cumplir dentro de ellos.

Para finalizar, consideramos que un aspecto relevante del concepto de VL es el proceso de *localización*, donde la adaptación y la coevolución explican, en buena medida, las virtudes de estos materiales genéticos -en particular si los pensamos en el marco de un modelo de agricultura sustentable-. En ese sentido, creemos necesario flexibilizar la noción original de VL, incorporando dentro de esta a aquellos cultivares que, a pesar de haber sido sometidos a un proceso de fitomejoramiento formal, conservaron la condición de ser variedad botánica, y han sido luego reproducidos durante un tiempo prolongado y en un lugar determinado, por los mismos agricultores.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué es una Variedad Local? ¿Para qué sirven?*
2. *¿Por qué es importante conservarlas? ¿Qué estrategias de conservación fortalecen el mantenimiento de este tipo de agrobiodiversidad?*
3. *¿Pueden conservarse las VL en bancos de germoplasma? ¿Por qué?*
4. *De obtenerse o encontrarse una variedad local de excelentes características agronómicas. ¿Es deseable tratar de difundirla a una gran región productiva? ¿Cuáles serían los inconvenientes de intentar hacer esto?*

5. *¿Cuál es el rol de las VL en el diseño-manejo de agroecosistemas sustentables?*
6. *La Conservación de las VL ¿es una reivindicación nostálgica o una estrategia de manejo para el logro de agroecosistemas más sustentables?*
7. *¿Qué características podemos observar de ellas, importantes para la sustentabilidad de los sistemas?*
8. *¿Es posible hacer mejoramiento en las variedades locales? ¿O deben mantenerse "tal cual"?*
9. *¿Cómo sería este? ¿qué características debería tener?*
10. *En el contexto productivo y alimentario global, de creciente intensificación ¿qué aspectos positivos/negativos presenta para los agroecosistemas y productores, el cultivo en base a VL?*
11. *¿Cuáles son las amenazas para el mantenimiento y difusión de las variedades locales?*

Referencias

- Acampora T & M Fonte (2007) Productos típicos, estrategias de desarrollo rural y conocimiento local. *Revista Opera* 7:191-212.
- Aceituno Mata L, J Tardío, M Pardo De Santayana, P Beyei, L Calvet-Mir & V Reyes-García (2017) La biodiversidad agrícola como bien comunal: problemáticas y estrategias. En: *El futuro de la alimentación y retos de la agricultura para el siglo xxi: Debates sobre quién, cómo y con qué implicaciones sociales, económicas y ecológicas alimentará el mundo*. Elikadura 21. Palacio de Congresos Europa. Vitoria-Gasteiz. Álava. País Vasco. Europa. 52:1-10.
- Acosta Naranjo R (2007) La biodiversidad en la agricultura. La importancia de las variedades locales. En: Maestre J, A González & A Casas (eds.) *Nuevas rutas para el desarrollo en América Latina. Experiencias globales y locales*. Editorial Universidad Iberoamericana. Ciudad de México. (239-260).
- Aderajew H & T Berg (2006) Selectors and no Selectors: Agricultural and Socio-economic Implications of On-farm Seed Selection. En: *Ethiopia. Plant Genetic Resources Newsletter* 145:1-10.
- Ahumada A, JJ Garat & J Otero (2011) *Hortalizas típicas del cinturón verde de La Plata (no son cualquier verdura)*. ISBN: 978-987-33-0047-9.
- Ahumada A, ML Ciampagna, J Vera Bahima, JJ Garat & J Otero (2010) Prácticas culturales en la selección y conservación de las hortalizas locales en el Cinturón Hortícola Platense. En: *Transformaciones y tradiciones en etnobotánica*. CYTED Editor responsable. ISBN: 978-84-96023-95-6.
- Altieri MA (1993) Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 46(1-4):257-272.
- Archenti A & R Ringuélet (1997) Mundo de trabajo y mundo de vida: Migración, ocupación e identidad en el ámbito rural. En: *Papeles de trabajo*, N° 6.

- Baldini C & R Cieza (2017) Construcción de un mapeo participativo del Periurbano de La Plata. En: Periurbanos hacia el consenso. *1^{er} encuentro sobre periurbanos en interfaces críticas*, INTA, Ciudad de Córdoba. 12 al 14 de septiembre.
- Benencia R & G Quaranta (2009) Familias bolivianas en la actividad hortícola. Transformaciones en sus procesos de movilidad. En: Benencia (Coord.) *Cinturón Hortícola de la ciudad de Bs. As. Cambios sociales y productivos*, Ed. Ciccus, Buenos Aires, pp. 111-126.
- Berg T (2009) Landraces and folk varieties: a conceptual reappraisal of terminology. *Euphytica*, 166(3):423-430.
- Blanco Y & A Leyva (2007) Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales* 28 (2): 21-28.
- Blandi M (2016) *Tecnología del invernáculo en el Cinturón Hortícola Platense: análisis de la sustentabilidad y los factores que condicionan su adopción por parte de los productores*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.
- Bonicatto MM, ML Pochettino, SJ Sarandón & ME Marasas (2011) Criterios locales para la conservación de semillas en agricultores familiares de Argentina. Su importancia para el manejo agroecológico. *Resumos do Congresso Brasileiro de Agroecologia-Fortaleza/CE*. 6(2), resumen No 10725. ISSN 2236-7934.
- Bonicatto MM, ML Pochettino, SJ Sarandón & ME Marasas (2015) Conservación de Semillas por Agricultores Familiares en un Contexto Periurbano en La Plata, Argentina. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. 7 al 9 de octubre, La Plata, Argentina. ISBN: 978-950-34-1265-7.
- Bonicatto MM (2018) *Sustentabilidad y Agrobiodiversidad. Análisis de la conservación de semillas y conocimientos asociados en agroecosistemas familiares del Cinturón Hortícola Platense*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP. 260pp.
- Calvet-Mir L, T Garnatje, J Montserrat Parada & V Reyes García (2014) Más allá de la producción de alimentos: los huertos familiares como reservorios de diversidad biocultural. *Revista Ambiental* 107:40-52.
- Camacho Villa TC, N Maxted, M Scholten & B Ford-Lloyd (2005) Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3 (3): 373-384.
- Caporal F & J Costabeber (2004) *Agroecologia E Extensão Rural: Contribuições para a Promoção do Desenvolvimento Rural sustentável*. Porto Alegre (RS).
- Caporal F & J Costabeber (2009) Capítulo 3.6 "Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica", En: Caporal FA (Coord.) *Extensão Rural e Agroecologia: temas sobre um novo desenvolvimento rural, necessário e possível*. Brasília, Pp. 278-292.
- Caporal FR & J Hernández (2004) *La Agroecología desde Latinoamérica: avances y perspectivas*. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo. Lima Pp. 9.
- Casas A (2017) La perspectiva sustentable del manejo de recursos genéticos y los desafíos de la investigación científica. En: Casas A, J Torres-Guevara & F Parra (Eds). *Domesticación en el continente americano. Investigación para el manejo sustentable en el Nuevo Mundo*. 2: 12-25.

- Casas A & D Velásquez-Milla (2016) Erosión genética. En: Casas, A., J. Torres Guevara & F. Parra (Eds.). *Domesticación en el continente americano. Volumen 1. Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo*. Universidad Nacional Autónoma de México /Universidad Nacional Agraria La Molina, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. Edigraria, Lima, Perú, 3:75-95.
- Cieza R (2009) Producción Familiar Hortícola en el Partido de La Plata. En *IV Congreso Argentino y Latinoamericano de Antropología Rural*. 25 al 27 de marzo. Mar del Plata. Actas de CongresoCD.
- Corrado G & R Rao (2017) Towards the genomic basis of local adaptation in landraces. *Diversity*, 9 (4): 51.
- FAO (2010) *Segundo Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo para la alimentación y la agricultura*. Disponible en: <http://www.fao.org/agriculture/seed/sow2/en/>
- FAO (2019) *El estado de la biodiversidad para la alimentación y agricultura en el mundo*. (Resumen). Comisión de recursos genéticos para la alimentación y agricultura de la FAO, 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA3229ES>
- Fernández V & M Marasas (2015) Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Revista. Facultad Agronomía*. La Plata 114 (1): 15-29.
- Garat JJ & J Otero (2012) ¿Desde dónde intervenimos cuando intervenimos? El caso del proyecto “Tomate Platense”. *Mundo Agrario. Revista de estudios rurales*. 12(24):1515-5994.
- Garat JJ, A Ahumada, J Otero, G Terminiello, G Bello & ML Ciampagna (2009) Las Hortalizas Típicas Locales en el cinturón verde de La Plata: su localización, preservación y valorización. *Horticultura Argentina* 28(66)
- Garat JJ, A Castro, S Gramuglia & A Nico (2007) Relevamiento de recursos genéticos hortícolas en el cinturón verde de la plata (Buenos Aires, Argentina). *Revista Brasileira de Agroecología*, 2 (1).
- García M (2010) Inicios, consolidación y diferenciación de la horticultura platense. En: Svetlitz de Nemirovsky A (ed.). *Agricultura periurbana en Argentina y globalización. Escenarios, recorridos y problemas*. FLACSO, Buenos Aires, (69-85). ISSN 2218-5682.
- Gargoloff NA (2018) *Manejo, conocimiento y valoración de la agrobiodiversidad en fincas familiares de La Plata. Su relación con un manejo sustentable de los agroecosistemas*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69856>
- Gargoloff NA, MM Bonicatto & SJ Sarandón (2009) Análisis del conocimiento y manejo de la agrobiodiversidad em horticultores capitalizados, familiares y orgánicos de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de agroecología*, 4 (2).
- Gliessman SR (2002) *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable*. Ed. En español. CATIE. Turrialba, Pp. 1-23.

- González Lera R & GI Guzmán Casado (2006) Las variedades tradicionales y el conocimiento asociado a su uso y manejo en las huertas de la vega de Granada. *VII Congreso SEAE Zaragoza*, Pp. 1-10.
- Joshi J, B Schmid, MC Caldeira, PG Dimitrakopoulos, J Good, R Harris & CPM Mulder (2001) Local adaptation enhances performance of common plant species. *Ecology Letters*, 4(6): 536-544.
- Marasas ME (2012) *El Camino de la transición Agroecológica*. Ediciones INTA. 1ra Edición. Pp. 13-25.
- May MP & FI Ciochini (2018) Crisis alimentaria global, posibles salidas locales: cultivos tradicionales, en La Plata, Argentina. En: *Observatorio Medioambiental*, ediciones Complutense. ISSN: 1139-1987. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5209/OBMD.62660>
- Negri V (2007) Towards a more comprehensive definition of 'landrace' than currently published. En Del Greco A, V Negri & N Maxted. *Report of a Task Force on On-Farm Conservation and Management*. Second Meeting. Pp. 19-20.
- Nico A, JJ Garat, A Castro, S Gramuglia, A Ahumada, S Gamboa & SJ Sarandón (2006) Recursos genéticos de plantas hortícolas alóctonas em el cinturón verde metropolitano. La Plata, Buenos aires, Argentina. *Plant Genetic Resources*. Newsletter. 148: 44-48.
- Norgaard RB (1994) *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Reversioning of the Future*. Routledge, Nueva York, EE. UU.
- Otero J, JJ Garat, J Vera Bahima, A Ahumada, MP May & A Nico (2014) Multiplicación, estudio y difusión de variedades hortícolas locales en el cinturón verde platense. XVII Jornadas Nacionales de Extensión Rural y IX del Mercosur. "El encuentro en la diversidad". Facultad de Ciencias Agrarias – U.N.R. - Zavalla - Santa Fe.
- Parlevliet JE (2007) How to maintain improved cultivars. *Euphytica*, 153(3):353-362.
- Pochettino ML, MM Bonicatto & JA Hurrell (2017) En: Casas A, J Torres-Guevara & F Parra. *Domesticación en el continente americano. Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo*. 2(17): 413-430.
- Pochettino, ML, JA Hurrell & MM Bonicatto (2014) Horticultura periurbana: estudios etnobotánicos en huertos familiares y comerciales de la Argentina. *Revista Ambiental*, 107: 86-99.
- Pochettino ML, JA Hurrell & VS Lema (2012) Local Botanical Knowledge and Agrobiodiversity: Homegardens at Rural and Periurban Contexts in Argentina, *Horticulture*, Prof. Alejandro Isabel Luna Maldonado (Ed.), ISBN: 978-953-51-0252-6, InTech.
- RAS, Red Andaluza de Semillas (2011) *Manual para la utilización y conservación de variedades locales de cultivo. 10 preguntas básicas sobre variedades tradicionales*. Edita Red Andaluza de Semillas "Cultivando Biodiversidad". Sevilla, España. Disponible en: http://www.redandaluzadesemillas.org/IMG/pdf/Manual_VVLL_RAS_2011_10_preguntas.pdf
- Sarandón SJ, MM Bonicatto & NA Gargoloff (2016) Rol de la agrobiodiversidad para un manejo sustentable y resiliente de los agroecosistemas: importancia del componente cultural En: *Cuadernos de la BIOred, N° 1*. Universidad Politécnica Territorial de Mérida, UPTM, División de Investigación, Extensión, Postgrado y Producción (DIEPP) ISSN: 978-980-12-9281-4.

- Sarandón SJ & CC Flores (2014) La insustentabilidad del modelo agrícola actual, en: *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. En: Sarandón SJ & CC Flores 1a ed. Serie Libros de Cátedra Universidad Nacional de La Plata, EDULP, La Plata 2014. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0.
- Selis D (2000) Efectos del cambio tecnológico sobre las condiciones de producción y reproducción del sector hortícola de La Plata. *Serie de Estudios e Investigaciones* (39), 31-56. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación UNLP.
- Stupino SA, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas. En: Sarandón SJ & CC Flores (editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Colección de libros Cátedra. Universidad Nacional de La Plata (EDULP) 5:131-158.
- Teshome A, BR Baum, L Fahrig, JK Torrance, TJ Arnason & JD Lambert (1997) Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in north Shewa and south Welo, Ethiopia. *Euphytica*, 97(3): 255-263.
- Toledo VM & N Barrera-Bassols (2008) *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Editorial ICARIA. Barcelona. España. ISBN: 978-84-9888-001-4. Pp. 20-49.
- Vidal R, NC de Almeida Silva, F Malaquias Costa & EA Veasey (2018) Construyendo redes para la resignificación del maíz de las tierras bajas de Sudamérica. En: *Cuadernos de la BIOred*, N° 6. Universidad Politécnica Territorial de Mérida, UPTM, División de Investigación, Extensión, Postgrado y Producción (DIEPP) ISSN: 978-980-12-9281-4
- Wright M & M Turner (1999) Seed management systems and effects on diversity. En: Wood D, & JM Lenné. *Agrobiodiversity: characterization, utilization, and management*. CABI Publishing, Wallingford, 331-354.

CAPITULO 7

El componente heterotrófico de la biodiversidad

*María Fernanda Paleologos, María José Iermanó
y Natalia Agustina Gargoloff*

*Dejemos que la naturaleza actúe a su aire; ella
conoce su oficio mejor que nosotros.*

MICHEL EYQUEM

Los componentes de la biodiversidad en los agroecosistemas

La biodiversidad en los agroecosistemas o agrobiodiversidad se define como la diversidad biológica agrícola. Esta agrobiodiversidad es reconocida y valorada, no sólo como proveedora de recursos genéticos, sino también porque sus componentes (vegetales y animales) y el correcto ensamblaje entre ellos son responsables del cumplimiento de funciones ecológicas asociadas con la estabilidad. Entre las funciones que se le confieren a la biodiversidad encontramos, entre otras, la regulación biótica, el ciclado de nutrientes, el flujo de energía y la regulación del ciclo del agua. En los agroecosistemas, el adecuado cumplimiento de estas funciones brinda servicios ecológicos asociados con sistemas menos dependientes de insumos externos. La complejidad dentro de cada componente (dentro del componente vegetal y dentro del componente animal) de la diversidad, así como el grado de interacción entre los mismos está directamente relacionada con la eficiencia en el cumplimiento de las funciones ecológicas.

Los componentes de la biodiversidad que forman parte de los agroecosistemas pueden clasificarse en función al modo en que ellos obtienen los nutrientes para su supervivencia. Así, pueden definirse dos tipos de organismos: los organismos “autotróficos” y los organismos “heterotróficos”. Entre los autotróficos encontramos aquellos organismos capaces de alimentarse por sí mismos. Estos participan en el proceso de fotosíntesis, por medio del cual, con energía lumínica, fabrican sus propios compuestos orgánicos a partir de moléculas sencillas, inorgánicas, presentes en el suelo y en el aire del ecosistema. Los organismos autotróficos son las plantas o componente vegetal del agroecosistema. Así, dentro de este grupo, encontramos a la vegetación, tanto cultivada, como puede ser un cultivo de trigo, soja, le-

chuga, tomate, etc., como espontánea, que está presente dentro (“malezas”) o fuera (borduras, montes) de las parcelas de cultivo. Cuando nos referimos a los autótrofos en el ecosistema los denominamos *productores*.

Por otro lado, dentro del componente heterotrófico, encontramos a todos aquellos seres vivos que deben alimentarse de la materia orgánica de otros organismos para sobrevivir. Es decir, que la energía necesaria para su crecimiento y desarrollo la obtienen exclusivamente de otros. Los animales vertebrados, los nemátodos, los arácnidos, los insectos, los hongos y muchas bacterias son organismos heterótrofos. Cuando nos referimos a los heterótrofos dentro de los ecosistemas los denominamos *consumidores*. Hay distintos heterótrofos en relación a los distintos roles que cumplen en el ecosistema. No es lo mismo un insecto que se alimenta de plantas, que un animal o una larva que se alimenta de otro organismo, aunque ambos son consumidores.

Todos estos componentes, tanto productores como consumidores se encuentran relacionados entre sí a través de relaciones tróficas denominadas cadenas tróficas o tramas tróficas.

Las cadenas alimentarias y los niveles tróficos

Los componentes de los agroecosistemas no se encuentran aislados, sino vinculados con otros componentes, en mayor o menor grado, determinando así el grado de complejidad del sistema y el cumplimiento de las funciones ecológicas. La relación más importante entre los componentes está dada por las relaciones tróficas.

Una cadena trófica, también llamada cadena alimentaria, es una secuencia lineal de organismos a través de la cual se transfiere una parte de la energía fijada y los nutrientes cuando un organismo se come a otro. Los autótrofos o *productores* son todos aquellos organismos que realizan fotosíntesis y generan biomasa. Se encuentran en la base de la cadena trófica, ya que la energía contenida en la materia orgánica vegetal sostiene a todos los demás organismos heterótrofos de la comunidad. En el agroecosistema los autótrofos son los cultivos y la vegetación espontánea.

Los *consumidores primarios* o herbívoros, son los organismos heterotróficos que se alimentan de plantas o algas. Es decir, que tienen una dieta basada en elementos vegetales, como tallos, hojas, raíces, semillas, etc. En el agroecosistema, es en este nivel donde encontramos a los organismos denominados “plagas”, los pulgones, las chinches, la mosca blanca, los trips, las orugas, barrenadores, entre otras. Sin embargo, los herbívoros no siempre constituyen un componente negativo en los agroecosistemas. Por ejemplo, en agroecosistemas de producción de carne, los herbívoros están representados por el ganado vacuno, ovino, porcino o las aves (pollos parrilleros, ponedoras, etc.), es decir por nuestro producto de interés.

A los organismos que se alimentan de los consumidores primarios se los denomina *consumidores secundarios*. Acá encontramos a los también llamados carnívoros y es donde hallamos a

varios de los grupos denominados enemigos naturales de plagas, como las arañas, la mantis religiosa, las mariquitas, las larvas de parasitoides, entre otros.

Desde el punto de vista funcional, todos los organismos que obtienen energía a través de la misma cantidad de pasos, pertenecen al mismo nivel trófico en el ecosistema. Así encontramos en primer lugar, el nivel trófico de los productores, en segundo lugar, el de los herbívoros y, en tercer lugar y en el más alto nivel trófico, el de los depredadores. En cada transferencia de energía de un nivel trófico a otro, aprox. el 80-90% de la misma se pierde como calor y sólo el restante 10- 20% queda disponible para el siguiente nivel. Considerando este fenómeno de la termodinámica es imposible contar con infinito número de niveles tróficos en un agroecosistema, ya que la energía que queda disponible en el último nivel no es suficiente para mantenerlos. A veces se puede encontrar un cuarto nivel trófico: los llamados superdepredadores o hiperparasitoides, pero los mismos son grupos poco abundantes (Smith & Smith, 2007).

Además de los consumidores, entre los heterótrofos se encuentra otro grupo importante, el grupo de los *descomponedores* o *detritivoros*, organismos que se alimentan de la materia orgánica muerta y de los desechos. Esta materia orgánica en descomposición puede provenir, tanto de organismos vegetales (hojas, tallos, raíces muertas, restos de cultivos), como de restos de animales (ardillas, ranas, insectos, arañas, entre otros). Dado que el material que consumen los descomponedores proviene de cualquiera de los demás niveles tróficos, puede considerarse que este grupo constituye, por sí solo, un nivel trófico independiente y paralelo al de los productores, consumidores primarios y consumidores secundarios. Dentro de los detritivoros encontramos grupos que pertenecen a la meso y macrofauna del suelo, como los colémbolos, las lombrices de tierra, varias familias de coleópteros y otros grupos pertenecientes a la microbiología del suelo, como los hongos y bacterias. Los primeros, durante el proceso de alimentación fragmentan los desechos y residuos y los ponen a disposición de las bacterias y los hongos, microorganismos clave para cerrar el proceso de descomposición.

Así, se pueden describir dos cadenas tróficas que intervienen en el funcionamiento de los agroecosistemas: la cadena trófica de pastoreo (de los herbívoros) y la cadena trófica de detritos (de los detritivoros). En el primer caso, la fuente de energía que inicia la cadena se encuentra en las plantas vivas del ecosistema, mientras que, en el segundo caso, el inicio está dado por la materia orgánica muerta, animal o vegetal y los detritos. Ambas cadenas se encuentran vinculadas entre sí. La cadena de pastoreo alimenta a la cadena de detritos a través de los desechos (heces, orina, exudados, fluidos) y restos de vegetales y animales muertos. A su vez, a través de la cadena de detritos, los nutrientes contenidos en la materia orgánica quedan disponibles en el suelo en sus formas inorgánicas para ser tomados por las plantas vivas y circular nuevamente a través de la cadena de pastoreo (Figura 1).

En los agroecosistemas, generalmente resulta más fácil visualizar la cadena de pastoreo, a través de la presencia de plagas y otros herbívoros que afectan a nuestro cultivo, que la cadena de detritos. Sin embargo, esta cadena es importante para el manejo agroecológico, ya que favorece la liberación de nutrientes, la descomposición de los rastrojos, la formación

de materia orgánica estable, una buena circulación de nutrientes entre el suelo y hacia nuestro cultivo, la regulación de las poblaciones de potenciales plagas y patógenos de suelo, entre otras. Muchas veces, buscando una buena sanidad vegetal, se toman decisiones de manejo simultáneas pero contrapuestas, como, por ejemplo, la desinfección del suelo y el aporte de fertilizantes orgánicos. La falta de conocimiento acerca de la relación directa entre la cadena de detritos y la cadena de pastoreo, puede llevar a no entender que una desinfección del suelo eliminará gran parte del componente biológico encargado de degradar luego el abono orgánico incorporado y dejarlo disponible para nuestro cultivo. En consecuencia, no logramos percibir lo contradictorio de esta decisión.

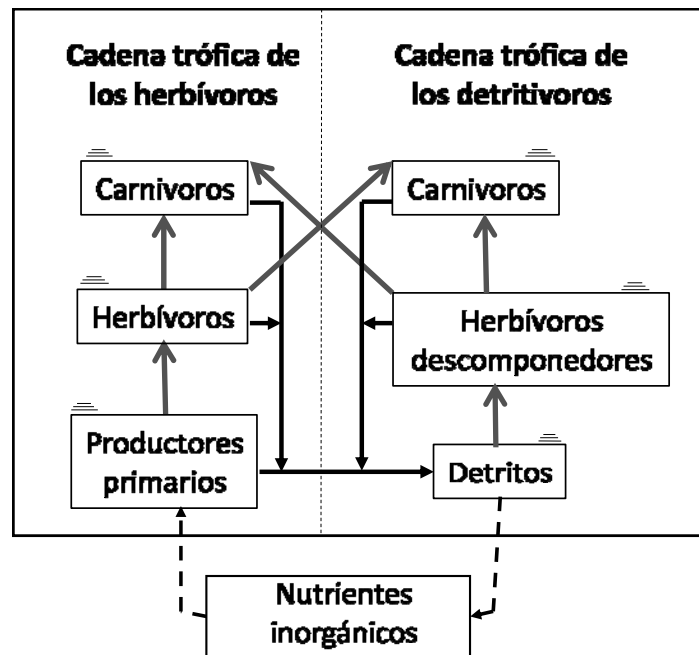


Figura 7.1: Las dos cadenas tróficas presentes en los agroecosistemas: la cadena trófica de los herbívoros y la cadena trófica de los detritívoros. Las flechas grises entre los distintos niveles tróficos representan el flujo de materia y energía relacionado con la ingestión. Las flechas negras indican una combinación de materia orgánica muerta y de desechos (heces y orina). Las flechas cortadas señalan la conexión entre ambas cadenas a través de los nutrientes inorgánicos (Fuente: Smith & Smith (2007) modificado).

Las redes tróficas: un indicador de biodiversidad

Generalmente, cuando se piensa en una cadena trófica o alimentaria se representa una relación lineal de organismos en la que la materia y la energía pasan de un organismo a otro. Si bien las cadenas alimentarias resultan útiles a la hora de observar la relación trófica entre los individuos, reflejan poco la realidad en el momento de describir las comunidades (conjunto de individuos de diferentes especies) ecológicas de los ecosistemas. Los ecosistemas y agroecosistemas constituyen sistemas con una alta complejidad, por lo que, en realidad, es mejor hablar de redes tróficas. Una red trófica es un conjunto de cadenas alimentarias interconectadas entre sí. Es decir, en términos generales un organismo no está sujeto a un

tipo de presa en particular, sino que puede alimentarse de un gran número de especies, muchas veces incluso pertenecientes a distintos niveles tróficos. A su vez, este organismo puede ser la presa de una gran variedad de especies. Es así que las relaciones de consumo de las comunidades resultan en una trama trófica compleja donde cada componente se vincula con más de un componente resultando en una red trófica.

Estas redes tróficas son diferentes dependiendo del ecosistema del que se trate (desierto, marino, selvático, etc) y de su complejidad ambiental. Los agroecosistemas constituyen ecosistemas modificados, por lo que también presentan redes tróficas particulares que están en estrecha relación con el tipo de actividad productiva realizada (agricultura, ganadería, horticultura, etc.), la simplificación ambiental que presenten y el grado de disturbio al que sean sometidos. Si bien, tanto un agroecosistema simplificado como un ambiente poco disturbado, presentan una red trófica propia, la complejidad de cada una, es decir, el número de cadenas tróficas que forman parte de cada una de las dos redes tróficas, será diferente. Para representar esta diferencia y complejidad, presentamos dos redes tróficas probables de ocurrir en un agroecosistema y un ambiente poco disturbado, ambas pertenecientes al Cinturón Hortícola Platense, una de las regiones proveedoras de hortalizas más importantes de la Argentina (figura 7.2). En este caso, a modo explicativo, sólo se consideraron los cultivos más abundantes de la zona con sus principales plagas y enemigos naturales. En la figura 7.3 se muestra una probable red trófica presente en los ambientes poco disturbados. En ambas figuras los productores están marcados en verde, los consumidores primarios en naranja, los consumidores secundarios en azul y los terciarios en rojo.

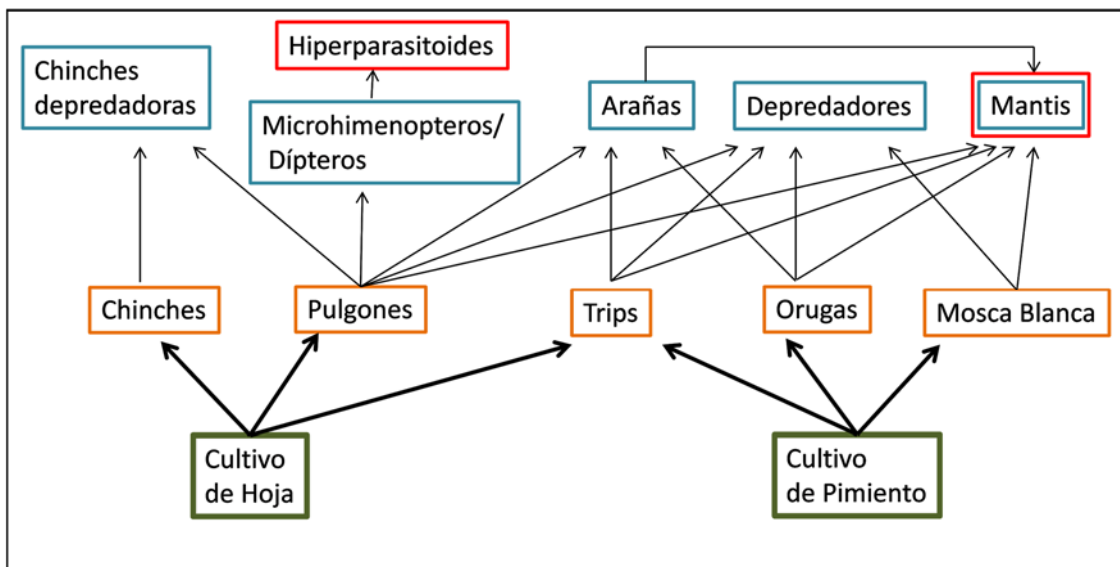


Figura 7.2: Red trófica asociada a dos tipos de cultivos hortícolas dominantes en el Cinturón Hortícola de La Plata, el cultivo de hoja y el cultivo de pimiento. Los productores (cultivos) están marcados en verde, los consumidores primarios (plagas y otros fitófagos) en naranja, los consumidores secundarios (predadores y parasitoides) en azul y los terciarios (hiperparasitoides) en rojo.

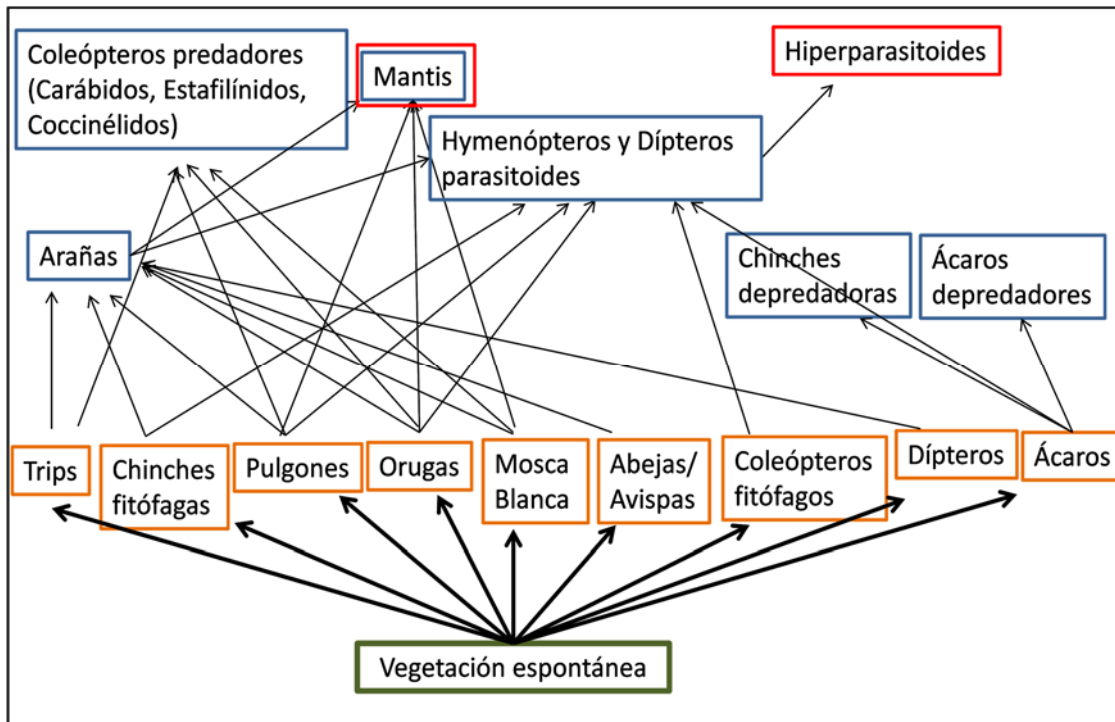


Figura 7.3: Red trófica asociada a los ambientes seminaturales del Cinturón Hortícola de La Plata. Los productores (vegetación) están marcados en verde, los consumidores primarios (fitófagos) en naranja, los consumidores secundarios (predadores y parasitoides) en azul y los terciarios (hiperparasitoides) en rojo.

En las redes tróficas, las flechas apuntan desde un organismo que es devorado hacia el que se lo come, es decir van en la dirección de la transferencia de energía y nutrientes. Como muestra la red trófica de la figura 7.3, algunas especies pueden consumir organismos de más de un nivel trófico. Por ejemplo, las mantis religiosas comen organismos fitófagos como pulgones, orugas y moscas blancas, y también depredadores como las arañas.

La comparación de ambas figuras confirma que en los ambientes seminaturales (Figura 7.3) existe una mayor diversidad de organismos heterotróficos en todos los niveles tróficos que en las parcelas de cultivo (Figura 7.2). Esta mayor diversidad de organismos en los ambientes seminaturales permite, a su vez, un mayor grado de interacción trófica entre los componentes, resultando en redes tróficas de muy alta complejidad en relación a las parcelas cultivadas.

Ecología de Poblaciones

En la naturaleza existen distintos niveles de organización que van desde las partículas subatómicas como el nivel más básico, hasta los ecosistemas como el nivel de mayor complejidad. Entre estos niveles extremos encontramos las células, los individuos, las poblaciones y las comunidades. Cada uno de estos niveles de complejidad está regido por propiedades emergentes que los definen. Así, en un agroecosistema, el comportamiento de una población será diferente al de la comunidad, ya que las propiedades que las definen son diferentes. No entender estos aspectos ha llevado a la mala toma de decisiones en el manejo de los agroecosistemas.

Los agroecosistemas pueden definirse como una comunidad o como un conjunto de poblaciones manejadas con el fin de producir bienes y servicios. Una población es un “conjunto de individuos de la misma especie que viven en un mismo hábitat y tiempo, y que comparten ciertas propiedades biológicas, las que resultan en una afinidad reproductiva y ecológica del grupo”. Los individuos de una misma población comparten los mismos requerimientos, tanto ambientales como reproductivos (Morlans, 2004).

Las poblaciones que conforman un agroecosistema son una combinación de poblaciones domesticadas y silvestres, que no se encuentran aisladas sino que interactúan entre sí. Es así entonces que en un sistema agropecuario tendremos por ejemplo una población de trigo, una población de pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum* (Rond.)), una población de vaquitas (Coccinelidae), una población de caapiquí (*Stellaria media* (L.) Vill.), una población de rama negra (*Conyza bonariensis* (L.) Cronq.), una población de cerdos, una población de vacas, etc. Saber que nuestro sistema está formado por poblaciones y no por individuos aislados nos permite entender el comportamiento de cada una en nuestro sistema.

Las poblaciones y sus propiedades

Las poblaciones poseen una serie de propiedades que las definen y que explican su comportamiento en los agroecosistemas. Entre estas propiedades, denominadas emergentes, podemos nombrar el tamaño (abundancia y densidad), la proporción de edades y sexos, su distribución en el espacio y la variabilidad genética. Esta última constituye un aspecto fundamental para el manejo de las poblaciones en los agroecosistemas. La variabilidad genética es la variación del material genético que posee una población. El “pool” genético o el grado de variabilidad genética de una población están directamente relacionado con su capacidad para adaptarse a cambios ambientales o los factores de mortalidad. Las poblaciones con un “pool” genético amplio, es decir con una alta variabilidad genética entre los individuos que la componen, poseen una mayor capacidad para afrontar cambios en las condiciones ambientales que aquellas poblaciones con una menor variabilidad genética. En un sistema diverso, las poblaciones se encuentran sometidas a una multiplicidad de factores físicos, químicos y biológicos, que cambian permanentemente, lo que sugiere que un amplio “pool” genético asegura a las poblaciones su permanencia en el tiempo.

En los agroecosistemas, el uso indiscriminado de herbicidas e insecticidas ha generado una importante “presión de selección” sobre los organismos, dando como resultado poblaciones resistentes a herbicidas y a insecticidas. En todas las poblaciones se encuentran organismos que poseen genes de resistencia a herbicidas o a insecticidas, incluso los genes de resistencia están presentes antes de que el agroquímico sea comercializado (Kogan & Pérez, 2003). Esta propiedad les confiere a estos individuos la capacidad de sobrevivir a las aplicaciones y reproducirse. Así, la aplicación permanente del mismo producto ejerce una fuerte presión sobre la población, seleccionando aquellos organismos resistentes, los que luego se reproducen más favorablemente, aumentando así la frecuencia génica en la próxima generación. Entre las malezas resistentes al glifosato podemos nombrar al sorgo de

Alepo (*Sorghum halepense*), el raigrás (*Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*) y pasto colorado (*Echinochloa colona*). En el caso de las plagas, uno de los primeros insectos que mostró resistencia fue la mosca común (*Musca domestica*) al DDT en 1939.

En el manejo de las poblaciones en los agroecosistemas, otras propiedades también toman importancia, como la Tasa de Natalidad, la Tasa la Mortalidad y la Dispersión. Estas propiedades denominadas dinámicas están en permanente cambio y definen el tamaño de la población, por lo que se constituyen también como una herramienta importante para la toma de decisiones de manejo. El tamaño que tenga una población en un agroecosistema, en determinado momento, estará definida por la cantidad de individuos que nazcan, menos la cantidad que muera, más la cantidad que inmigre, menos la que emigre. Para el manejo de los agroecosistemas, saber todos los factores involucrados en la densidad de una población nos permite aumentar nuestra capacidad para tomar decisiones.

En términos generales, la densidad de una población $N(t)$ en un sistema y tiempo dado responde a:

$$N(t) = N - M + I - E$$

$N(t)$: número de individuos de la población en un tiempo dado (densidad de la población)

N : cantidad de individuos que nacen

M : número de individuos que mueren

I : número de individuos que inmigran desde otros sistemas

E : número de individuos que emigran hacia otros sistemas

Por ejemplo, si pensamos en afectar la densidad de una plaga en nuestro cultivo, podemos considerar, no sólo estrategias que tiendan a aumentar su mortalidad, como sería la aplicación de un insecticida o el trapeo masivo, sino también otras que reduzcan los nacimientos y la inmigración y favorezcan la emigración hacia otras poblaciones vegetales de menor importancia económica. Es en este contexto, donde el diseño del agroecosistema toma un papel fundamental. Una alta diversidad dentro y fuera de las parcelas cultivadas puede disminuir la tasa de nacimientos de la población plaga dentro del cultivo y favorecer la migración de los individuos hacia fuera del mismo al ofrecer otros sitios de alimentación y refugio. Contrariamente, la baja diversidad vegetal presente en los agroecosistemas bajo un modelo convencional genera las condiciones favorables para el desarrollo de las poblaciones potenciales plagas.

Las plagas en los agroecosistemas: un síntoma de baja diversidad

Las plagas son aquellas especies de fitófagos presentes en un sistema agrícola que son capaces de desarrollar poblaciones abundantes y causar daños a los cultivos disminuyendo su

producción o deteriorando la calidad del producto con el consiguiente perjuicio económico (Greco *et al.*, 2005).

El enfoque reduccionista de la Revolución Verde con que se han encarado los sistemas agrícolas en las últimas décadas, ha llevado a la creación de agroecosistemas caracterizados por una muy baja diversidad vegetal y, por lo tanto, un alto uso de insumos químicos que reemplazan los procesos ecológicos debilitados. Estas características resultan en condiciones propicias para el desarrollo de plagas.

Cuando surge una plaga en un agroecosistemas, desde una lógica convencional es muy común que aparezcan ciertas preguntas: ¿Cómo la elimino? ¿Qué le pongo? Es decir, se asume que la plaga es algo inherente a la agricultura que debe ser “controlado” y “eliminado”. Desde el punto de vista agroecológico las plagas constituyen un componente más del agroecosistema, que se vincula con los otros componentes a través de relaciones tróficas y de hábitat. Así, desde este enfoque, es más útil preguntarse primero ¿Por qué aparecen las plagas? La aparición de plagas en el agroecosistema está señalando un síntoma y su causa debe buscarse en el diseño de los sistemas. En los sistemas simplificados, la presencia de una baja diversidad vegetal conlleva a un desequilibrio entre los componentes y, en consecuencia, a un mal funcionamiento del mismo, lo que hace que la población de plagas se convierta en un problema. En suma, la aparición de plagas es un síntoma de una baja diversidad en el sistema.

Se han desarrollado varias hipótesis del origen de las plagas, aunque las más fuertes son las propuestas por Root (1973): la “*Hipótesis de la concentración del recurso*” y la “*Hipótesis del enemigo natural*”. Ambas hipótesis responden a las características de los sistemas agrícolas bajo el enfoque de la Revolución Verde, por lo que, como primera medida para hacer frente al problema de plagas es necesario un cambio de paradigma, un cambio en la manera de mirar.

Hipótesis de la concentración del recurso: la simplificación presente en los agroecosistemas, es decir la presencia de una o unas pocas especies cultivadas, concentradas en una misma superficie sin rotaciones, con escasa o nula vegetación asociada, genera condiciones muy favorables para el desarrollo de especies de artrópodos que luego se transforman en plaga. Ante esta situación la especie más beneficiada será la que tiene como preferencia para su alimentación al cultivo presente. Esto explica porque existen plagas específicas de los distintos cultivos, como la “*oruga de las leguminosas*” (*Anticarsia gemmatalis*, Hübner 1818) en el cultivo de soja, el “*barrenador*” en maíz (*Elasmopalpus lignosellus*, Zeller 1848) y la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood 1856) en el tomate. Estas especies presentan tácticas de vida denominados “*estrategas r*”, lo que les permite reproducirse rápidamente ante condiciones favorables. Por lo tanto, ante una situación de monocultivo, estas especies encuentran una importante proporción del alimento necesario para el desarrollo de su población. Es decir, que grandes superficies con pocas especies, generan una alta concentración del recurso, el que, además, resulta de fácil localización. Ante estas condiciones de abundante alimento y fácil disponibilidad la población aumentará la densidad al incrementar rápidamente su tasa de nacimientos (N).

Hipótesis del enemigo natural: la disminución de la diversidad en los sistemas agrícolas, tal como lo señalamos anteriormente, reduce la disponibilidad de microhábitats presentes para

la presencia de artrópodos benéficos, como los enemigos naturales. Una baja diversidad vegetal, tanto específica como vertical, horizontal, estructural, etc, no deja “lugar” para la presencia de un amplio gradiente de condiciones ambientales, como temperatura, humedad, refugio, sitios de oviposición, alimentos alternativos. Esto resulta en un ambiente con gran monotonía en relación a las condiciones ambientales, limitando así la diversidad de nichos ecológicos y la consecuente presencia de organismos con diferentes requerimientos. Un nicho ecológico es el conjunto de requerimientos físicos (T°, humedad, porosidad del suelo), químicos (macro y micronutrientes, PH) y biológicos (presas) que una población requiere para sobrevivir y reproducirse. Es decir que, la baja disponibilidad de nichos ecológicos disminuye las posibilidades de una importante cantidad y calidad de organismos predadores y parasitoides. Estos predadores y parasitoides constituyen los principales controladores de plagas en los agroecosistemas.

En la figura 7.4 se grafican los distintos niveles tróficos, su grado de complejidad y el método de control de plagas dominante en un agroecosistema bajo el enfoque de la Revolución Verde. En el mismo se evidencian los aspectos señalados como causantes de la presencia de plagas: la concentración del recurso y la falta del enemigo naturales. Por otro lado, el enfoque reduccionista ha encarado el problema de plagas casi exclusivamente con el uso de insumos químicos, visualizando como único nivel ecológico de acción el de los herbívoros.



Figura 7.4: Grupos dominantes en los distintos niveles tróficos y método dominante para el control de plagas en un agroecosistema manejado bajo el enfoque de la Revolución Verde. Se muestra a modo de ejemplo un cultivo de repollo del Cinturón Hortícola de La Plata. **Fotos con permiso de reutilización según www.google.com.ar**

Los heterótrofos como componentes clave de la agrobiodiversidad

La agrobiodiversidad o diversidad biológica agrícola debe ser considerada un recurso ya que provee bienes y servicios vinculados con la estabilidad de los agroecosistemas. Entre los servicios ecológicos asociados con la estabilidad de los agroecosistemas podemos señalar la polinización, la regulación de plagas y malezas, el reciclado de nutrientes y el flujo de la energía (Stupino *et al.*, 2014). Los heterótrofos intervienen de manera protagonista en el cumplimiento de estas funciones ecológicas, por lo que pueden considerarse componentes claves de la biodiversidad (UNEP, 2000).

Dentro del componente heterotrófico encontramos una gran diversidad de organismos, con diferentes hábitats de vida y hábitos tróficos. Conocer estos aspectos constituye una herramienta básica para el manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas, buscando favorecer el crecimiento y supervivencia de los heterótrofos benéficos y desalentar el desarrollo de aquellos potenciales plaga.

Dentro del componente heterotrófico podemos diferenciar dos tipos de hábitat de vida: los grupos **epífitos** y los grupos **epigeos o edáficos**.

Fauna epífita: la fauna epífita es aquella que se encuentra entre y sobre la vegetación, es decir, en las partes aéreas de las plantas, donde pasan la mayor parte del tiempo. Están entre, sobre o debajo de las hojas, en el tallo, o entre, sobre o debajo de las flores, frutos, granos. Generalmente, los organismos de este grupo se desplazan dentro y entre parches de vegetación a través del vuelo. Dentro de la fauna epífita podemos encontrar organismos dípteros (moscas), lepidópteros (mariposas), himenópteros (abejas, avispas) y microhimenópteros y dípteros parasitoides (avispa y mosquitas parasitoides) y varias especies de arañas, entre otros. Muchos de estos grupos se refugian en todas las partes de las plantas, así como también en árboles y arbustos.

Fauna epigea o edáfica: la fauna epigea, también llamada edáfica, es aquella que se encuentra en estrecha relación con el suelo, viviendo, refugiándose, hibernando, estivando o desplazándose sobre el mismo. Dentro de estas formas encontramos la gran mayoría de los coleópteros, las arañas, varias larvas de dípteros y de lepidópteros, colémbolos, etc. Muchos de estos organismos forman galerías en el suelo donde se alojan para hibernar o estivar o se esconden debajo del mantillo o restos vegetales que cubren el suelo. También lo hacen debajo de troncos o en sus huecos. Generalmente, los organismos edáficos son caminadores y, dado a sus hábitos de vida, cumplen con importantes servicios como la aireación del suelo, a través de la formación de galerías a distintas profundidades, la infiltración del agua al mejorar la porosidad del mismo y la distribución de la materia orgánica asociada a los hábitos de cazar en superficie y realizar su alimentación en las galerías del suelo.

Biota del suelo: son todos los organismos que habitan el suelo conformando gran parte de la cadena de los detritos. Incluye descomponedores de materia orgánica, patógenos y predado-

res de otros organismos de suelo. Entre ellos se encuentran colémbolos, ciempiés, ácaros predadores, nematodos parásitos y predadores, hongos (saprófagos, entomopatógenos), bacterias, virus, etc. Contribuyen con la estructura física del suelo, el ciclaje de materia orgánica y nutrientes y la regulación de las poblaciones de la biota del suelo (enfermedades y control de plagas).

En función a sus hábitos tróficos, entre los heterótrofos benéficos de los agroecosistemas podemos señalar a los predadores, a los parasitoides (Figura 7.5), y a los descomponedores.

Los **predadores** constituyen un conjunto de artrópodos donde se encuentran diversos grupos como los coleópteros (carábidos como “la juanita”, coccinélidos como “las mariquitas”, estafilínidos, entre otros) ácaros, mántidos, larvas de dípteros, etc. Otro grupo de artrópodos predadores son las arañas, dentro del cual casi la totalidad de las especies que lo componen tienen hábitos predadores. Un predador puede alimentarse de varias presas durante su vida y pueden ser predadores específicos, cuando tienen un rango estrecho de presas, o predadores generalistas cuando se alimentan de una gran diversidad de organismos. Además, otra de sus características es que, en general, mantienen los hábitos predadores a lo largo de su vida, es decir que, tanto en los estados inmaduros como en el estado adulto actúan como organismos predadores. Dentro de los predadores encontramos formas epífitas y epigeas. Si bien pueden presentar formas aladas, en general, su forma de desplazamiento es caminadora.

Los **parasitoides** tienen una etapa de vida inmadura (larva, pupa) dentro o sobre un insecto huésped, al que, lentamente y a lo largo de su desarrollo, terminan matando. A diferencia de los predadores, los parasitoides sólo matan a un organismo durante su vida, el cual utilizan de alimento para su desarrollo. El adulto del parasitoide coloca el huevo sobre o dentro del hospedador, que puede encontrarse en cualquiera de sus estados de desarrollo. Algunos parasitoides parasitan huevos, otros larvas, pupas e incluso adultos del hospedador. Los estados adultos de los parasitoides son formas libres y se alimentan de productos vegetales como polen y néctar, aunque unos pocos se alimentan del mismo hospedante al que van a parasitar. Dentro de los parasitoides encontramos a varias especies de himenópteros (avispa) y algunas de dípteros (moscas). La mayoría de los parasitoides son formas epífitas, de hábitos voladores, refugiándose y presentando su mayor actividad entre y sobre la vegetación. Por ejemplo, los microhymenopteros que parasitan a los huevos de mosca blanca en los cultivos de tomate y pimiento. De todas formas, muchos organismos pueden responder a formas epífitas o epigeas según la etapa de desarrollo, pueden pasar una etapa de desarrollo en el suelo y luego durante el estado adulto ser formas epífitas.

El grupo de los **descomponedores** está conformado por numerosos grupos de invertebrados, como colémbolos, ácaros, milpiés, lombrices de tierra, hongos, bacterias, etc. Estos organismos tienen distintas funciones en el proceso de descomposición, desde el triturado de la materia orgánica muerta hasta la degradación de celulosa.

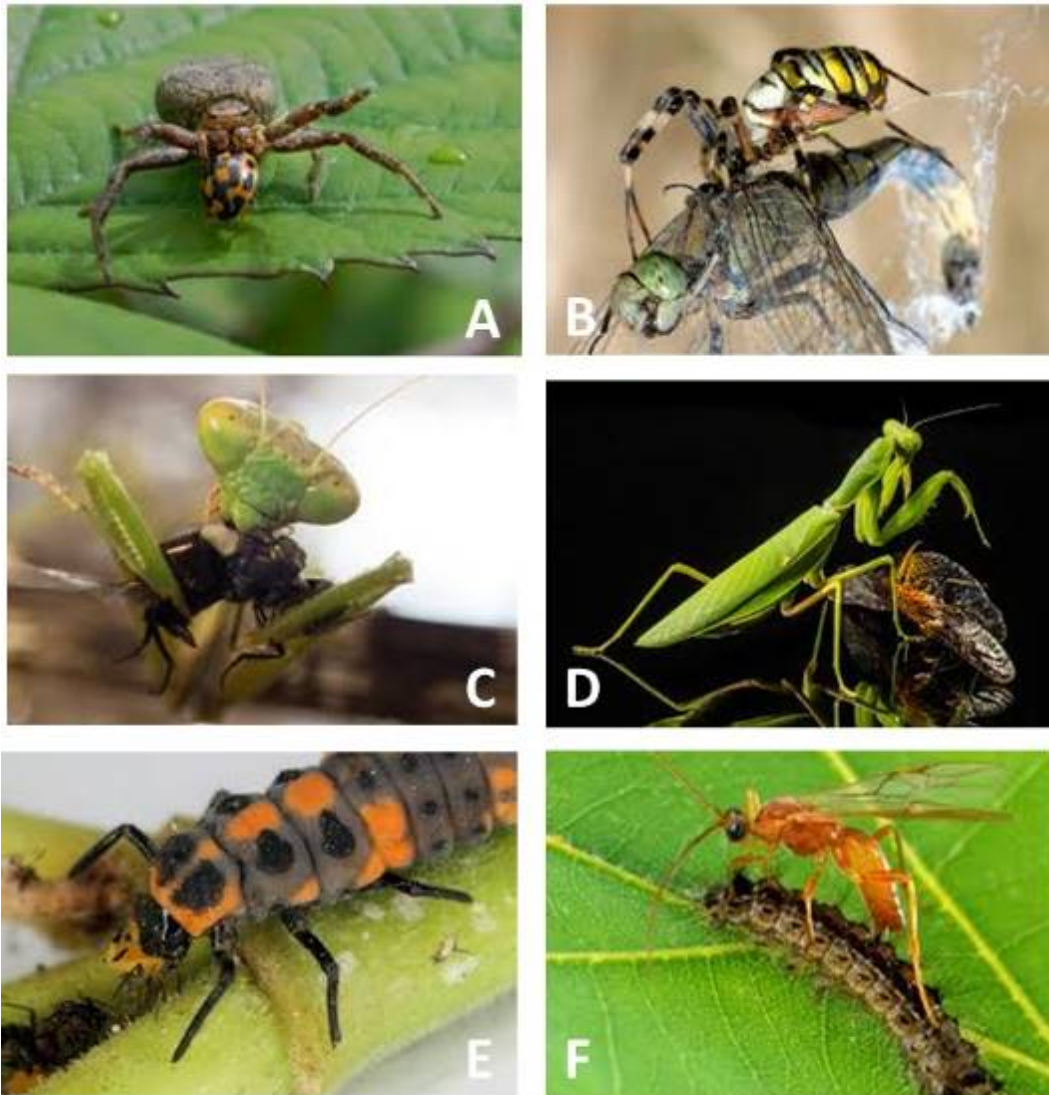


Figura 7.5: Algunos de los grupos enemigos naturales (A-E: Predadores; F: Parasitoide) de importancia para la agricultura. A: Araña consumiendo un caracol de tierra (Gasterópodo); B: Araña consumiendo un alguacil o libélula (Odonato); C: Mantis religiosa alimentándose de una mosca (Díptero); D: Mantis religiosa alimentándose de un grillo (Ortóptero), E: Larva de mariquita (Coccinéido) alimentándose de un pulgón; F: Microhimenóptero parasitando a una larva.

Fotos con permiso de reutilización según www.google.com.ar

El control de plagas y la agrobiodiversidad

Los sistemas agrícolas manejados bajo un enfoque convencional, con escasa biodiversidad, se caracterizan por una baja eficiencia en el cumplimiento de los procesos ecológicos. Uno de los procesos más notoriamente afectado en los agroecosistemas es la regulación biótica, por lo que la presencia de plagas es algo frecuente. Contrariamente, si observamos los ecosistemas naturales, veremos que en ellos, generalmente es difícil encontrar poblaciones vegetales muy deterioradas por la acción de los fitófagos. Esto se debe a que, en los mismos, existe una importante diversidad vegetal que, entre otras ventajas, permite la supervivencia de un alto número y diversidad de grupos de artrópodos con distintos hábitos y

hábitat de vida. Esta multivariedad de requerimientos encuentra la posibilidad de ser satisfecha a partir de la diversidad multidimensional de la vegetación, que ofrece las condiciones para la supervivencia y permanencia de los distintos grupos de artrópodos e impide el desarrollo o “explosión” de una población particular. Así, los agroecosistemas deben, a través del manejo de la agrobiodiversidad, ofrecer las condiciones propicias para la presencia y permanencia de organismos benéficos.

Además, en aquellos agroecosistemas que presenten un componente vegetal diversificado, ya sea cultivado o espontáneo, se genera una mayor cantidad de estímulos visuales y olfatorios dados por los diferentes colores de las plantas y por la liberación de varias hormonas al ambiente. Esto dificulta la localización y visualización del alimento por parte de las especies plagas, ya que esta diversidad vegetal resulta en un “enmascaramiento” del recurso. Esto ha sido comprobado por varios estudios científicos, donde se observó que la mezcla de ciertas especies de plantas generalmente conduce a la reducción de la densidad de herbívoros especializados (Risch *et al.*, 1983; Andow, 1991).

Estas estrategias tendientes a incrementar la diversidad vegetal en los agroecosistemas buscando alterar la capacidad de alimentación de las especies fitófagas se denominan **Bottom-up**. El nombre *Bottom-up*, también llamado “*de abajo hacia arriba*”, está relacionado con los niveles tróficos que se ponen en juego. En estas estrategias interviene el nivel trófico de los productores o plantas (primer nivel trófico) y el de los consumidores primarios o herbívoros (segundo nivel trófico), es decir, que lo que busca es reducir el paso de materia desde el primero al segundo nivel trófico y evitar así la reproducción (aumento de la natalidad (N)) de los fitófagos plagas. Las asociaciones de cultivos, la reducción del tamaño de las parcelas, las rotaciones en tiempo y espacio, son aspectos del manejo que lo favorecen.

En la contraparte, encontramos las denominadas estrategias **Top-Down** o “control biológico” de plagas. El nombre *Top-down*, también llamado “*de arriba hacia abajo*”, está relacionado con los dos niveles tróficos que se ponen en juego. En estas estrategias interviene el nivel trófico de los consumidores secundarios o carnívoros (tercer nivel trófico) y el de los consumidores primarios o herbívoros (segundo nivel trófico), es decir que lo que busca es aumentar el paso de materia desde el segundo nivel trófico hacia el tercer nivel trófico favoreciendo la mortalidad de la población plaga (M). Algunas estrategias de manejo que los favorecen son la presencia de ambientes seminaturales (borduras, pastizales, humedales), la composición y estructura de las borduras y corredores biológicos, la presencia de parches forestales.

El control biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas) (Nicholls Estrada, 2008). Dentro del control biológico por enemigos naturales pueden hacerse dos acepciones (Van den Bosch *et al.* 1982):

1- El *Control Biológico Aplicado*, consiste en la introducción de enemigos naturales al agroecosistema de manera artificial por el ser humano, es decir, la incorporación a modo de insumo de los organismos biológicos. Esta práctica, si bien es superadora del uso de insecticidas y su toxicidad, no disminuye o elimina la dependencia de insumos externos. Al igual

que con los insumos químicos, el acceso a los controladores biológicos comerciales no es factible para todos debido a los costos, restringiéndolo a un tipo de productor. Además, los controladores biológicos introducidos, son generalmente específicos, por lo que actúan sobre una única población.

2- El *Control Biológico por Conservación*, es una estrategia que se basa en brindar las condiciones en el agroecosistema para favorecer la supervivencia, fecundidad y longevidad de los enemigos naturales presentes. Consiste en manipular el ambiente, a través del diseño, para aumentar los sitios de refugio, hibernación y alimento para los enemigos naturales. Las estrategias asociadas a este tipo de control biológico están relacionadas directamente con un aumento de la diversidad vegetal en el sistema. Es decir, la presencia de una mayor diversidad vegetal, ya sea dentro de las parcelas cultivadas como en ambientes adyacentes, genera en el sistema una oferta importante de nichos para la presencia y permanencia de enemigos naturales, aumentando así la mortalidad (M) de la especie plaga dentro del sistema.

En la figura 7.6 se grafican los distintos niveles tróficos, su grado de complejidad y los niveles ecológicos de acción en un manejo ecológico de plagas por conservación. Se evidencia la mayor complejidad dentro de cada nivel trófico y los mecanismos de acción de las estrategias de control *Bottom-up* y *Top-down*.



Figura 7.6: Grupos dominantes en los distintos niveles tróficos y estrategias de control de plagas Bottom-up y Top-down asociadas a un manejo agroecológico en un sistema hortícola. *Fotos con permiso de reutilización según www.google.com.ar*

Manejando la biodiversidad vegetal para favorecer los heterótrofos benéficos

Las condiciones presentes en los agroecosistemas convencionales son poco favorables para una correcta abundancia y diversidad de componentes ecológicos que aseguren el cumplimiento eficiente de los procesos naturales asociados con la estabilidad y resiliencia. Por el contrario, en un ecosistema poco disturbado, es fácil encontrar un gran número de organismos de diversos roles tróficos, requerimientos ambientales y hábitos de vida, relacionándose entre sí a través de vínculos de alimentación, refugio y protección. Esta redundancia funcional, es decir, la importante diversidad de poblaciones dentro de cada grupo que cumple una de las funciones ecológicas (grupos funcionales, por ejemplo, polinizadores, predadores, entomopatógenos, solubilizadores de P, etc.), asegura una capacidad “buffer” en el sistema para el cumplimiento de esa función. La diversidad de requerimientos ambientales entre los organismos que cumplen la misma función asegura que, ante un disturbio, al menos algunas poblaciones dentro del mismo grupo funcional se verán menos afectadas que otras y podrán asegurar el cumplimiento de esa función en el sistema. Esta altísima complejidad, reflejada en redes tróficas sofisticadas, con un gran número de organismos, de distintas especies, con distintos hábitos y hábitat, en diferentes estados de desarrollo, resulta en una altísima eficiencia en el cumplimiento de los procesos ecológicos. Esta alta eficiencia se ve reflejada en sistemas muy estables y, fundamentalmente, resilientes.

Esta alta diversidad de especies de artrópodos se debe principalmente a la heterogeneidad espacial y temporal del componente vegetal. La variabilidad, tanto específica, como vertical, horizontal, estructural, fenológica, etc. (ver capítulo 12) contribuye a sostener numerosas especies animales benéficas, entre las que se encuentran los herbívoros neutrales, parasitoides y predadores (Canepa *et al.*, 2015; Romero & Vasconcellos-Neto, 2005). Se denomina herbívoros neutrales a aquellos organismos que se alimentan de plantas pero que por ciertas características ecológicas no constituyen un riesgo para la agricultura, ya que difícilmente alcanzan poblaciones muy abundantes. La presencia de herbívoros neutrales es fundamental para asegurar la regulación biótica del sistema, ya que forman parte de las presas alternativas de organismos predadores y parasitoides de plagas, asegurando en el tiempo una densidad de especies benéficas aún en momentos con poca abundancia de plagas en el sistema. En general, en un ecosistema natural o poco disturbado encontramos distintas estructuras espaciales que están dadas por la mezcla de especies vegetales con distinta anatomía. Así, es común encontrar varios estratos vegetales, como el arbóreo, el arbustivo y el herbáceo. De la misma manera, el suelo puede tener características diferentes según los distintos sectores espaciales. Puede haber áreas con vegetación densa y mucho mantillo, o vegetación laxa, con mayor suelo descubierto, distinto grado de sombra y de temperatura. Todas estas características condicionan la presencia de organismos benéficos.

En este contexto, se requiere el diseño y manejo de agroecosistemas donde la diversidad vegetal sea una característica dentro y fuera de las parcelas cultivadas y a distintos niveles de

escala, donde el funcionamiento sustentable del agroecosistema sea consecuencia del aprovechamiento de los beneficios de la biodiversidad. Sin embargo, el aumento de la diversidad dentro de las fincas agrícolas requiere de un diseño adecuado y que se ajuste a las particularidades ecológicas y socioculturales propias de cada sistema. Es necesario tener claro que diseñar un agroecosistema para aumentar su diversidad vegetal tiene el objetivo, entre otros, de asegurar la presencia de heterótrofos benéficos (microorganismos, macro, meso y microfauna), fundamentalmente dentro de las parcelas productivas. Esto no es una tarea fácil y, hacia esta dirección se proponen diferentes criterios que deben tenerse en cuenta al momento de la planificación y manejo del agroecosistema. Además de la composición y características de vegetación presente, un aspecto importante a considerar para favorecer la regulación biótica de plagas es el arreglo espacial interno del agroecosistema. Varias estructuras de diseño pueden ser tenidas en cuenta en el manejo de este arreglo espacial.

Esos criterios son variados y pueden dividirse en distintos aspectos a tener en cuenta en el momento de planificar el diseño de un agroecosistema: A) el tipo de diseño (parches, borduras y parcelas cultivadas), B) las características estructurales del diseño (tamaño, ancho, relación perímetro/superficie), C) las características ecológicas presentes (tipo de mantillo, cobertura, etc).

A) Parches, borduras y parcelas cultivadas

Parches: Entre los parches podemos diferenciar aquellos en descanso y los de vegetación seminatural. Los parches en descanso son áreas de tierra que son utilizadas frecuentemente para la producción pero que, en determinado momento, se encuentran temporalmente en descanso. En este caso, en general, encontramos un estrato herbáceo compuesto de restos de cultivos entremezclados con vegetación que creció entre los mismos. Por ejemplo, una parcela en barbecho largo sin uso de herbicidas, una pastura “vieja” que ya no es pastoreada y luego será roturada, una estructura de invernáculo abandonada o que será reubicada, las parcelas de pastizal natural en descanso en los sistemas ganaderos, etc. Por otro lado, los parches de vegetación seminatural consisten en áreas de tierra de formas y superficies variadas que no son utilizadas con fines productivos. Entre los mismos podemos nombrar zonas de montes, cortinas forestales o ambientes seminaturales, que pueden estar cercanos a las viviendas o alejados. En estos ambientes la vegetación crece espontáneamente durante todo el año y es posible encontrar varios estratos vegetales. A diferencia de los parches en descanso, el tiempo de desarrollo de la vegetación es mayor, lo que permite una composición y estructura diferente, diferentes condiciones del suelo (cobertura, temperatura, humedad, presencia y tipo de mantillo, etc) y, en consecuencia, una comunidad de artrópodos diferenciada.

Borduras: Las borduras consisten en superficies de tierra con mayor o menor grado de disturbio, cercanas o aledañas a las parcelas cultivadas. La diferencia entre estas y los parches seminaturales se encuentra asociada a la forma. Las borduras presentan una forma alargada que resulta en una relación perímetro/área mayor que la presente en un parche de igual tamaño

y, en consecuencia, poseen una mayor superficie expuesta al entorno, por lo que estos ambientes están sujetos a un mayor efecto ambiental proveniente del paisaje. Por ejemplo, son más afectadas por la deriva de agroquímicos provenientes de producciones cercanas (Laurance & Yensen, 1991). Estas borduras de vegetación se encuentran en los alambrados (que delimitan la superficie del campo o las parcelas), las franjas de vegetación que crecen en los bordes de los caminos rurales, las zanjas, los bordes de lagunas o humedales, las zonas colindantes entre parcelas cultivadas, etc. Todos estos ambientes, además de representar importantes reservorios de biodiversidad faunística, actúan como corredores de dispersión para muchas especies animales (Saunders & Hobbs, 1991).

Parcelas cultivadas: Dentro del agroecosistema el tipo de ambiente que sufre mayores disturbios es el cultivado. Sin embargo, es posible minimizar los impactos negativos de los disturbios y generar ambientes favorables para la presencia de redes tróficas complejas (de los herbívoros y de los detritos) realizando un manejo que favorezca la diversidad hacia adentro de la parcela cultivada. En este sentido, la cobertura del suelo, el uso de abonos orgánicos, las asociaciones de cultivos, el menor uso de plaguicidas, el monitoreo de plagas, el manejo de malezas, las rotaciones, etc. son aspectos fundamentales a considerar para mejorar la diversidad espacial y temporal de los ambientes cultivados.

B) Las características estructurales del diseño espacial y las particularidades ecológicas de los enemigos naturales

En los paisajes agrícolas, los parches y borduras de vegetación cercanas o en asociación con las superficies cultivadas, actúan como reservorios importantes de biodiversidad al ofrecer condiciones favorables para la presencia de fauna benéfica. Estos parches ofrecen una importante disponibilidad de hábitat para especies vegetales que son fuente de néctar y de polen para numerosos polinizadores (Sáez *et al.*, 2014) y la provisión de refugio y alimento a los predadores y parásitos de las plagas de los cultivos (Torretta & Poggio, 2013). En la mayoría de los casos, los organismos benéficos se refugian y permanecen en estos ambientes poco disturbados y solo se desplazan al cultivo durante la búsqueda de presas. Por otro lado, el uso de policultivos favorece la desconcentración del recurso alimentario para los fitófagos, provee microhabitats variados y favorece la diversidad de la biota del suelo (distintos aportes radiculares y de rastrojo). Por lo tanto, hay varios factores a tener en cuenta en el momento de planificar el diseño espacial del agroecosistema:

1) *El tamaño y forma de los parches seminaturales y su composición vegetal:* Las borduras o corredores, al tener una mayor relación perímetro/área que los parches de vegetación, favorecen el desplazamiento de los organismos hacia fuera del mismo, a zonas cercanas y/o cultivadas, contrariamente a los parches donde se puede ver favorecido el desplazamiento de los organismos dentro del mismo. Por otro lado, la composición de la vegetación es un factor clave para los parasitoides, los que en estado adulto requieren de polen y néctar para su alimentación. Por

ejemplo, se ha señalado que las familias vegetales Apiaceae, Fabaceae y Asteraceae son muy atractivas para las especies de parasitoides.

2) *El tamaño y forma de las parcelas cultivadas*: Parcelas de cultivo de gran tamaño (mayor a 1 ha.) y forma cuadrada dificultan la llegada de los organismos benéficos, principalmente caminadores, desde las borduras o parches cercanos al centro de la parcela. En este caso se pueden diseñar parcelas de menor tamaño o forma rectangular o con cuñas de vegetación que se introduzcan hacia el interior del cultivo. Estas cuñas permiten que los organismos benéficos se desplacen desde ellas hacia el interior de la parcela cultivada, asegurando su efecto sobre toda la superficie.

3) *Las asociaciones de cultivos*: Los policultivos o asociaciones de cultivos consisten en la siembra de más de una especie, que comparten gran parte del ciclo del cultivo en un mismo lote. Son beneficiosos porque aumentan la diversidad hacia el interior de la parcela, evitando la concentración del recurso alimenticio para los fitófagos y favoreciendo la presencia de artrópodos benéficos dentro de la parcela. Los diseños de siembra pueden ser en franjas, en surcos o al azar, de acuerdo a las características del sistema. Ejemplos de policultivos o cultivos asociados son las pasturas perennes en mezcla (gramíneas y leguminosas), los forrajes o cultivos anuales intersembrados (avena con vicia, sorgo con vicia, trigo con trébol rojo), la siembra en franjas en los cultivos hortícolas, el uso de cultivos de cobertura, o el ampliamente utilizado sistema de milpa (maíz, calabaza y frijol, como principales cultivos, en México y otros países, (ver capítulo de manejo de la biodiversidad en este libro).

4) *El modo y capacidad de desplazamiento de los enemigos naturales a los que se quiere favorecer*. Todos estos aspectos deben ser analizados si se busca el beneficio de la regulación biótica en el sistema. Hay estudios que indican que los artrópodos caminadores se encuentran más limitados por la distancia para la captura de presas que los organismos parasitoides, donde el viento ejerce un papel importante en la distancia recorrida por ellos. Los carábidos, por ejemplo, pueden desplazarse hasta 100 metros desde el borde al centro del cultivo (Marasas, 2002), por lo que si se busca favorecer la presencia de estos coleópteros predadores el ancho máximo de la parcela no debería superar los 200 metros.

C) Características ecológicas del parche

Se hace necesario entender aquellos aspectos ambientales que afectan marcadamente la presencia de los distintos grupos benéficos. Estos aspectos se encuentran bastante diferenciados y marcados según se trate de fauna edáfica como gran parte de los predadores o de fauna epífita como lo son los parasitoides:

- Las condiciones edáficas, determinadas por condiciones naturales o factores antrópicos, como el sombreado del suelo, el tipo de cobertura vegetal (densa, laxa), la presencia y tipo de mantillo (rastreo), la aireación del suelo, el laboreo, etc. son factores determinantes para aquellas formas que se desarrollan y desplazan por el suelo. Por ejemplo,

ciertos estudios han mostrado que algunas especies de coleópteros de tamaño grande (15 mm) (*Scarites anthracinus*) encuentran un obstáculo para su desplazamiento en suelos con una densa y apretada cobertura vegetal, mientras que para otras especies de menor tamaño y cuerpo aplanado (*Aspidoglossa intermedia*) no constituye ningún obstáculo para aquellas (Paleologos, 2012).

- Por otro lado, la estructura y composición de la vegetación son aspectos que afectan más directamente a la fauna epífita que a la fauna edáfica. Hay algunas familias vegetales que por sus características físicas y/o químicas favorecen la presencia de organismos epífitos benéficos, al proveer polen y néctar para los organismos parasitoides. Por otro lado, también se ha señalado la importancia de la estructura de la vegetación en la presencia de arañas con hábitos tejedores, ya que esta vegetación permitiría la colocación de las telas para la captura de presas (Paleologos *et al.*, 2008).

Paleologos *et al.* (2008) analizaron la importancia de las características ecológicas de trece parches de vegetación seminatural en quintas del Cinturón Hortícola de La Plata, sobre los grupos de entomofauna más importante. Los resultados de este trabajo mostraron la existencia de una sensibilidad diferente de la fauna epífita y epígea a variaciones en las características de la vegetación. En este sentido, las características aéreas de la vegetación, como su estructura, la presencia de flores, la presencia de las familias Apiaceae, Fabaceae y Asteraceae resultaron ser características de gran importancia para la fauna epífita, pero no así para la epígea. Estas tres familias vegetales se sabe que favorecen la presencia de organismos que se encuentran sobre la vegetación al proveer sitios de refugio, aumentar la disponibilidad de presas y/o proporcionar recursos como polen y néctar. La existencia de polen y néctar resulta fundamental para asegurar la presencia de los adultos parasitoides, que luego colocan sus huevos sobre o dentro de las poblaciones plagas generando un control natural. Contrariamente a esto, para la presencia de los grupos epígeos, es decir aquellos grupos de organismos que se desplazan y refugian sobre la superficie del suelo, como los coleópteros y arañas, otros aspectos como la densidad de la vegetación, la presencia y tipo de mantillo presente y el grado de sombreado y temperatura del suelo constituyen los aspectos determinantes para su presencia.

Esta relación estrecha entre las condiciones ambientales generadas por la vegetación y la fauna presente también ha sido analizada a través del uso de organismos indicadores, como los carábidos (Paleologos, 2012) (Figura 7.7). El uso de organismos como indicadores de complejidad microambiental se basa en el hecho que la presencia y abundancia de ciertos grupos de organismos se vincula directamente con el cumplimiento de sus requerimientos. Estudios en este sentido fueron realizados en sistemas de vid de la zona de Berisso (Argentina). Estos sistemas se caracterizan por una alta agrobiodiversidad y un escaso uso de insumos. Sin embargo se diferencian dos tipos de viñedos: 1) los de la zona baja, costera, rodeados de monte ribereños y con ritmos periódicos de inundación donde el agua llega hasta 1 metro de altura y 2) los viñedos de zonas más altas, que no sufren inundaciones y que se encuentran rodeados por parches con distinto grado de disturbio antrópico (aserraderos, cañaverales, viviendas).

Los estudios en la zona mostraron que el tipo de estructura (compleja o simple) y composición (especies presentes) de la comunidad de carábidos, así como los requerimientos ecológicos de las especies presentes, se corresponden directamente con las condiciones de biodiversidad vegetal, disturbio natural y manejo agronómico presente en ambos tipos de viñedo (Paleologos, 2012). Los sistemas de vid de zonas inundables, con una importante y diversa cobertura vegetal y un paisaje circundante de monte ribereño, mostraron estructuras de la comunidad de carábidos complejas (tipo escalera) y la dominancia de especies especialistas de hábitat (estenótomas), hidrófilas y con importante capacidad de dispersión, característica fundamental para zonas inundables. Contrariamente los agroecosistemas de vid de zonas altas, no inundables, con una cobertura vegetal dominada por gramíneas y un paisaje circundante antropizado, mostraron estructuras de la comunidad simples, con unas pocas especies muy dominantes por sobre las restantes y especies generalistas de hábitat y asociadas a disturbios humanos. Además, todas las especies halladas en estos sistemas de vid son predatoras u omnívoras oportunistas contribuyendo a la regulación de plagas en estos agroecosistemas. Estos resultados confirman la importancia y relación estrecha entre las características y el manejo de los agroecosistemas y la presencia de fauna heterotrófica.

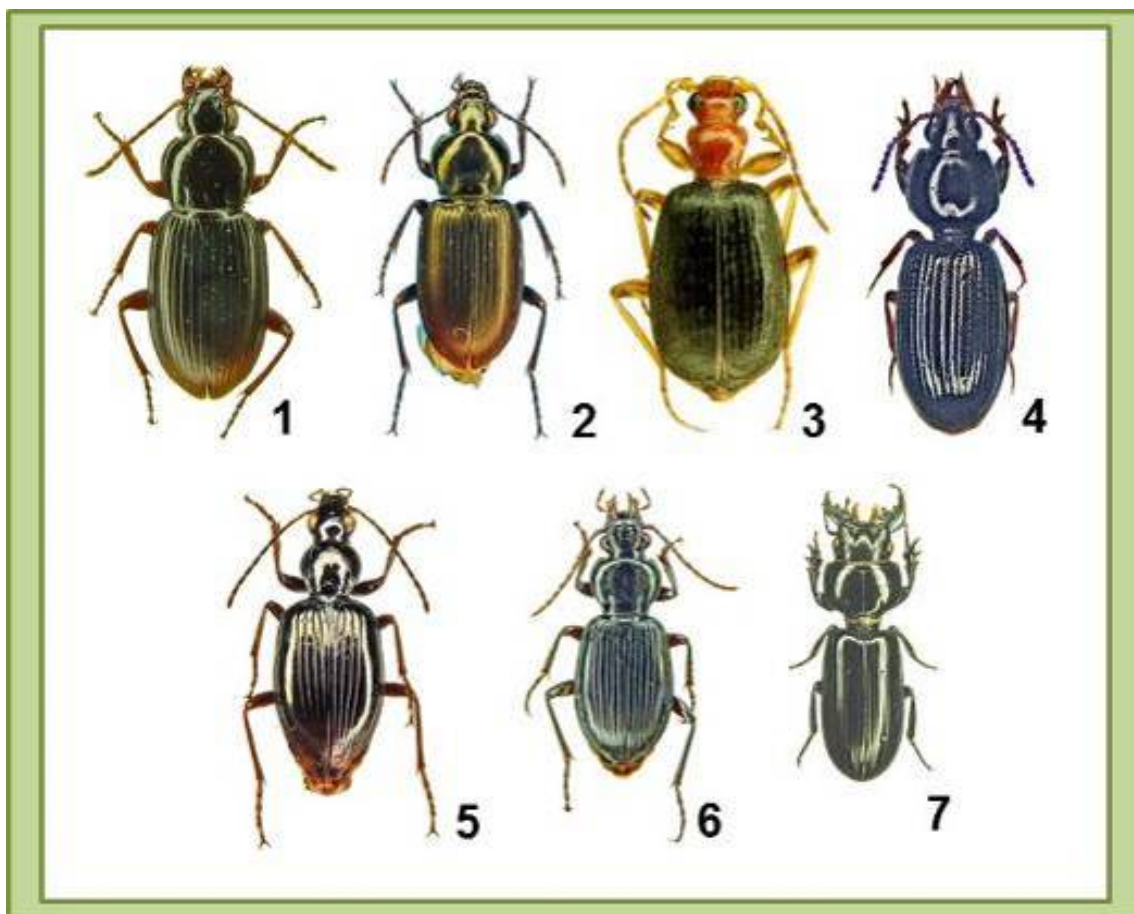


Figura 7.7: Especies de Coleoptera Carabidae capturadas en los sistemas de vid de la costa de Berisso, Bs. As., Argentina. 1- *Argutoridius bonariensis*, 2- *Argutoridius chilensis*, 3- *Brachinus pallipes*, 4- *Aspidoglossa intermedia*, 5- *Incagonum discosulcatum*, 6- *Paranortes cordicollis*, 7- *Scarites anthracinus*. Las especies no están en escala. Foto de los autores.

Cómo evaluar la diversidad de la heterofauna

Poder reconocer la presencia de fauna benéfica en nuestro agroecosistema nos permitirá contar con herramientas para poder diseñar y manejar el sistema buscando beneficiar la presencia de estos grupos. Tal como se señaló anteriormente, se pueden identificar dos formas de vida de la artropodofauna: las formas epífitas y las formas epigeas o edáficas. Ambas formas tienen características distintas y, por ende, relevar la fauna presente sobre la vegetación y/o en el suelo requiere de técnicas distintas.

Fauna epífita: para el relevamiento de la fauna epífita como los dípteros, himenópteros, lepidópteros y otros organismos voladores es útil la metodología de la “trampa de red”. Consiste en un palo con un aro de acero que sostiene un cono de liencillo (Figura 7.8). El cono es arrastrado sobre la vegetación de manera enérgica, lo que se llama “golpes de red” a ambos lados de una transecta imaginaria (Figura 7.9). Esto debe realizarse con mucho cuidado ya que, por un lado, hay que mantener la red en movimiento para evitar la pérdida de los organismos que se encuentran vivos en ellos y, por el otro, se debe tener cuidado de no dañar la vegetación, más aún si se trata de un cultivo. El largo de la transecta está en relación al número de “golpes de red” que deben realizarse para obtener una muestra representativa en el ambiente. Se puede considerar que deben realizarse al menos 40 golpes de red por transecta y el número de transectas por ambiente depende del tamaño del mismo, pudiendo ser 3 o más. El material recolectado debe ser transferido de la red a un frasco rotulado (Figura 7.10). Se debe tener mucho cuidado en este paso ya que los individuos se encuentran vivos y pueden perderse rápidamente. Resulta muy difícil e incluso erróneo señalar un número promedio de individuos que pueden ser capturados en una muestra de red de 40 golpes. Esto dependerá del ambiente a muestrear y de la época del año, siendo mayor el número en ambientes con diversidad vegetal y meses cálidos. Muestreos de red en ambientes seminaturales y cultivados en fincas hortícolas el Cinturón Hortícola de La Plata, en el mes frío de junio, arrojaron un número promedio de 19 individuos en los ambientes seminaturales por muestreo de red (40 golpes) y 18 en las parcelas cultivadas. Es decir, la abundancia fue similar entre ambientes cultivados y espontáneos, aunque la proporción de organismos benéficos fue mayor en los ambientes seminaturales (18%) que en las parcelas cultivadas (3,5%) (Paleologos *et al.*, 2008).



Figura 7.8: Trampa de Red, utilizada para la captura de la fauna epífita. Foto de los autores.



Figura 7.9: Muestreo de la fauna epífita de un ambiente de bordura de vegetación semi-natural. Se observan los movimientos relacionados con los golpes de red. Fotos de los autores.

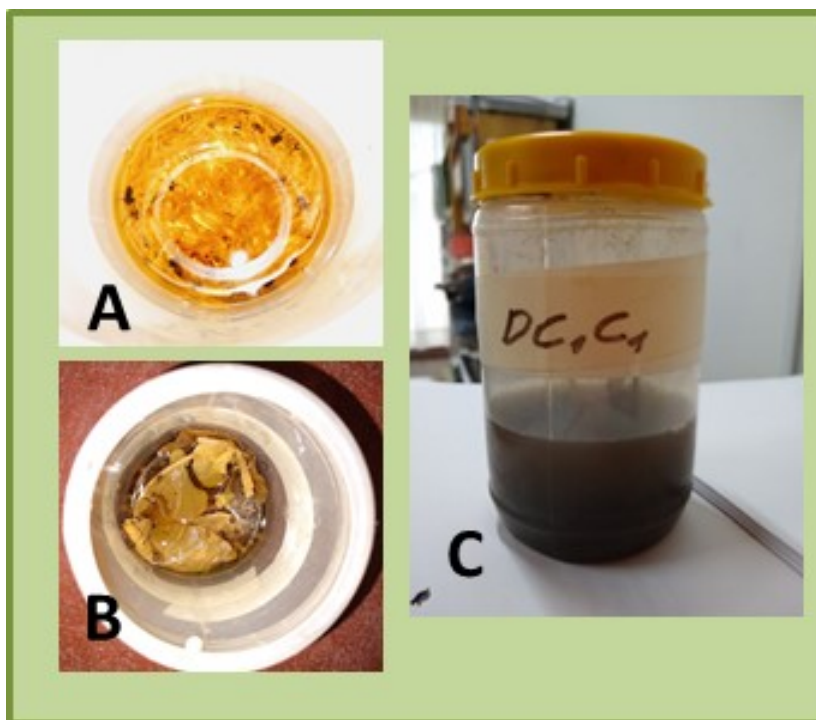


Figura 7.10: A y B: Frascos conteniendo el material recolectado en 40 golpes de red, A: en un cultivo y B en un ambiente seminatural. C: Frasco rotulado con muestra de red previa a ser limpiada en el laboratorio. Fotos de los autores.

Fauna edáfica o epígea: Las trampa “pitfall” o trampas de caída (Figura 7.11) constituyen una de las técnicas más usadas, por su practicidad y economía, para evaluar el número y actividad de los organismos que se mueven en superficie (Thiele, 1977). Las mismas consisten en recipientes de plástico de aproximadamente 1 kg de capacidad, con orificios en la parte superior, aproximadamente a 2 cm por debajo de la boca. Los mismos son enterrados hasta que el borde inferior de los orificios quede en la superficie del suelo y se le coloca una tapa plástica (Figura 7.11 A y B). Es importante tener en cuenta que cualquier recipiente de dimensiones similares puede constituir una herramienta útil para el relevamiento de los organismos caminadores. No es necesaria la presencia de orificios laterales o de tapa para ser utilizada como técnica de muestreo. En el caso de no poseer orificios el recipiente puede enterrarse en su totalidad hasta el borde de la boca y colocar con cuatro cañas una baldosa o cualquier otro objeto a modo de tapa que pueda proteger el contenido de las precipitaciones (Figura 7.11 C).

Los recipientes son llenados (5 cm) con un líquido preservante no atrayente para conservar la muestra, conteniendo 2 % de formol, sal gruesa, trazas de detergente doméstico y agua corriente. El tiempo de recambio depende del objetivo a seguir, aunque si el fin es realizar un relevamiento, las mismas deben ser recolectadas con una periodicidad no mayor a los 25-30 días. El número total de trampas colocadas en el ambiente debe estar en concordancia con el tamaño del mismo (Obrtel, 1971). A modo ejemplificativo podría decirse que si se desea evaluar la fauna epígea que se desplaza en superficie de 500 m² basta con colocar 20 trampas distribuidas a lo largo de 4 transectas con 5 trampas pitfall cada una. La distancia entre trampas y entre transectas es de unos 10 metros aproximadamente. Luego de la recolección las muestras deben ser lavadas con agua corriente y los organismos capturados deben ser separados cuidadosamente para su

identificación. Muchas veces, cuando el material será recolectado diariamente no se suele colocar ningún líquido preservante. Según las características del ambiente a muestrear, como el grado de disturbio (cultivado o no), el tipo de vegetación, presencia y tipo de mantillo y la época del año, entre otras, el número de individuos capturados a través del método pitfall puede variar. Estudios de la carabidofauna edáfica (Coleópteros, Carabidae) en el Cinturón Hortícola Platense mostraron una relación de abundancia 1/10 entre las parcelas cultivadas respecto de los ambientes poco disturbados de las fincas analizadas (Paleologos *et al.*, 2018).



Figura 7.11: Trampas de caída o pitfall. A y B: trampa pitfall con orificios laterales y tapa plástica. C: Trampa pitfall sin orificios y con soportes y baldosa formando un "techo". Fotos de los autores.

Fauna edáfica o epígea poco móvil: este tipo de organismos, como larvas, ácaros, colémbolos, enquitreidos, proturos, nematodos, etc. puede ser relevada a través de los llamados “embudos de Berlese” (Figura 7.12 A). Este método se utiliza para la captura de organismos que viven en el suelo pero que presentan una baja actividad (Berlese, 1905). El mismo consta de un embudo sobre el cual se coloca un tamiz con un diámetro de malla de 3 mm. Sobre el tamiz se coloca una fuente de luz de 40 W de intensidad (no LED) a 40 cm de distancia y por debajo del embudo se pone un recipiente colector con alcohol 70%.

Para el muestreo de la fauna edáfica se coloca sobre el tamiz un volumen de suelo de aproximadamente 150 cm³. El mismo debe ser manualmente y ligeramente desagregado. Dado que la mayoría de los organismos del suelo son lucífugos (huyen de la luz) e higrófilos (afinidad por la humedad), la luz presente en la parte superior impulsará al movimiento de los organismos hacia abajo, en busca de oscuridad y humedad, dando como resultado la captura de los mismos en el recipiente inferior. El tiempo de exposición a la luz es de aproximadamente 10 días y el número de muestras de suelo por ambiente debería ser al menos tres. Se debe tener cuidado que la muestra no se seque demasiado rápido, por lo que se puede humedecer levemente las primeras 72 horas de exposición.

Fauna voladora: para la captura de insectos voladores se pueden utilizar las llamadas trampa de luz (Marquez Luna, 2005) (Figura 7.12 B). Este método de captura se utiliza en colectas nocturnas, ya que atrae a aquellos insectos voladores con fototropismo positivo, es decir, que se sienten atraídos por la luz. Cuenta generalmente con un foco de luz de entre 10 y 50 W, que se conecta a una fuente de electricidad, que es colocado en la parte superior de un embudo, el cual finaliza en algún tipo de recipiente, con agua y un poco de formol, que contiene a los organismos capturados. El mecanismo de captura consiste en que los insectos que son atraídos por la luz golpean en las paredes del embudo y terminan cayendo al interior del frasco, del cual ya no pueden salir. Las trampas de luz requieren la necesidad de contar con una fuente de energía eléctrica. Esta fuente puede estar dada a través de cables, de algún tipo de pila, por un generador de electricidad a base de combustible o baterías con pequeños paneles solares. Es importante considerar que el sitio donde se coloque este tipo de trampa no debe estar cerca de otras fuentes luminosas ya que produce confusión entre los insectos y disminuye la atracción de la trampa de luz. Este tipo de muestreo permite hacer una colecta no selectiva y sistemática de los organismos que son atraídos, ya que entran indistintamente al recipiente colector. Debido a esto, es posible capturar cientos de individuos en unos pocos días de colecta. En este tipo de trampas se puede capturar toda aquellas fauna de insectos voladores, como dípteros, abejas, avispas, pequeños coleópteros voladores, luciérnagas, moscas blancas etc.

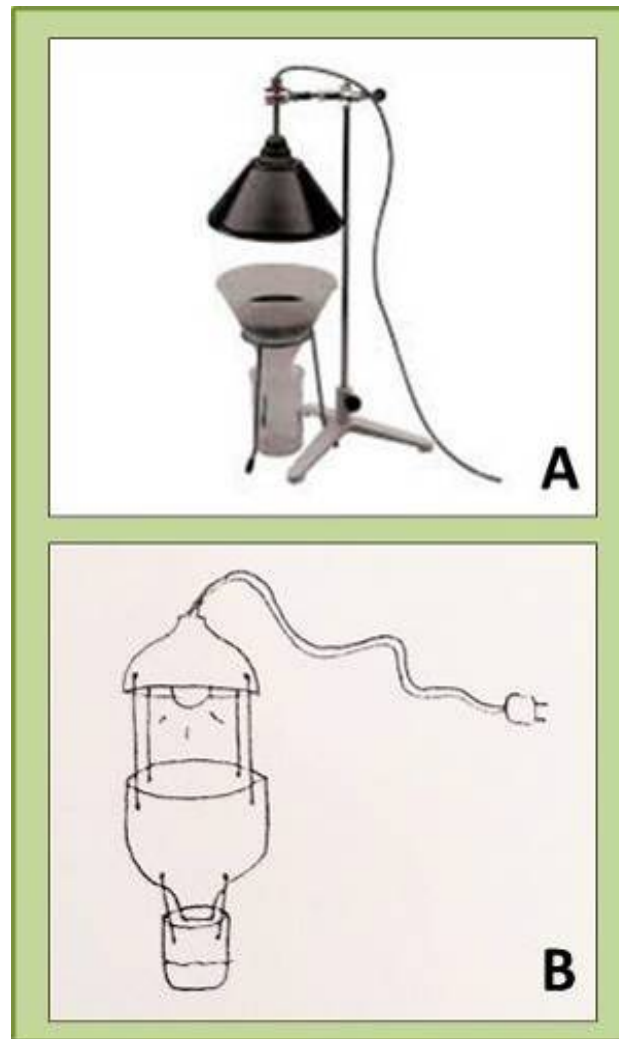


Figura 7.12: A: Embudo de Berlesse (foto de www.optikascience.com); B: Trampa de Luz. (dibujo de la autora)

Conclusión

En los agroecosistemas, los componentes de la biodiversidad (autótrofos y heterótrofos) son los responsables del cumplimiento de los procesos ecológicos asociados a una menor dependencia de insumos. Las poblaciones que integran el componente heterotrófico de la biodiversidad tienen diferentes hábitos (predadores, parasitoides) y hábitats de vida (edáficos y epífitos) favoreciendo, entre otras cosas, a una regulación de insectos plaga de manera eficiente. La adecuada composición y proporción de este componente heterotrófico se encuentra estrechamente relacionada con el componente vegetal. De esta manera, en los agroecosistemas, el manejo de la biodiversidad vegetal, tanto cultivada como espontánea, para favorecer la presencia de heterótrofos benéficos constituye una herramienta de gran valor si se busca mejorar los procesos de regulación biótica y asegurar un manejo más sustentable.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *En los agroecosistemas ¿Cuáles son los componentes autotróficos y cuáles los componentes heterotróficos de la agrobiodiversidad?*
2. *¿Cuál es la diferencia entre los consumidores primarios y los consumidores secundarios?*
3. *¿Dentro de qué componente del agroecosistema se encuentran las plagas?*
4. *¿Cuáles son los niveles tróficos de un agroecosistema?*
5. *Grafique una probable cadena trófica en un agroecosistema.*
6. *¿Cuál es la diferencia entre la cadena de pastoreo y la cadena de detritos? ¿Cómo se vinculan ambas cadenas?*
7. *¿Qué es una población? ¿Por qué es importante este conocimiento para el manejo de agroecosistemas?*
8. *¿Cuáles son los factores que determinan el tamaño de una población?*
9. *¿Cuáles son las funciones ecológicas de la agrobiodiversidad que pueden asociarse a los heterótrofos?*
10. *¿Qué es una plaga? ¿Por qué aparecen?*
11. *¿Cuáles son las hipótesis del origen de las plagas relacionadas con la biodiversidad y en qué se basa cada una?*
12. *¿Cuáles son los mecanismos de control de plagas planteados por la Agroecología y cómo se asocian a las hipótesis del origen de las plagas?*
13. *¿A qué se denomina fauna benéfica de los agroecosistemas?*
14. *¿A qué se denomina Control Biológico Aplicado y Control Biológico por Conservación? ¿Cuáles son sus diferencias? ¿Cuál sería el más indicado bajo un criterio agroecológico?*
15. *¿Cuáles son las diferencias entre los predadores y los parasitoides?*
16. *Teniendo en cuenta sus lugares de refugio ¿cómo pueden clasificarse los organismos heterótrofos?*
17. *Los parasitoides ¿se definen como grupos epífitos o edáficos? ¿Y los predadores?*
18. *¿Qué estrategias de diseño pueden utilizarse para aumentar la biodiversidad espacial en los agroecosistemas?*
19. *¿Cuál es la diferencia entre los parches en descanso, los parches seminaturales y las borduras de vegetación seminatural?*
20. *¿Qué ambientes pueden actuar como borduras y corredores en un agroecosistema?*
21. *¿Cuáles son los factores a tener en cuenta en el momento de planificar el diseño espacial del agroecosistema buscando el beneficio de la regulación biótica?*
22. *¿Qué metodología de muestreo utilizaría para relevar la fauna epífita y cuál la edáfica?*
23. *¿Cómo diseñaría un muestreo (cuantas trampas, en qué ambientes) para relevar la fauna edáfica y epífita en un agroecosistema? ¿Qué tendría en cuenta? ¿En qué ambientes muestrearía?*

Referencias

- Andow DA (1991) Vegetation Diversity and Arthropod Population Response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Berlesse (1905) *Apparecchio: Per Raccogliere Presto E in Gran Numero Piccoli Arthropodi*. 8 pp. Reeditó Kessinger Publishing 2010 ISBN 1160791783.
- Canepa ME, GA Montero & IM Barberis (2015). Matas de gramíneas como refugios de artrópodos invernantes en agroecosistemas pampeanos: efectos del tamaño, del agrupamiento y de la arquitectura de las plantas. *Ecología Austral* 25:119-127
- Greco NM, NE Sánchez & PC Pereyra (2005). Principios de manejo de plagas en una agricultura sustentable. En: Curso de Agroecología y Agricultura Sustentable. Capítulo 9: 15 pp.
- Kogan M & J Pérez (2003) *Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos de acción*. Primera edición. Universidad Católica de Chile, Chile. 333 pp.
- Laurance W & E Yensen (1991). Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation* 55:77-92.
- Marasas ME (2002) Efecto de los sistemas de labranza sobre la abundancia y diversidad de la coleopterofauna edáfica, con especial referencia a las especies de Carabidae, en un cultivo de trigo y los ambientes naturales circundantes. *M. Sc. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP, Argentina*. 113 pp.
- Márquez Luna J (2005) Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 37: 385-408.
- Morlans MC (2004) Introducción a la ecología de poblaciones. Área de Ecología. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013.
- Nicholls EC (2008) Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Selección ciencia y tecnología. Universidad de Antioquía, Colombia. 294 pp.
- Obrtel R (1971) Number of pitfall traps in relation to the structure of the catch of soil surface Coleoptera. *Acta Entomologica Bohemoslova* 68: 300-309.
- Paleologos MF (2012). *Los carábidos como componentes clave de la agrobiodiversidad. Su rol en la sustentabilidad de los agroecosistemas de vid de la costa de Berisso, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP*. 225 pp.
- Paleologos MF, AC Cicchino, SA Stupino & ME Marasas (2018) Los Carabidae (Coleoptera) y la Memoria Ecológica en Dos Sistemas Hortícolas de La Plata, Argentina. *VII Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Guayaquil, Ecuador. 4 pp.
- Paleologos MF, CC Flores, SJ Sarandon, SA Stupino & MM Bonicatto (2008) Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes seminaturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 3 (1): 28-40 ISSN: 1980-9735.
- Risch SJ, D Andow & MA Altieri (1983) Agroecosystem Diversity and Pest Control: Data, Tentative Conclusions, and New Research Directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.

- Romero GQ & Vasconcellos-Neto (2005). The effects of plant structure on the spatial and micro-spatial distribution of a bromeliad-living jumping spider (Salticidae). *J. Animal Ecology* 74:12-21.
- Root RB (1973) Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (Brassica Oleracea). *Ecological Monographs* 43 (1): 95-124.
- Sáez A, M Sabatino & M Aizen (2014) La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. *Ecología Austral* 24:94-102.
- Saunders D & R Hobbs (1991). The role of corridors in conservation: What do we know and where do we go? En Denis A Saunders and Richard J Hobbs Editors, *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*, Edition 1st . Publisher: Slurrey Beatty & Sons (421-427).
- Smith TM & RL Smith (2007) Ecología. 6ª Edición. Pearson Educación. Madrid. 776 pp
- Stupino SA, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas. En Edulp Editorial. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón SJ y CC Flores Editores (131- 158).
- Thiele HU (1977). Carabid Beetles in their environments. Berlin/ Heidelberg: Springer-Verlag, New York. Pp 369.
- Torreta JP & SL Poggio (2013) Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. *Journal of Natural History* 47:139-165.
- UNEP/CDB/COP (2000) The Biodiversity Agenda. *Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión*. Apéndice. Nairobi 15-26 de mayo 2000.
- van den Bosch R, PS Messenger & AP Gutierrez (1982) An introduction to biological control. Plenum Press, New York and London. 247 pp

CAPÍTULO 8

Tramas tróficas en los agroecosistemas: una herramienta para evaluar la complejidad

Nadia Dubrovsky Berensztein

Introducción

La biodiversidad es una aliada silenciosa. A través de los servicios ecológicos que otorga, íntimamente relacionados con la composición y estado de conservación de la misma, podrá influir considerablemente en los niveles de sustentabilidad de un agroecosistema.

¿Por qué silenciosa? A veces poco perceptibles o difícilmente cuantificables, los servicios ecológicos son imprescindibles para el buen funcionamiento de los agroecosistemas. Estos incluyen al hábitat para seres humanos y animales, la formación del suelo, la fotosíntesis y la producción primaria; la provisión de alimentos, fibras, recursos genéticos y diversidad; servicios como la regulación del clima, el control de la erosión, la detoxificación del ambiente, el control de potenciales plagas, enfermedades y vegetación espontánea; el ciclado del agua y minerales; y servicios culturales como los aportes de valores estéticos, espirituales y recreativos, entre otros intangibles que se vinculan indirectamente con las capacidades de sostener y proyectar dicho funcionamiento.

En la investigación científica agroecológica, cada vez más estudios avanzan sobre la caracterización del conjunto de servicios que aportan los diferentes ensamblajes de diversidad espontánea. Así mismo, se intenta ensayar y comprender cuáles son los diseños espaciales y temporales que potencian esos recursos.

Y, en esta perspectiva, “*de los componentes de la diversidad funcional y sus interacciones*”, resulta interesante abordar las distintas escalas del agroecosistema: de la finca al paisaje y del paisaje a la ecorregión, atravesadas por las dimensiones socio-cultural, económica y ambiental.

Ciertos atributos de los ecosistemas, tales como la estructura de las comunidades, la diversidad, los flujos de energía y nutrientes y los mecanismos de control, entre otros, están presentes y pueden ser estudiados en los sistemas productivos. Su calidad y grado de conservación, en comparación con un sistema natural, se verán alterados por la actividad agrícola, por lo que dependerán en gran medida de características endógenas (biológicas y ambientales, en el predio agrícola) y exógenas (sociales y económicas), así como de la frecuencia e intensidad de las perturbaciones naturales y humanas que perciban. Entonces, conocer los componentes e indagar sobre cómo operan los procesos y relaciones entre éstos, será útil para el desarrollo de

estrategias de manejo que reduzcan o eliminen el uso de agroquímicos y otros insumos, minimizando los daños ambientales, conservando la biodiversidad y optimizando los procesos.

Para conocer estos aspectos, la investigación científica ha abordado de manera descriptiva la composición de especies, se han realizado análisis particulares acerca de relaciones interespecíficas (depredador-presa, parasitoide-hospedador, cultivo-potencial plaga, cultivo-maleza, entre otros), estudios de la distribución espacial o temporal de organismos, cálculo de índices como la riqueza de especies o de diversidad, entre otros.

En complemento con estos enfoques, resulta interesante el abordaje de la diversidad en relación con sus aspectos funcionales. Es decir, aquel que observe qué funciones o procesos ecosistémicos ocurren en determinado espacio y tiempo y el conjunto de organismos que tienen un efecto similar sobre ellos, independientemente de su posición sistemática.

Las tramas tróficas (también mencionadas como redes tróficas en la literatura, dentro de la diversidad de las redes ecológicas) son un instrumento de descripción y estudio, que permite considerar la dimensión de las interacciones entre componentes, aportando una perspectiva funcional de análisis de la biodiversidad. A su vez, brindan una base dinámica para comprender los procesos ecológicos que, potencialmente, están ocurriendo en los sistemas. A partir de su interpretación se puede, por un lado, aproximar las consecuencias que tienen las prácticas de manejo sobre las comunidades y, por otro, proyectar la capacidad de respuesta (resistencia y resiliencia) que tiene potencialmente un sistema frente a los disturbios.

En el presente capítulo se analiza esta herramienta o enfoque posible para el abordaje del conjunto de relaciones tróficas, lo cual permite un acercamiento a la comprensión de la complejidad del agroecosistema. Se buscará integrar distintos atributos -las poblaciones presentes en un mismo espacio y tiempo, la descripción minuciosa de sus roles tróficos y la caracterización de los nichos biológicos de cada una- a fin de analizar cuál es el estado de la comunidad en un momento dado. De esta manera, se podrán interpretar sus posibilidades de resistencia y resiliencia frente a las perturbaciones o, por el contrario, sus capacidades de absorber los disturbios y prevenir un desequilibrio tal, que pueda llevar a una situación irreversible, como por ejemplo la pérdida de la estructura de la comunidad.

Por otro lado, su aplicación permitirá deducir cuál es el estado de conservación de la biodiversidad y en qué medida, a través de sus componentes y relaciones, el sistema puede garantizar procesos como la regulación biótica, el ciclaje de nutrientes, la polinización u otros servicios ecológicos que aporta la biodiversidad.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos: enfoques lineales vs complejos

Existe un amplio consenso en considerar que una mayor diversidad incrementa las funciones del sistema debido a que las especies que ocupan nichos diferentes juegan, también, roles dife-

rentes. El nicho ecológico (Grinnell, 1917; Elton, 1927) es el hipervolumen o posición multidimensional que ocupa una especie, considerando el espacio, tiempo y relaciones funcionales con los componentes de la comunidad en la que habita. Es decir, el concepto de nicho considera el cómo -además del dónde- habita cada organismo.

En la figura 8.1 se puede ver esquematizada la distribución de una especie considerando el gradiente de un factor, en este caso la temperatura. Se puede observar que existe un valor de temperatura inferior y superior, a partir de las cuales la especie no logra sobrevivir; por dentro de estos valores, un rango de temperaturas que determinan condiciones aptas para el crecimiento de la población; luego, límites un poco más estrechos que definen condiciones también para la reproducción y en el centro de la campana una temperatura óptima para el crecimiento, reproducción y desarrollo de la especie. Si se combinan el conjunto de dimensiones o factores que condicionan la distribución de la especie (por ejemplo, adicionando la humedad relativa, la distribución de la presa o el alimento, la concentración de un contaminante, la disponibilidad de refugios, etc., según la especie en cuestión), estaríamos representando ese espacio multidimensional que define su nicho ecológico.

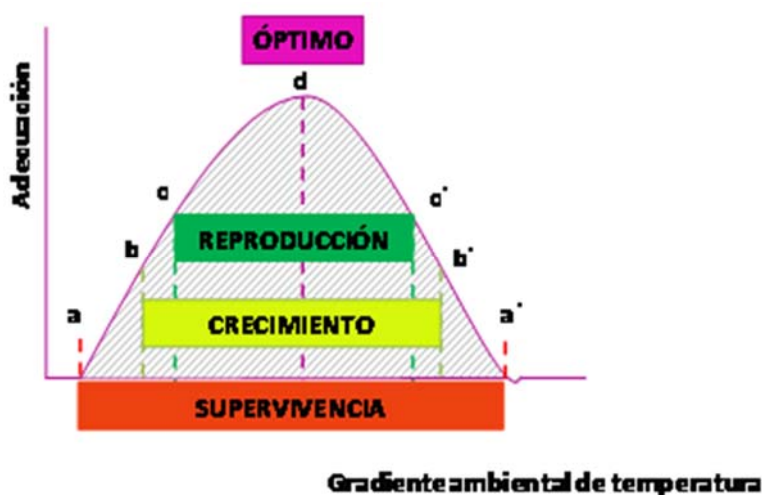


Figura 8.1. Distribución de una especie hipotética a lo largo del gradiente de un factor ambiental, en este caso la temperatura, donde se definen límites superior e inferior de supervivencia (a y a'), de crecimiento (b y b') y de reproducción (c y c'), así como la temperatura considerada óptima para la especie (d).

Es posible considerar un nicho ontogenético, es decir, el que se da en cada etapa del desarrollo de un organismo, debido a los cambios morfológicos, conductuales o tróficos, entre otros, que sufre a lo largo de su vida. Por ejemplo, las mariposas y polillas en el estado de oruga son herbívoras, se alimentan de distintos tejidos vegetales y se desplazan sobre la superficie o cavando galerías, mientras que en sus estados adultos son generalmente nectarívoras, voladoras y visitan flores de diversas plantas.

Por otro lado, también se puede diferenciar para cada especie el nicho fundamental del efectivo. El primero está definido en función del aprovechamiento al máximo de los recursos utilizables por la población, limitado solamente por la capacidad fisiológica de la especie de tolerar mínimos y máximos. Sin embargo, en condiciones reales, la distribución se ve disminuida frente

a la convivencia e interacciones con otras especies, es decir, ante el conjunto real de condiciones en que el individuo o población existe, delimitando lo que se llama el nicho efectivo.

En complemento con esto, Root (1967) introdujo la consideración de gremios como el conjunto de especies que explotan la misma clase de recurso ambiental de forma similar, es decir, que presentan requerimientos de nicho superpuestos considerablemente, sin tener en cuenta su posición filogenética. Si bien pueden conformarse gremios en función de diferentes criterios, es frecuente utilizar el rango trófico o alimenticio de los organismos definiéndose, por ejemplo, en las comunidades de artrópodos de los sistemas productivos, a los fitófagos, depredadores, parasitoides, hiperparasitoides, descomponedores, saprófagos y micófagos, entre otros, tomando a familias, especies o estados de desarrollo de una misma especie.

Como cualquier comunidad biológica, las que están asociadas a agroecosistemas contienen a las diferentes poblaciones –conjuntos de individuos de una misma especie que conviven en un espacio y tiempo determinados–, interactuando mediante múltiples procesos entre sí y con el ambiente físico (Begon *et al.*, 2006). Las interacciones entre ellas incluyen la competencia, parasitismo, parasitoidismo, depredación, alelopatía, simbiosis, comensalismo, polinización, entre otras, y pueden tener efectos positivos, negativos o neutros para las poblaciones que intervienen. Este entramado de relaciones determina la estructura emergente y diversidad de la comunidad, así como la presencia de los servicios ecológicos presentes dentro de los sistemas agrícolas.

En complemento, también son importantes los mecanismos de autorregulación que ocurren al interior de cada población, como la competencia intraespecífica o las tasas de crecimiento y mortalidad, inmigración y emigración, los cuales determinan que el número de individuos en cierto momento esté limitado, por ejemplo, por la disponibilidad de algún recurso (ver capítulo 7).

Todos estos procesos ocurren simultáneamente en las poblaciones de las especies cultivadas y en las de crecimiento espontáneo, edáficas o superficiales, perennes o de crecimiento limitado a una estación o período anual, tanto animales como vegetales o de otros reinos.

Es común que los estudios de conservación o de control biológico centren la atención en las poblaciones de especies particulares o en relaciones puntuales depredador-presa o parasitoide-hospedador. Incluso las evaluaciones de impacto de determinadas prácticas de manejo o de la pérdida de hábitats muchas veces se realizan desde dichos enfoques, quedando al margen de los estudios las complejas vías de interacción que vinculan a los organismos y las repercusiones en cascada que tienen los cambios de una especie sobre las demás.

Por el contrario, la investigación agroecológica asume que un agroecosistema es mucho más que la suma de sus componentes, intentando considerar la complejidad de las interacciones para aportar al desarrollo de una agricultura sustentable. En este sentido, los conceptos de nicho ecológico y la conformación de gremios incorporan implícitamente la interacción entre las poblaciones y estados ontogenéticos de diferentes especies y permiten construir un análisis sobre la organización ecológica de las comunidades.

En la figura 8.2 (esquemas A y B) se pueden observar dos visiones contrapuestas de los componentes de los sistemas productivos y sus interacciones, en relación con el servicio de

regulación biótica. En A, una visión simplificada y convencional, orientada linealmente a maximizar los rendimientos del cultivo para aumentar las ganancias. En esta visión, los estudios abordan un estrecho número de relaciones: entre cultivos y vegetación silvestre (referidas, desde esta mirada, como “malezas”), entre cultivos y los artrópodos potencialmente plaga y entre éstos y sus enemigos naturales (componentes sombreados en gris). En B, por otra parte, se representan las interacciones entre poblaciones (líneas sólidas y discontinuas) y algunos de los circuitos de retroalimentación complejos, generalmente ignorados, que ocurren naturalmente en las comunidades biológicas y que pueden estar encendidos o inhibidos, en mayor o menor medida, por las prácticas de manejo. El balance entre las poblaciones presentes –considerando a la biota funcional o deseable y a la destructiva o que puede restar productividad-, la calidad de las interacciones y su estado de conservación tendrán vinculación con la sustentabilidad de los sistemas y sus posibilidades de reducir la dependencia al uso de insumos.

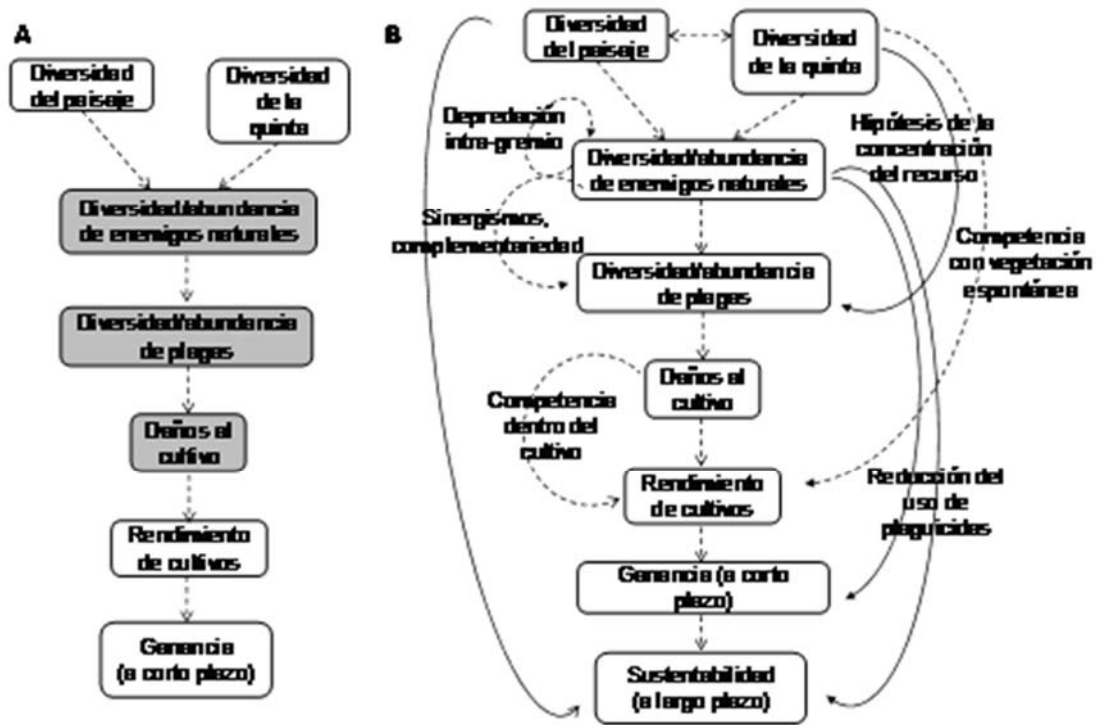


Fig. 8.2. A la izquierda (A), la visión simplificada convencional de las relaciones entre los componentes bióticos de un agroecosistema, con estudios centrados en un estrecho conjunto de relaciones –generalmente entre plantas, artrópodos plagas y sus enemigos naturales (componentes sombreados en gris). A la derecha (B) se representan algunos de los circuitos de retroalimentación complejos e interacciones entre las especies (líneas sólidas y discontinuas), generalmente ignorados, presentes en los sistemas productivos y vinculados con la sustentabilidad de estos. Adaptado de Bohan *et al.* (2013).

A modo de ejemplo, en lugar de pensar en la vegetación espontánea desde una visión simplista que la considera únicamente como competencia del cultivo por los recursos que explotan en común, se podría planificar su manejo incorporando sus efectos en la atracción o repelencia de fauna, en el control de la erosión y el equilibrio hídrico, la captura o fijación de carbono, su

uso potencial en la elaboración de preparados naturales, u otros procesos que contribuyen a una mirada sistémica del agroecosistema.

En síntesis, un desafío para el enfoque agroecológico es integrar las diferentes estrategias de los agentes de la diversidad funcional o agentes benéficos y garantizar, mediante el manejo, un entorno ambiental adecuado, que logre compensar o neutralizar los efectos de la biota destructiva, es decir, aquella que suele reducir la productividad cuando alcanza niveles poblacionales altos.

Las tramas tróficas y sus principales aplicaciones

Diversas hipótesis explican la relación entre composición y funciones del ecosistema. En algunos casos, se considera que la vinculación es directa y positiva, es decir, que cuando se incorporan nuevas especies éstas aportan nuevas funciones (hipótesis lineal de Vitousek & Hooper, 1993). En otros casos, se observa que las funciones de un ecosistema no se ven afectadas por la aparición o desaparición de especies (hipótesis nula) o se plantea que la tasa de funciones distintas en un ecosistema aumenta hasta un punto determinado, a partir del cual la suma de especies no se traduce en un aumento de roles o funciones (Hipótesis de la redundancia de Walker, 1992). En este último caso, se apunta a la existencia de entidades funcionales semejantes que tienen similares interacciones con el mismo proceso ecológico (Chapin *et al.*, 1992).

Luego, hay un autor que postula que la relación entre la diversidad de especies y el funcionamiento de un ecosistema es cambiante y que el cambio se vincula con la riqueza de especies, pero la magnitud y dirección son impredecibles debido a la gran variedad y complejidad de roles de cada una (hipótesis idiosincrásica o impredecible de Steel, 1991). A partir del conjunto de hipótesis y tomando aspectos de varias de ellas, es posible pensar que la complejidad funcional no sólo se vincula al aumento en la riqueza de especies y la diversidad taxonómica de las mismas, sino también a la multiplicidad de interacciones que existan entre ellas, expresando indirectamente, las particularidades de cada ambiente.

Las redes ecológicas o de interacción son diagramas que reflejan los vínculos verticales y horizontales entre organismos y permiten detectar patrones de estructuración de las comunidades naturales (Pimm, 1979; Rott & Godfray, 2000). Como mencionamos antes, las especies no están solas en los ecosistemas y las interacciones raramente ocurren exclusivamente entre pares de especies. Por otro lado, la evaluación de los efectos ambientales sobre una lista de especies aporta poca información acerca de posibles consecuencias indirectas o en cascada.

En este sentido, las redes ecológicas permiten superar la mirada reduccionista e incorporar las relaciones entre los componentes de la biodiversidad, de manera de observar cómo los cambios en unos podrían afectar a los otros, modificando las múltiples funciones emergentes del ecosistema. De esta manera, constituyen poderosas herramientas cuando se trata de trabajar con sistemas complejos, cuyas entidades interactúan mediante diversos procesos, dando pie a diferentes respuestas.

En los agroecosistemas, se podrá recurrir a esta herramienta para la descripción de las comunidades vinculadas a un servicio ecológico en particular, como la descomposición, la polinización o el control biológico. Además, serán de gran utilidad para comparar los efectos de perturbaciones o prácticas de manejo del sistema productivo sobre el estado de conservación de la agrobiodiversidad y, a través de sus interacciones, la calidad de los servicios ecosistémicos que aporta.

En investigación científica se han utilizado las redes ecológicas para analizar la fragmentación o pérdida del hábitat en insectos herbívoros y enemigos naturales (Memmott *et al.*, 2007; Murakami *et al.*, 2008; Cagnolo & Valladares, 2011; Kaartinen & Roslin, 2011), para estudiar la vegetación y sus polinizadores en parches de hábitat semi-naturales dentro de una matriz agrícola (Sabatino *et al.*, 2010), para el estudio de las comunidades de parasitoides asociadas a determinado fitófago, en cultivos y vegetación silvestre o el desempeño potencial del control biológico (Pimm, 2002; Cagnolo *et al.*, 2009, 2011; Derocles *et al.*, 2014; Rott & Godfray, 2000; Salas Gervasio *et al.*, 2016), para evaluar el efecto en las comunidades ante la extinción de especies o especies funcionales redundantes o complementarias (Lewinsohn *et al.*, 2006; Bascompte, 2007), o evaluar las prácticas de manejo y la influencia del paisaje sobre las comunidades, en un contexto de producción hortícola (Lemos Costa *et al.*, 2016), entre otros ejemplos.

Así mismo, además de su aplicación con fines científicos, puede ser utilizada como herramienta en el territorio, en espacios educativos, de divulgación científica o de intercambio de saberes. Adaptada a cada contexto, podrán aprovecharla técnicas y técnicos, educadoras y educadores, productoras y productores y sus organizaciones, consumidoras y consumidores, así como cualquier persona o colectivo interesado en indagar acerca del funcionamiento de los agroecosistemas desde una perspectiva más amplia que la que convencionalmente se observa, es decir, *viendo más allá* del producto a consumir, producir o comercializar y sus principales plagas, enfermedades o competidores.

Las tramas tróficas y su mecánica de elaboración

Las redes ecológicas y, en particular, las tramas tróficas, pueden construirse en base a especies, grupos de especies relacionadas taxonómica o funcionalmente, u otros criterios. Si bien su uso data de varias décadas en Ecología (Margalef, 1991; Odum, 1956), en la actualidad son ampliamente utilizadas.

En este capítulo centraremos la atención en las tramas tróficas, aquellas que expresan vínculos de alimentación. Estas pueden ser interacciones mutualistas, pero lo más frecuente es que se basen en relaciones antagonistas, es decir fitofagia, depredación o parasitoidismo. Están conformadas por diferentes **nodos** o elementos de la trama, que identifican a los componentes de la comunidad, conectados por **enlaces o flechas**, que representan que el nodo de destino **es**

comido por el nodo de origen (figura 8.3). Para su elaboración, se podrá utilizar el rango alimenticio teórico de cada elemento, en cuyo caso se tratará de diagramas hipotéticos o potenciales de las interacciones tróficas que podrían estar ocurriendo en una comunidad en un momento dado. También, podrán construirse en base a interacciones reales, con datos obtenidos de la experimentación.

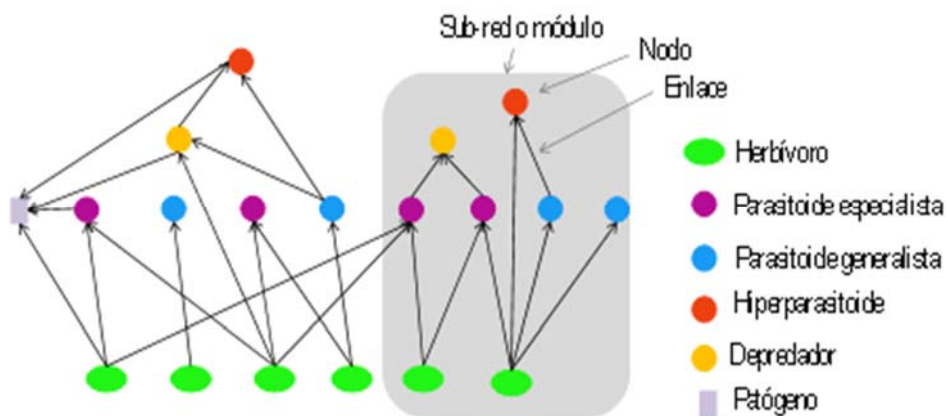


Fig. 8.3. Ejemplo de estructuración de una comunidad de insectos hipotética, donde se refleja la multiplicidad de interacciones tróficas. Los nodos son los elementos de la red, conectados por enlaces o flechas, que señalan que los integrantes del nodo de origen se alimentan de los que integran el nodo de destino. Los grupos de nodos más conectados entre sí que con el resto de los componentes de la trama se denominan módulos o sub-redes.

En la elaboración de las tramas tróficas se buscará sintetizar gráficamente el conjunto de relaciones potenciales o reales de alimentación en una comunidad, en determinado espacio y tiempo. A su vez, se pueden tomar diferentes decisiones para acotar el universo de acuerdo a los objetivos del estudio o la disponibilidad de datos: por ejemplo, se podrán representar tramas edáficas para analizar en particular el sub-sistema suelo u otras exclusivamente de la diversidad aérea, concentradas en reflejar procesos como la polinización o el control biológico en el ambiente epífita. También, en los nodos se podrán utilizar las familias, especies, ecotipos o incluso estados ontogenéticos de una misma especie u organizarse dichas entidades en gremios tróficos, en base a coincidencias en los patrones de consumo y el nicho ecológico que ocupan.

Podemos distinguir tres tipos de tramas. En primer lugar, aquellas cualitativas o de conectancia, que sólo poseen información acerca de los nodos presentes y sus interacciones potenciales (figura 8.4, A). Luego, las semi-cuantitativas (figura 8.4, B) son aquellas que, además de la información anterior, cuentan con una medida de la intensidad de la relación entre nodos, expresada, por ejemplo, por la medida de consumo de un depredador a cada especie o nodo de la presa o el porcentaje de ataque a diferentes especies de hospedador, observado para una especie de parasitoide. Por último, puede tratarse de una trama cuantitativa o ponderada si, además de la información sobre presencia-ausencia e intensidad de los enlaces, contiene información cuantitativa sobre cada población o nodo que interactúa (figura 8.4, C) (Pimm, 1980; Pimm *et al.*, 1991).

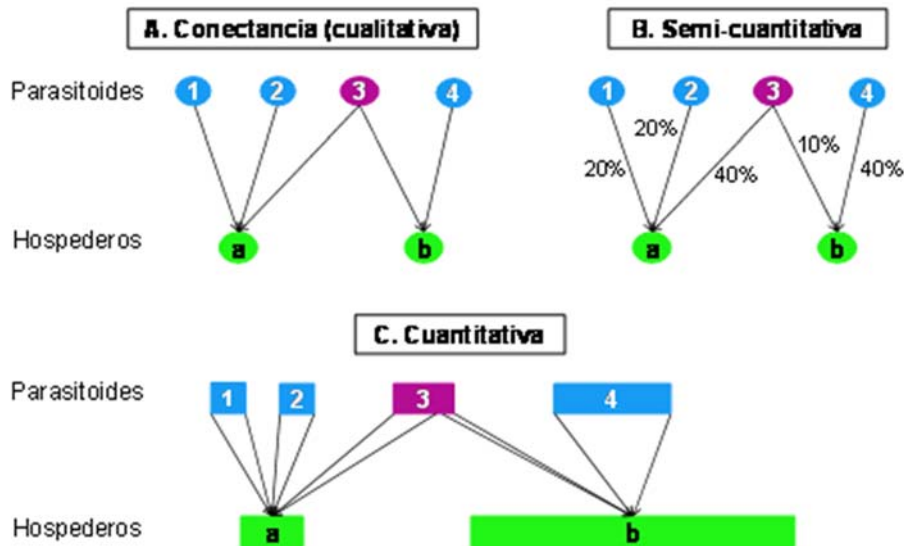


Figura 8.4. Esquemas de redes cualitativa (A), semi-cuantitativa (B) y cuantitativa (C) en base a datos hipotéticos de vinculación entre hospedadores (a y b) y cuatro especies de parasitoides (1 a 4). En A se presentan iconos del mismo tamaño para hospedadores y parasitoides, indicando únicamente su presencia y la interacción entre ellos. En B se agrega un porcentaje sobre el enlace, aportando una medida de la intensidad de la interacción entre los nodos conectados. En C, se incorpora un tamaño de nodo que es proporcional al tamaño poblacional de cada nodo que interactúa.

En el caso de las tramas tróficas cuantitativas, si bien pueden construirse en base a la densidad, biomasa o tamaño poblacional, habrá que tener en cuenta en su elaboración los métodos de muestreo y la unidad de medida empleados, ya que para comparar las fuerzas de las interacciones se deberán tomar unidades comunes para los taxones. Por ejemplo, de acuerdo a cuál sea el conjunto de servicios ecológicos que se desee observar, se deberá evitar comparar los eventos de visita de flores por parte de polinizadores -que reflejan patrones de actividad, en lugar de densidad o biomasa-, con una medida de abundancia de determinado taxa.

La principal limitación para la construcción de cualquiera de las tramas tróficas es la dificultad de identificar y lograr dimensionar el conjunto de las interacciones del sistema en estudio. Algunas de ellas, como las que ocurren entre plantas y polinizadores, entre plantas y algunos herbívoros monófagos o entre un herbívoro y un enemigo natural específico, pueden ser fácilmente observadas en el campo, sin embargo, documentar su importancia en relación con el funcionamiento del sistema puede ser complicado. A su vez, el comportamiento de alimentación también puede ser críptico, poco frecuente y muy cambiante, no sólo de acuerdo con el estado de desarrollo -si se trata de estados juveniles o adultos- sino también a lo largo de las estaciones.

Por ejemplo, de acuerdo con el estado nutricional de un cultivo, se pueden observar diferentes respuestas poblacionales frente a la presencia de fitófagos, debido a los mecanismos de resistencia. O, en otro caso, los efectos de la depredación sobre un fitófago no aumentan linealmente con la disponibilidad de determinada cantidad de presa, sino que el consumo en la dieta del depredador dependerá de diferentes factores del hábitat.

Por todo lo anterior, será fundamental evaluar de la manera más precisa posible la biología de cada taxón para su posicionamiento en la red y, cuando se trabaje en base a datos de campo, será más confiable tener presente que se trata en muchos casos de relaciones potenciales, ya

que lograr cuantificarlas requerirá de estudios complementarios de laboratorio, los cuales presentan otro conjunto de limitaciones. En todos los casos, a un mayor conocimiento de la dinámica de los agroecosistemas, mejor y más completa podrá ser la aplicación de esta herramienta para describir los procesos que ocurren en el mismo.

¿Cómo analizar e interpretar las tramas tróficas?

Dimensionar la influencia que tienen las interacciones entre entidades sobre el funcionamiento del ecosistema es considerablemente difícil. Sin embargo, existen algunos atributos de las tramas que pueden ser útiles para predecir cómo los cambios en la diversidad influyen sobre los servicios ecosistémicos, entre los que se encuentran conceptos como la resiliencia, invasibilidad, persistencia en el tiempo, coherencia y robustez (Mc Cann, 2000; Pimm, 1984).

Mediante las rutas tróficas fluyen la energía y la biomasa a través de los ecosistemas. Hay tres efectos que vinculan la estructura de la red alimentaria con la estabilidad de las comunidades (Hines *et al.*, 2015):

(1) **Los efectos de estructura trófica**, dados por la mayor influencia de la depredación o mecanismos *top-down* (interacción vertical de arriba hacia abajo entre diferentes niveles tróficos) en la estabilización de las poblaciones y las comunidades, en relación con la competencia por un recurso (mecanismos *bottom up*, de abajo hacia arriba);

(2) **los efectos de las múltiples interacciones**, dados por la importancia diferencial de las especies generalistas o polífagas, ya que se encuentran altamente conectadas a otras especies, pero mediante interacciones relativamente débiles. En estos casos, se ejerce una menor presión de depredación o parasitoidismo sobre las poblaciones de presa u hospedador con respecto a las especies especialistas o estenófagas; y

(3) **la compartimentación de efectos**, cuando existen sub-redes dentro de la trama trófica, asociadas a determinadas especies (a menudo llamados módulos), con componentes que interactúan más entre sí que con otros. Muchas veces, los módulos son más susceptibles y responden como tal a una perturbación, a diferencia de la red completa.

Otro aspecto de las tramas tróficas interesante de analizar es la presencia de especies clave, aquellas que, cuando cambia drásticamente su abundancia, tienen un fuerte impacto sobre todo el ecosistema ya que producen efectos en cascada, propagándose en otros niveles tróficos. A su vez, puede ser útil detectar la distribución de especies funcionalmente redundantes o compartimentos funcionales únicos en el aporte de un servicio ecológico de interés.

Retomando lo anterior, suelen aplicarse medidas descriptivas de la topología de la trama, como la compartimentación en módulos, la conectividad y la presencia de omnivoría o entidades generalistas, para asociarlas con la estabilidad, robustez o fragilidad e, indirectamente, con el funcionamiento del ecosistema. Por ejemplo, en el caso de las tramas tróficas cualitativas se suelen utilizar los siguientes parámetros:

- Número de conexiones entre nodos de cada gremio trófico, por ejemplo, entre nodos de parasitoides y nodos de fitófagos;
- Número de nodos que conforman cada gremio trófico, es decir, cuántos taxa, especies, morfoespecies, etc, pertenecen a cada gremio utilizado;
- Número de conexiones totales, lo que determinará el tamaño de la trama;
- Presencia o ausencia de cada entidad taxonómica o funcional;
- Dado que la conectividad puede ser muy variable entre nodos, se puede incluir, como otra medida, el número de interacciones establecido por cada gremio trófico.

Como criterio general, cuando una función ecosistémica esté garantizada por uno o unos pocos componentes, una perturbación que afecte a sus poblaciones conducirá a la pérdida del servicio, lo cual tendrá repercusiones en cascada sobre el resto de la comunidad. Por el contrario, un agroecosistema con elevada cantidad de grupos funcionales y diversidad de taxones dentro de cada uno, tendrá una más amplia batería de respuestas frente a un cambio en el entorno, confiriéndole mayor estabilidad a largo plazo. Esta capacidad de absorber perturbaciones y reorganizarse mientras está experimentando cambios o tras haberlos sufrido, manteniendo básicamente la misma estructura, funcionamiento y mecanismos de auto-regulación, es la resiliencia de ese ecosistema y está garantizada en gran medida por la presencia de variados grupos funcionales y las interacciones entre ellos.

Algunos atributos de los enemigos naturales que nos sirven para interpretar las tramas tróficas

La agroecología promueve la perspectiva del control biológico por conservación, que consiste en el diseño y manejo de la agrobiodiversidad a fin de integrar las diferentes estrategias de los agentes benéficos y establecer, dentro del agroecosistema y en estrecha asociación con el paisaje, un entorno ambiental adecuado a los enemigos naturales. Pero ¿cómo saber si un entorno es adecuado para la comunidad de enemigos naturales? Esta es, quizás, una de las preguntas que más nos interesa, ya que nos permite “*linkear*” la teoría con la acción concreta y ordenar prioridades en nuestras recomendaciones de manejo.

De acuerdo con la hipótesis de los enemigos naturales (Root, 1973), el complejo de organismos benéficos está ligado a las condiciones ambientales, biológicas y productivas que lo rodean y modifican. En muchos casos, más allá de los insectos que controlan, para persistir en el sistema y completar su ciclo de vida presentan diversas formas de herbivoría, tanto directa –con el consumo de flores y néctar extrafloral, polen, semillas, savia, entre otros productos-, como indirecta, al utilizar el “honey-dew”, un producto elaborado por áfidos, cochinillas y moscas blancas a partir de sustancias vegetales.

Entre la diversidad de enemigos naturales artrópodos, variables en cuanto a identidad taxonómica, biología y ecología, se pueden agrupar esencialmente los depredadores, parasitoides e hiperparasitoides (ver capítulo 7). Puede existir un gradiente en la especificidad por la presa u

hospedador, llegando a conformar vínculos alimenticios complejos, como es el caso de los parasitoides e hiperparasitoides, que consumen y viven sobre individuos o poblaciones de fitófagos. Algunos son parte de relaciones tritróficas (cultivo – plaga – enemigo natural específico), como los coccinélidos consumidores principalmente de áfidos, es decir, con rango de presas muy pequeño. Otros, pueden tener hábitos generalistas, tanto en los herbívoros que ingieren como en el hábitat que ocupan, como los carábidos u otras familias de coleópteros.

De acuerdo con la ecología y la amplitud del rango alimenticio de cada grupo, los enemigos naturales podrán ejercer un control variable según el contexto o situación. En algunos casos, la eficiencia en el control de determinado fitófago puede ser menor mientras más amplio sea el rango alimenticio, debido al consumo de presas alternativas, especialmente cuando la especie en cuestión no es dominante entre todas las presas disponibles. Sumado a esto, muchos de los generalistas incluyen en su dieta elementos de origen vegetal o en descomposición, lo cual puede ser beneficioso para su mantenimiento en el sistema en ausencia de presas, pero, al mismo tiempo, reduce su habilidad para controlar determinada población de fitófago.

La tasa de consumo efectiva de los enemigos naturales puede verse modificada por diversos factores. Para estudiar los mecanismos que intensifican o disminuyen la actividad de los enemigos naturales en función de la densidad de los huéspedes o presas, Solomon (1949) aplicó los términos respuesta funcional y respuesta numérica. La primera, relaciona la tasa de parasitoidismo o depredación con la densidad del hospedador o la presa, es decir, cuando presenta valores positivos significa que el consumo aumenta junto al incremento de la densidad del huésped o presa y viceversa. La segunda relaciona la densidad del enemigo natural por unidad de área con respecto al cambio en la densidad del fitófago, es decir, una respuesta positiva significa que el agente de control muestra mayor reproducción, inmigración y/o supervivencia a medida que aumenta el número de huéspedes o presas y viceversa.

Las respuestas numérica y funcional nos hablan de la velocidad de reproducción de cada especie, la capacidad de localización (o de huida) de su presa u hospedador, la voracidad o preferencia que presenten frente a una o más presas o huéspedes, el uso del microhábitat y la fenología, los cambios en la tasa de ataque cuando aumenta la población de presa, el tiempo que dedica cada enemigo natural a la búsqueda, dominación y consumo de presas, entre otros factores. También, tendrán influencia el estado fisiológico, el estado de vida y la abundancia relativa de cada uno de los miembros de la interacción. Estos atributos serán importantes a la hora de determinar cuál es el agente de control más efectivo ante cada situación.

Sin embargo, si en lugar de observar la efectividad de cada agente de control se toma el complejo de enemigos naturales, con sus diferentes estrategias y preferencias y sus particulares respuestas numéricas y funcionales, se podría comprender que en un sistema más diverso se podrán observar numerosas posibilidades de regulación puestas en juego simultáneamente, que se podrán ir superponiendo, reemplazando o complementando según el caso. El conjunto de mecanismos que ocurren en una comunidad, serán elementos fundamentales para intentar aproximar cuándo una composición dada favorece el servicio ecológico en cuestión.

Estudio de caso: la aplicación de redes tróficas para el estudio del servicio ecológico de regulación biótica en sistemas familiares de producción hortícola

Ya centrandó la atención en el servicio de regulación biótica ejercido en los agroecosistemas por la fauna de artrópodos, se presentará un estudio de caso en el que se utilizaron tramas tróficas para el estudio de comunidades de artrópodos asociadas a fincas de producción familiar en diferentes localidades del Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina (Dubrovsky Berensztein, 2018).

Contexto del Estudio

El Cinturón Hortícola de La Plata se ubica al este de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina (fig. 8.5). En total, comprende una superficie de 940 km², con alrededor de 3.709 ha implantadas y una producción de 76.699 tn, según datos de 2005. El clima es templado-cálido y húmedo, con precipitaciones medias anuales de 1.023 mm, concentradas mayormente en primavera y otoño.

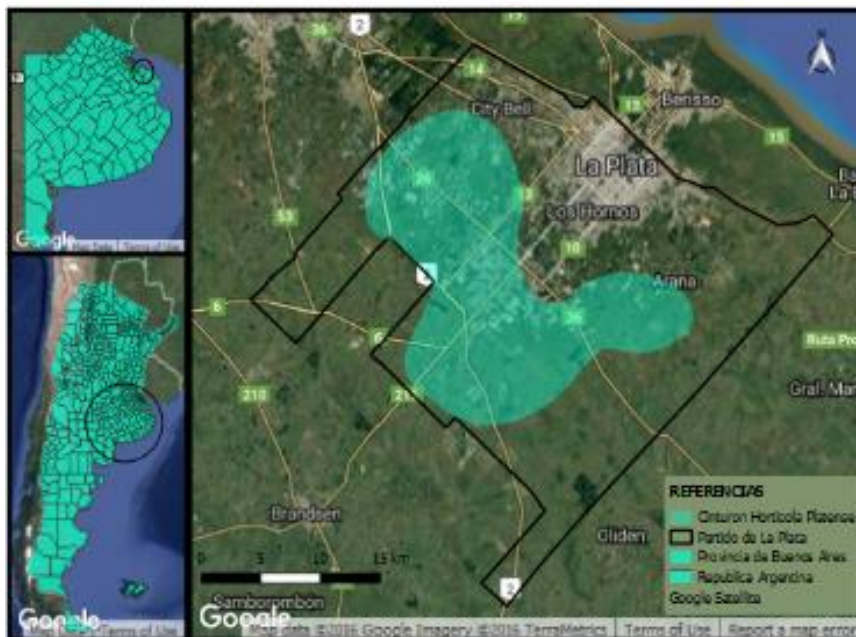


Figura 8.5. Cinturón Hortícola de La Plata, su ubicación respecto de la Provincia de Buenos Aires y de Argentina. Fuente: Elaborado por Carolina Baldini mediante Qgis 2.14.6.

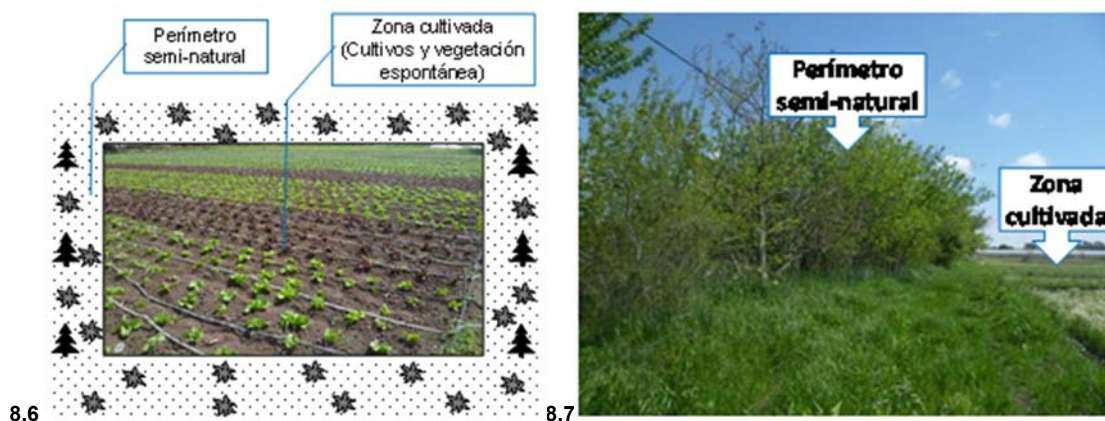
En el total de la superficie existen más de 700 unidades productivas pequeñas o medianas, pertenecientes en su mayoría al sector de la agricultura familiar. Por lo general, las familias productoras aplican un paquete de insumos compuesto por fertilización química, riego por goteo, plantines adquiridos y elevadas aplicaciones de insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas,

entre otros. Sin embargo, aunque con menor representación, existen también otras estrategias productivas y una búsqueda de reducir paulatinamente el nivel de aplicaciones de agroquímicos.

El estudio se llevó a cabo comparativamente en fincas con producción al aire libre sujetas a dos estrategias de manejo, de acuerdo con el nivel de uso de agroquímicos:

- (1) Convencional de alto uso de insumos de síntesis química: más tecnologizadas, generalmente con amplias superficies ocupadas por pocos cultivos de gran valor comercial, elevado uso de fertilizantes de diverso origen (mineral, orgánico) y control predominantemente químico de vegetación espontánea, herbívoros y enfermedades, con relativa frecuencia y elevadas dosis.
- (2) Agroecológico: usualmente con menor tecnificación, predios con mayor diversidad tanto cultivada como espontánea y sin uso de insumos químicos. Son gestionados en base a criterios de sustentabilidad, utilizan fertilizantes orgánicos y el control de la vegetación, los insectos o las enfermedades es de manera manual, cultural o mediante preparados caseros, manejando racionalmente los recursos naturales locales.

En las diferentes fincas estudiadas se delimitaron ambientes al aire libre, considerando por un lado la zona cultivada y, por otro, el perímetro semi-natural circundante, con vegetación espontánea (figs. 8.6 y 8.7). Los cultivos predominantes al aire libre incluyeron alcaucil, cebolla de verdeo, apio, tomate, zapallo, pimiento y verduras de hoja (albahaca, lechuga, puerro, acelga, espinaca, perejil, repollo blanco y colorado, entre otras) y, dentro de los lotes, las diferentes producciones se hallaron intercaladas, ocupando entre 10 y 20 surcos cada una.



Figuras 8.6 y 8.7. Dos perspectivas de la diferenciación de ambientes en las fincas hortícolas: la 'zona cultivada', incluyendo a los cultivos presentes y la vegetación espontánea intercalada entre ellos y el 'perímetro semi-natural', incluyendo a ambientes de vegetación espontánea circundante a los lotes cultivados. En 8.6, esquema de vista superficial; en 8.7, foto de una vista del perfil.

Los perímetros semi-naturales (figs. 8.8 a 8.13) son ambientes relativamente estables, ya que prácticamente no reciben intervención humana directa. En relación con las zonas cultivadas, mantienen una alta riqueza de vegetación espontánea (considerando tanto familias como especies), con variedad de árboles, arbustos, herbáceas y enredaderas correspon-

dientes a las familias Araliaceae, Meliaceae, Moraceae, Rosaceae, Passifloraceae, Cucurbitaceae, Ulmaceae, Boraginaceae, Poaceae, Asteraceae y Oleaceae, entre otras, de acuerdo con el paisaje circundante.



Figuras 8.8 a 8.13. Imágenes de los perímetros semi-naturales: 8.8, 8.9 y 8.10 corresponden a fincas de manejo convencional y 8.11, 8.12 y 8.13, fincas de manejo agroecológico.

Aplicación de las tramas tróficas

En los dos tipos de ambientes de fincas con manejo convencional y agroecológico, durante la primavera de un mismo año, se implementaron relevamientos de la artrópodo-fauna epífita con métodos observacionales y de captura, utilizando la observación directa y colecta manual, golpes con red de arrastre y cría de colonias o de estados inmaduros en condiciones semi-controladas para determinar la identidad del estado adulto y/o evaluar la emergencia de parasitoides.

Se clasificó el material y se describió el rango alimenticio de los taxa, para ser asignados a gremios tróficos en base a los patrones similares de ataque y consumo y de acuerdo con el nicho ecológico que ocupan. En particular, se trabajó con aquellos gremios vinculados más directamente a eventos de control biológico, definiendo los siguientes: 'depredadores', 'fitófagos', 'parasitoides' e 'hiperparasitoides'. Los grupos de hábitos micófagos, saprófagos, polífagos, parásitos o consumidores de polen, néctar y partes florales, pese a que son parte del sistema y pueden ser presas u hospedadores de los enemigos naturales, fueron excluidos intencionalmente para simplificar la lectura de los diagramas.

Para cada uno de los ambientes, en las fincas de manejo convencional y agroecológico, se elaboraron tramas tróficas cualitativas, sintetizando gráficamente el conjunto de interacciones

vinculadas a potenciales eventos de control biológico en la comunidad de artrópodos. Se utilizaron enlaces completos entre nodos de la trama para expresar la preferencia de presa u hospedero de los enemigos naturales, obtenida de la bibliografía. Y, con enlaces discontinuos, se reflejaron las relaciones de depredación o parasitoidismo entre los enemigos naturales y las presas u hospedadores alternativos.

¿Qué se encontró?

Con el inventario de familias o taxa y sus rangos alimenticios, se conformaron tramas tróficas cualitativas para las zonas cultivadas y los perímetros semi-naturales de las fincas de manejo agroecológico y convencional (figs. 8.14 a 8.17). Se organizaron los nodos en el espacio de manera que queden organizados en los gremios de fitófagos y de enemigos naturales dentro del diagrama.

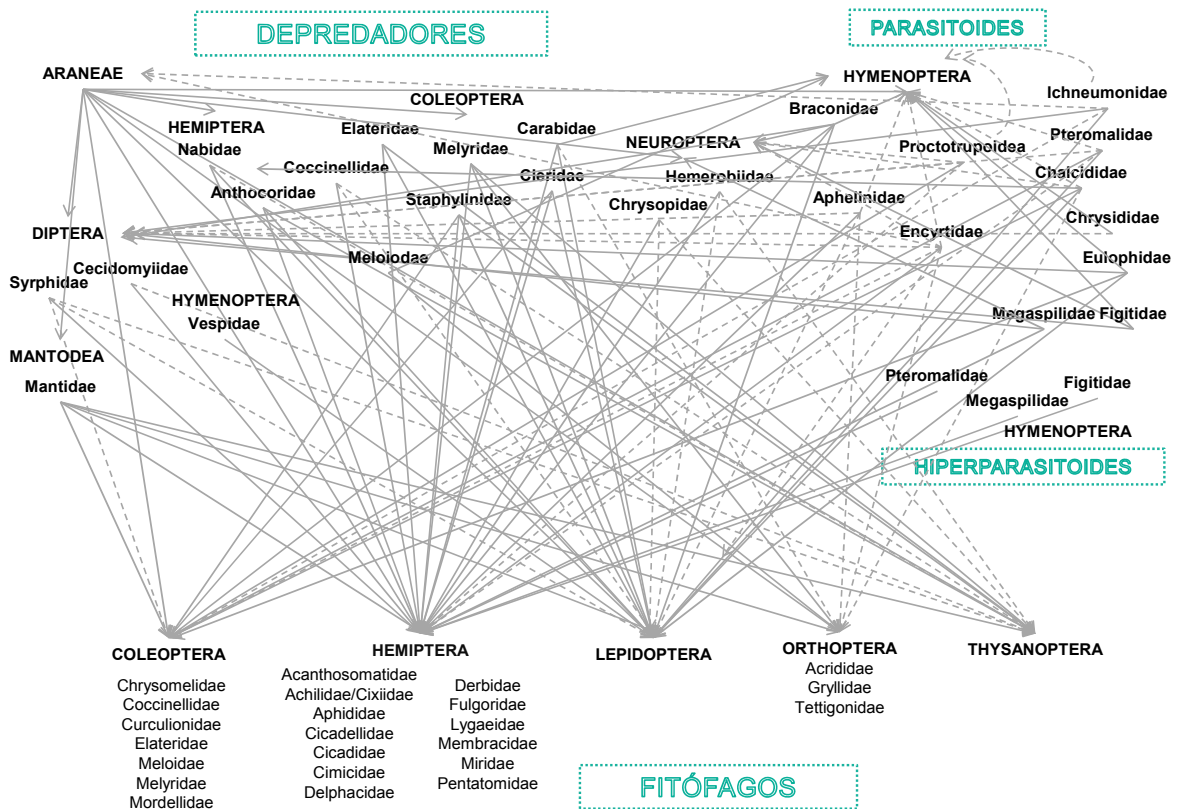


Figura 8.14. Trama trófica obtenida para los perímetros semi-naturales de fincas de manejo agroecológico en el Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina. El punto de origen de los enlaces señala al enemigo natural y la dirección muestra la presa u hospedador. Las flechas completas expresan relaciones tróficas principales para los taxa de origen y, las discontinuas, indican sus presas u hospedadores alternativos.

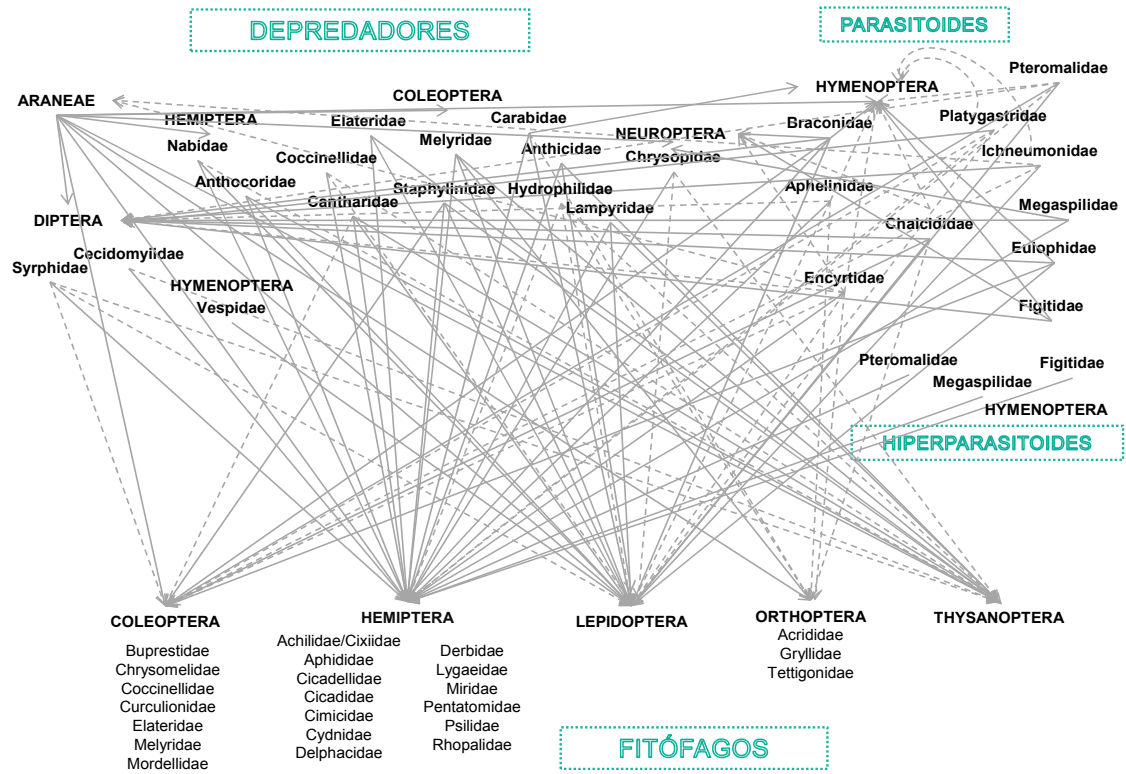


Figura 8.15. Trama trófica obtenida para los perímetros semi-naturales de las fincas de manejo convencional de alto uso de insumos en el Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina. El punto de origen de los enlaces señala al enemigo natural y la dirección muestra la presa u hospedador. Las flechas completas expresan relaciones tróficas principales para los taxa de origen y, las discontinuas, indican sus presas u hospedadores alternativos.

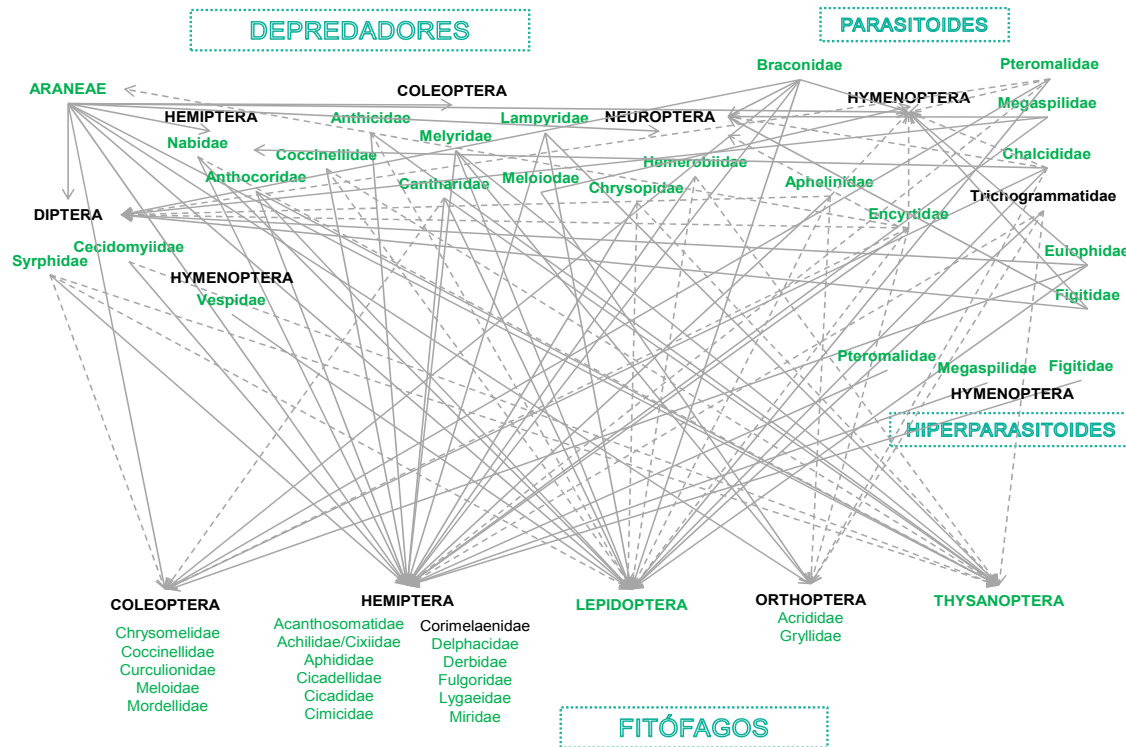


Figura 8.16. Trama trófica obtenida para la Zona Cultivada de la finca de manejo agroecológico en el Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina. El punto de origen de los enlaces señala al enemigo natural y la dirección muestra la presa u hospedador. Las flechas completas expresan relaciones tróficas principales para los taxa de origen y, las discontinuas, indican sus presas u hospedadores alternativos. En verde se señalan los grupos coincidentes con los perímetros semi-naturales.

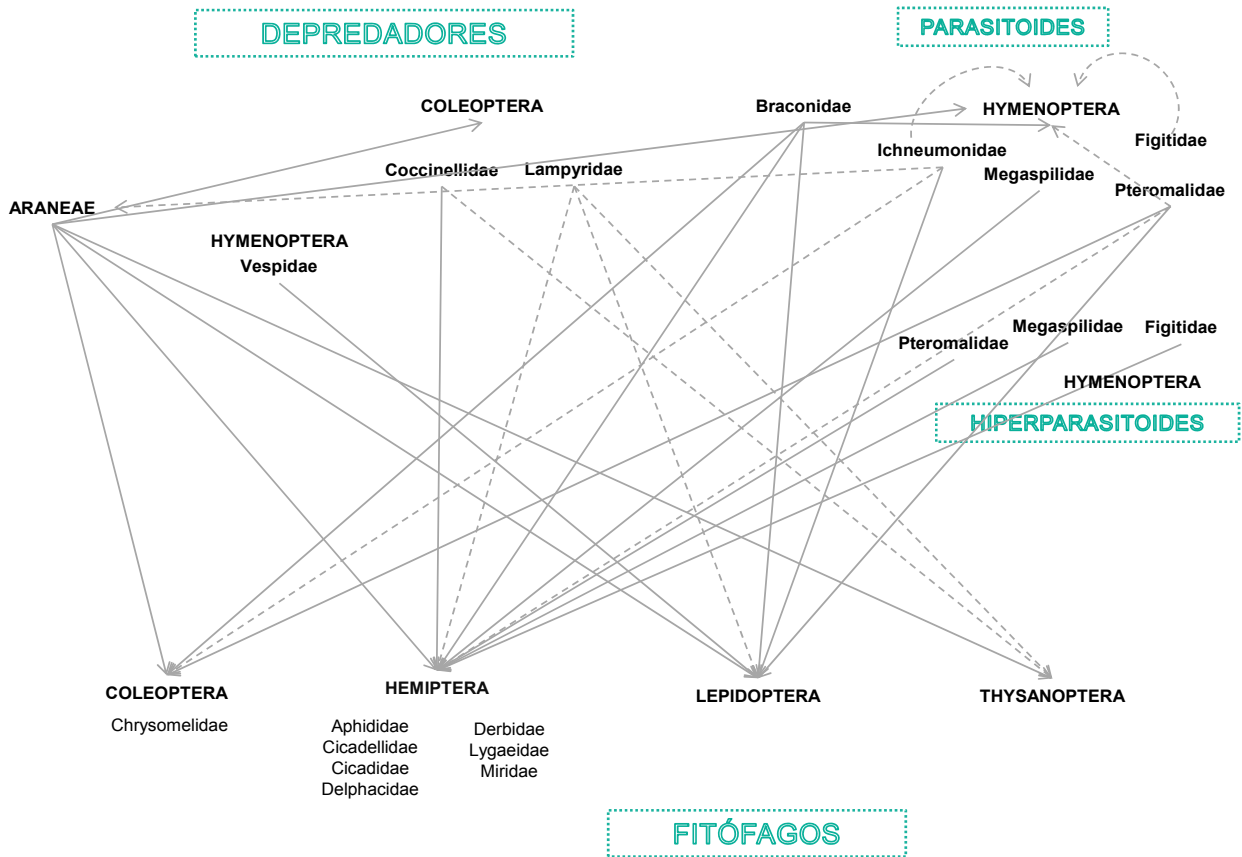


Figura 8.17. Trama trófica obtenida para la Zona Cultivada de la finca de manejo convencional de alto uso de insumos en el Cinturón Hortícola de La Plata, Argentina. El punto de origen de los enlaces señala al enemigo natural y la dirección muestra la presa u hospedador. Las flechas completas expresan relaciones tróficas principales para los taxa de origen y, las discontinuas, indican sus presas u hospedadores alternativos.

Para comparar las tramas tróficas se calcularon el número de conexiones establecidas entre nodos y entre gremios tróficos, así como la cantidad de nodos que integran cada gremio trófico. Como se dijo anteriormente, siempre se trató de interacciones potenciales, de acuerdo con el rango alimenticio descrito. También, se observó la presencia o ausencia de fitófagos Lepidópteros y Tisanópteros, y de enemigos naturales de los órdenes Araneae, Mantodea, Neuroptera, Diptera y Hemiptera. Los resultados de estos parámetros se resumen en la tabla 8.1.

Tabla 8.1. Criterios de análisis de las tramas tróficas de los perímetros semi-naturales y las zonas cultivadas de los dos tipos de manejo, agroecológico (AG) y convencional (CONV).

Criterios de análisis	Perímetros semi-naturales		Zona cultivada	
	AGROEC	CONV	AGROEC	CONV
N° de familias o taxa que integraron nodos de depredadores	16	16	14	4
N° de familias o taxa que integraron nodos de parasitoides	11	10	9	5
N° de familias o taxa que integraron nodos de hiperparasitoides	3	3	3	3
N° de familias o taxa que integraron nodos de fitófagos	25	25	21	10
Presencia de arañas	Sí	Sí	Sí	Sí
Presencia de dípteros enemigos naturales	Sí	Sí	Sí	No
Presencia de hemípteros enemigos naturales	Sí	Sí	Sí	No
Presencia de mántidos	Sí	No	No	No
Presencia de neurópteros	Sí	Sí	Sí	No
Presencia de lepidópteros	Sí	Sí	Sí	Sí
Presencia de tisanópteros	Sí	Sí	Sí	Sí
N° de interacciones tróficas potenciales establecidas por depredadores	58	58	48	12
N° de interacciones tróficas potenciales establecidas por parasitoides	52	50	44	14
N° de interacciones tróficas potenciales establecidas por hiperparasitoides	3	3	3	3
N° total de interacciones	113	111	95	29

Uno de los aspectos que más llaman la atención al evaluar los diagramas obtenidos es la evidente diferenciación entre el de la zona cultivada bajo un manejo agroecológico (fig. 8.16) y el de la zona cultivada con un manejo convencional (fig. 8.17). En el primer caso, la trama trófica se asemeja considerablemente a la obtenida para los perímetros semi-naturales (figs. 8.14 y 8.15) y mostró coincidencias en la gran mayoría de las familias o taxa presentes. En la zona cultivada de manejo convencional fue notable la reducción del número de familias o taxa que integraron los nodos de los depredadores, parasitoides y fitófagos, mostrando una trama trófica más empobrecida (fig. 8.17; tabla 1).

Los cuatro gremios tróficos considerados y algunos grupos particulares de depredadores y fitófagos (como las arañas, lepidópteros y tisanópteros) estuvieron representados en todos los diagramas. Sin embargo, tres nodos de enemigos naturales -neurópteros, dípteros y hemípteros- se encontraron presentes únicamente en los perímetros semi-naturales y en la zona cultivada con manejo agroecológico, mientras que no se hallaron en la zona cultivada con manejo convencional.

Otro aspecto que resalta es que los perímetros semi-naturales de las fincas de los dos manejos mostraron grandes similitudes, tanto en la riqueza y composición de familias o taxa de cada gremio trófico, como en el número de interacciones totales y las establecidas por cada gremio

de enemigos naturales. Como se puede ver en las figuras 8.14 y 8.15, estos ambientes compartieron 12 taxa de depredadores, 9 de parasitoides, 3 de hiperparasitoides y 20 de fitófagos. A su vez, según los criterios de análisis volcados en la tabla 8.1, nuevamente se observó que la composición de los perímetros semi-naturales fue notablemente semejante a la de la zona cultivada con manejo agroecológico.

En complemento con lo anterior, si observamos los fitófagos reconocidos como potenciales plagas hortícolas –polillas (lepidópteros), trips (tisanópteros) y varios hemípteros y coleópteros-, en los diagramas de los perímetros semi-naturales y la zona cultivada con manejo agroecológico estos grupos se hallaron estrechamente conectados a los gremios de parasitoides y depredadores. Por el contrario, y sumado a la pobre representación de los gremios de enemigos naturales, en la zona cultivada de manejo convencional fue menor la conectancia entre los grupos de fitófagos y sus agentes reguladores.

¿Cómo interpretamos los resultados?

En este capítulo, priorizaremos dos aspectos referidos a la interpretación de las tramas tróficas obtenidas: uno vinculado con el mecanismo bottom up y el lugar que tiene la heterogeneidad vegetal, tanto sobre la composición de enemigos naturales como en relación a su persistencia y distribución dentro de la finca y, el otro, una lectura de los mecanismos top down y las diferentes estrategias de regulación que aparecen en relación con los diferentes parámetros de las tramas.

En relación con el primer aspecto, la mayor diversidad vegetal se vio en los ambientes más estables que conformaron los perímetros semi-naturales de los dos tipos de finca, independientemente del manejo, y también, en la mayor diversidad cultivada y espontánea que presentaron los lotes cultivados con manejo agroecológico. Esta diversidad, sumada a la presencia de ciertas familias que son atractivas para los enemigos naturales -como Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Convolvulaceae, Brassicaceae y Polygonaceae-, muchas en etapa de floración durante la primavera, se asoció a comunidades más diversas de organismos benéficos. Sobre ella se alojaron grupos de consumidores primarios, presas u hospedadores alternativos que pueden atraer a consumidores secundarios y terciarios, además de aportar polen, néctar u otros componentes, necesarios para completar el ciclo vital de muchos de los agentes de control.

Los perímetros semi-naturales se interpretan, entonces, como zonas de refugio frente a las prácticas de manejo, especialmente relevantes para los sistemas en los que se aplican agroquímicos dentro de la zona cultivada. Más allá de los aspectos comunes a los dos manejos, como la naturaleza transitoria de los cultivos anuales y algunas prácticas productivas, se pudo ver que únicamente la zona cultivada con manejo convencional mostró una comunidad de enemigos naturales notablemente empobrecida. A través de este resultado, reafirmando los de otros estudios sobre los efectos del manejo sobre los agentes de control, se podría interpretar que la aplicación de agroquímicos, dentro del conjunto de prácticas convencionales de manejo, afectó considerablemente a la diversidad y las vías de regulación presentes en el agroecosistema.

Con respecto al segundo aspecto que nos interesa resaltar, vinculado a los mecanismos top down, se sabe que la posición de los nodos de enemigos naturales dentro de las tramas tróficas y la amplitud de rango alimenticio de los diferentes componentes podrían determinar la vulnerabilidad del sistema frente a los disturbios. Diferentes hipótesis (Holt *et al.*, 1999; Vázquez & Simberloff, 2002), explican que las relaciones tróficas lineales, dadas por depredadores o parasitoides especialistas, tienen mayor susceptibilidad de romperse por una perturbación con respecto a tramas generalistas, ya que cada nivel trófico estará presente sólo si su presa del nivel inferior también lo está. Cada eslabón trófico, en ese caso, se halla expuesto tanto a los efectos directos de las condiciones adversas sobre sus mismas poblaciones (efectos horizontales) como a los efectos indirectos (verticales) sobre sus fuentes de alimento.

Cuando se trata de enemigos naturales especialistas y generalistas que forman tramas multidireccionales, las redes de interacción son más robustas y cada nodo tiene mayores probabilidades de persistir en el ambiente al contar con varias presas alternativas. En estas comunidades aparecen mecanismos de complementariedad de nicho, redundancia funcional y depredación intra-gremio (que se produce cuando un depredador -'depredador intra-gremio'- consume a uno intermedio -'presa intra-gremio'- con el que compite por una presa común -'herbívoro'-, debilitando el control biológico). Todos pueden ocurrir de manera dinámica en las comunidades y conforman una mezcla idiosincrática de efectos positivos, neutros y negativos, respectivamente, de la diversidad de enemigos naturales sobre las capacidades de regulación biótica.

Ejemplos de estos tres mecanismos se pudieron observar en las relaciones potenciales reflejadas por los diagramas 8.14, 8.15 y 8.16, es decir, en los perímetros semi-naturales y la zona cultivada con manejo agroecológico (ver más detalles en Dubrovsky Berensztein, 2018). De acuerdo con cómo queden balanceados los efectos positivos, neutros o negativos de cada uno de estos mecanismos, en la sumatoria compleja de diversas vías potenciales de regulación, tendremos en el sistema mayor cantidad y más variadas estrategias para, eventualmente, consumir a un fitófago que se vuelva dominante o para recuperar la estructura de la comunidad frente a un disturbio. A su vez, al mantener en el sistema nodos con nichos complementarios o con redundancia funcional, podríamos deducir que se aumentaría la probabilidad de mantener la función de regulación, ante la pérdida de algún taxón.

Por el contrario, se interpreta que la trama trófica obtenida para la zona cultivada de manejo convencional presentaría extrema fragilidad ya que contó con unas pocas especies débilmente conectadas y con unos pocos nodos que concentran la gran mayoría de las conexiones, sumado a una pobre representación de los gremios de enemigos naturales. En estos casos, la pérdida de una sola especie o taxa podría resultar en la eliminación completa del grupo funcional y, así, de los servicios que es capaz de proveer.

Conclusiones

Se ha visto que la forma de influir en el funcionamiento de los ecosistemas está más asociada a atributos funcionales de las especies o grupos que a la composición de especies en sí misma. En este capítulo, se presentaron las tramas tróficas como herramienta que permite integrar los componentes de la biodiversidad vinculados a un proceso ecosistémico como la regulación biótica, incorporar sus roles tróficos y los nichos de cada uno, y aportar a un abordaje sistémico.

De esta manera, su utilización podrá servirnos para interpretar las posibilidades de respuesta de la comunidad frente a un disturbio, como el crecimiento poblacional de un fitófago, es decir su estabilidad y resiliencia frente a las perturbaciones, o incluso su capacidad para prevenirlas.

Por otra parte, en la composición y estructura de las redes ecológicas, o de las tramas tróficas en particular, se verán reflejados numerosos elementos ambientales, paisajísticos, sociales y relativos al manejo, permitiendo ver, en mayor o menor medida, la historia reciente del agroecosistema. Así, se las podrá aplicar para analizar las consecuencias que tuvo un disturbio anterior, como puede ser la aplicación de agroquímicos u otra práctica de manejo, la destrucción del hábitat, los déficits de nutrientes, entre otros, sobre el estado actual de la comunidad.

En este sentido, la elaboración de tramas tróficas se verifica como una herramienta apropiada para describir patrones y generar hipótesis en relación con los procesos subyacentes de la estructura de las comunidades, así como un instrumento útil para la toma de decisiones de gestión o manejo de los agroecosistemas.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuáles son los principales servicios ecológicos en los agroecosistemas?*
2. *¿Cuáles son los componentes biológicos fundamentales que intervienen en ellos?*
3. *¿Cuáles son los factores ambientales o componentes que resultan relevantes para mantener ese servicio ecológico en el sistema?*
4. *¿Qué procesos vinculan los diferentes componentes de la biodiversidad?*
5. *¿Qué significa el nicho ecológico y cómo se vincula éste con la conformación de gremios?*
6. *¿Qué son los gremios y cuál es la utilidad de este concepto?*
7. *¿Qué son las redes ecológicas?*
8. *¿Qué particularidades tienen las tramas tróficas y qué tipos se conocen?*
9. *¿Cuáles pueden ser las posibles aplicaciones de esta herramienta?*
10. *¿Cuál es su importancia en el diseño o manejo de agroecosistemas sustentables?*
11. *¿Qué factores del ambiente o del manejo pueden alterar la estructura de una comunidad y cómo se puede expresar en su trama trófica?*
12. *¿Qué atributos se observan en las tramas tróficas para poder interpretarlas?*

13. *¿Qué se debe observar, al aplicar la herramienta de las tramas tróficas, para obtener información sobre el estado de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ella aporta?*
14. *¿Cómo se puede relacionar la trama trófica con la capacidad de regulación biótica de un sistema?*
15. *¿Cuáles son las principales interacciones que moldean a las comunidades biológicas?*
16. *¿Cómo se expresa, en el estudio de la diversidad y los servicios ecológicos, la contraposición entre una mirada reduccionista y una holística?*

Referencias

- Bascompte J (2007) Networks in ecology. *Basic and Applied Ecology* 8: 485-490.
- Begon M, JL Harper & CR Townsend (2006) *Ecology: From individuals to ecosystem*. Blackwell Scientific Publications Ltd. 4° ed. Oxford, U.K. 738 pp.
- Bohan DA, A Raybould, C Mulder, G Woodward, A Tamaddon Nezhad, N Bluthgen, MJO Pockock, S Muggleton, DM Evans, J Astegiano, F Massol, N Loeuille, S Petit & S Macfadyen (2013) Networking Agroecology: Integrating the Diversity of Agroecosystem Interactions. En Woodward G & DA Bohan (eds.), *Advances In Ecological Research, Ecological networks in an Agricultural World*, Vol. 49 (1-67), London, UK.
- Cagnolo L, A Salvo & G Valladares (2011) Network topology: patterns and mechanisms in plant-herbivore and host-parasitoid food webs. *Journal of Animal Ecology* 80: 342-351.
- Cagnolo L, G Valladares, A Salvo, M Cabido & M Zak (2009) Habitat Fragmentation and Species Loss across Three Interacting Trophic Levels: Effects of Life-History and Food-Web Traits. *Conservation Biology* 23 (5): 1167–1175.
- Chapin FS, ED Schulze & HA Mooney (1992) Biodiversity and ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 107-108.
- Derocles SAP, A Le Ralec, MM Besson, M Maret, A Walton, DM Evans & M Plantegenest (2014) Molecular analysis reveals high compartmentalization in aphid–primary parasitoid networks and low parasitoid sharing between crop and non-crop habitats. *Molecular Ecology* 23: 3900–3911.
- Dubrovsky Berenzstein N (2018) *Estudio de la entomofauna en agroecosistemas del Cinturón Hortícola de La Plata, para el diseño participativo de estrategias de control biológico por conservación*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina. 415 pp.
- Elton C (1927) *Animal Ecology*. Sidgwick and Jackson. London, England.
- Grinnell J (1917) Field tests of theories concerning distributional control. *American Naturalist* 51: 115 – 28.
- Hines J, WH Van der Putten, GB de Deyn, C Waggk, W Voigt, C Mulder, WW Weisser, J Engel, C Melian, S Scheu, K Birkhofer, A Ebeling, C Scherberkk & N Eisenhauer (2015) Towards an

- Integration of Biodiversity–Ecosystem Functioning and Food Web Theory to Evaluate Relationships between Multiple Ecosystem Services. En Woodward G & DA Bohan (eds) *Advances In Ecological Research, Ecosystem Services: From Biodiversity to Society, Part 1*, Elsevier, (161-200), London, UK.
- Holt RD, JH Lawton, GA Polis & ND Martinez (1999) Trophic rank and the species-area relationship. *Ecology* 80:1495–1504.
- Kaartinen R & T Roslin (2011) Shrinking by numbers: landscape context affects the species composition but not the quantitative structure of local food webs. *Journal of Animal Ecology* 80: 622-631.
- Lemos Costa P, MM Pires, MS Araujo, MAM de Aguiar & PR Guimaraes (2016) Network analyses support the role of prey preferences in shaping resource use patterns within five animal populations. *Oikos* 125: 492-501.
- Lewinsohn TM, PI Prado, P Jordano, J Bascompte & JM Olesen (2006) Structure in plant–animal interaction assemblages. *Oikos* 113: 174–184.
- Margalef R (1991) Networks in ecology. En: Higashi M & TP Burns (eds.). *Theoretical studies of ecosystems. The network perspective.* (41–57), Cambridge University Press.
- McCann KS (2000) The diversity-stability debate. *Nature* 405, 228–233.
- Memmott J, R Gibson, L Gigante Carvalheiro, K Henson, R Hüttel Heleno, M Lopezaraiza Mikel & S Pearce (2007) The Conservation of Ecological Interactions. En: Stewart AJA, TR New & OT Lewis (eds). *Insect Conservation Biology*. The Royal Entomological Society. (226-244), London, UK.
- Murakami M, T Hirao & A Kasei (2008) Effects of habitat configuration on host–parasitoid food web structure. *Ecological Research* 23:1039-1049.
- Odum HT (1956) Primary production in flowing waters. *Limnology and Oceanography* 1: 102–117.
- Pimm SL (1979) The structure of Food Webs. *Theoretical Population Biology* 16:144-158.
- Pimm SL (1980) Properties of Food Webs. *Ecology* 61(2): 219-225.
- Pimm SL (1984) The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307, 321–326.
- Pimm SL (2002) *Food webs* (2nd Ed.). The University of Chicago Press. Chicago. 258 pp.
- Pimm SL, JH Lawton & JE Cohen (1991) Food web patterns and their consequences. *Nature* 350: 669-674.
- Root RB (1967) The Niche exploitation patterns of the Blue-Gray Gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-50.
- Root RB (1973) Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.* 43: 95-124.
- Rott AS & HCJ Godfray (2000) The structure of a leafminer-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology* 69: 274-289.
- Sabatino M, N Maceira & MA Aizen (2010) Direct effects of habitat area on interaction diversity in pollination webs. *Ecology* 20:1491-1497.

- Salas Gervasio NG, MG Luna, S Lee, A Salvo & NE Sánchez (2016) Trophic web associated with the South American tomato moth *Tuta absoluta*: implications for its conservation biological control in Argentina. *Agricultural and Forest Entomology*: 1-8.
- Solomon ME (1949) The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18: 1-35.
- Steel JH (1991) Marine functional diversity: ocean and land ecosystems may have different time scales for their responses to change. *Bioscience* 41: 470-474.
- Vázquez DP & D Simberloff (2002) Ecological specialization and susceptibility to disturbance: conjectures and refutations. *Am Nat.* 159 (6): 606-23.
- Vitousek PM & DU Hooper (1993) Biological diversity and terrestrial ecosystem biogeochemistry. En: Schulze ED & HA Mooney (eds.). *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer-Verlag, (3-14), New York.
- Walker BH (1992) Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6: 18-23.

CAPÍTULO 9

Los polinizadores: un componente esencial de la biodiversidad

Julieta Pérez Toffoletti y Santiago Javier Sarandón

Introducción

Tal como hemos venimos sosteniendo en los capítulos de este libro, el mantenimiento de niveles adecuados de biodiversidad funcional es fundamental para que puedan darse las interacciones necesarias entre sus componentes a fin de optimizar las funciones (servicios) ecológicas tales como la regulación biótica, el ciclado de nutrientes, el flujo de energía, la regulación del ciclo del agua, la sucesión y la polinización, entre otras (Sarandón & Flores, 2014).

Una de las funciones más importantes para los seres humanos y para otras especies, no siempre debidamente visualizada ni valorada, es la polinización. En general, aunque su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas naturales y los agroecosistemas es fundamental, los estudios acerca de la polinización en general, y en nuestro país, no han recibido la atención que merecen, a pesar del beneficio mutuo entre la diversidad de polinizadores y el rendimiento de las cosechas en pequeñas y grandes explotaciones (Garibaldi *et al.*, 2016). También son fundamentales otras funciones colaterales que pueden cumplir, tal vez más difíciles de percibir, como la regulación biótica (control biológico), como es el caso de algunos grupos como los microhimenópteros (micro avispitas) que parasitan, entre otros, a los pulgones, importantes plagas agrícolas.

La polinización tiene un rol clave en la producción de alimentos. Muchas de las principales especies de las cuales depende la humanidad, necesitan, para producir sus frutos o semillas, la actividad de los polinizadores. El polen es trasladado en el cuerpo de estos polinizadores (generalmente insectos) de una flor o una planta a la otra. Los polinizadores inciden en el 35% de la producción agrícola mundial, elevando la producción de 87 de los principales cultivos alimentarios del mundo. Está ampliamente reconocido que la abundancia de frutas y semillas, así como su calidad y variedad se benefician con la polinización (FAO, 2016). La mayoría de las plantas con flores silvestres del mundo (87,5%) son polinizadas por insectos y otros animales (IPBES, 2016). Entre las especies más conocidas que se benefician de los polinizadores se pueden citar la colza, el girasol, las cucurbitáceas (zapallos, calabazas, melón, sandía, entre otras), la frutilla, y las orquídeas (que han llegado a un grado de refinamiento y simbiosis con los polinizadores increíble).

La polinización, considerada una función reguladora de los ecosistemas, permite, también, el flujo de genes en la reproducción vegetal, un mejor desarrollo de la producción agrícola y el mantenimiento de la biodiversidad terrestre (IPBES, 2016).

Estas importantes funciones (servicios para los seres humanos) están hoy en peligro: en el ámbito internacional comienza ya a percibirse con preocupación el descenso de poblaciones de polinizadores y su consecuencia sobre la biodiversidad agrícola y la agricultura sostenible, tema abordado en la quinta Conferencia de las Partes del Convenio sobre Biodiversidad (UNEP/CDB/COP/5, 2000, Sarandón, 2009). Debido a esto, varios países han adherido a la “Coalición para la conservación de los Polinizadores”, en el marco de la XIII Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica (UNEP/CDB/COP/DEC/XIII/15, 2016).

En un contexto mundial donde existe una demanda creciente por alimentos diversos, nutritivos y seguros, sin contaminantes, saludables y que provengan de producciones “amigables” con el medio ambiente, (ver capítulo 17), es fundamental aprovechar y optimizar todos los procesos ecológicos en la producción agropecuaria. Sin dudas, la polinización es uno de ellos. Para ello es necesario comprender su importancia, reconocer quiénes son los polinizadores, sus necesidades de hábitat y recursos y entender cuáles son las principales amenazas que diferentes modelos de agricultura y diseños de los paisajes implican hacia este valioso componente de la agrobiodiversidad. Por otra parte, es importante reconocer y fomentar estrategias de diseño y manejo que puedan favorecer su conservación y asegurar su presencia y actividad.

Este capítulo pretende visibilizar y analizar el importante rol que cumplen los polinizadores en los agroecosistemas y señalar la necesidad de dimensionar y potenciar su servicio ecológico en los agroecosistemas, bajo un enfoque agroecológico.

Quiénes son los polinizadores

La gran mayoría de plantas con flores (angiospermas) dependen de vectores bióticos (animales) para llevar a cabo su polinización. Cultivos como el tomate, la frutilla, la manzana, cereza, almendra, y las especies de la familia de las cucurbitáceas, zapallos, calabazas, sandías, melones, el cacao y el café son especialmente dependientes de los polinizadores.

La polinización biótica se destaca entre las interacciones planta-animal por su importancia; en esta interacción ambas partes se benefician (el agente polinizador obtiene su alimento y la planta logra su reproducción), denominándose una interacción mutualista. Esta tarea puede ser llevada a cabo por vertebrados como aves (colibríes), mamíferos (murciélagos, roedores), reptiles, pero, principalmente, por insectos (FAO, 2014).

Este proceso, esta simbiosis, existe desde la aparición de las angiospermas, permitiendo su difusión mundial y coevolución junto con los polinizadores (Hu *et al.*, 2008). Esta dependencia es mutua: la ausencia de polinizadores afecta a las plantas y la ausencia de ciertas plantas, afecta enormemente a los polinizadores.

Son varios los grupos de insectos que visitan flores con regularidad (fenómeno denominado “antofilia”, concepto que deriva de los sustantivos griegos «ánthos»: flor, y «philía»: amistad). Actualmente se estima que 13 órdenes de insectos comprenden especies que actúan como polinizadoras (Tabla 9.1), de los cuales Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera y Thysanoptera se reconocen como las más importantes (Medan, 2008).

Himenóptera: Desde el punto de vista de la polinización, este es el orden de mayor importancia para las angiospermas, debido a que una gran proporción de las numerosas especies que contiene (entre las que se encuentran las abejas, avispas y los abejorros, entre otras) polinizan regular y eficientemente. Las adaptaciones mutuas, morfológicas y de comportamiento, sugieren que la polinización de angiospermas por insectos Himenópteros alcanza expresiones muy refinadas. Aunque existen otras recompensas florales (aceites, perfumes, resinas), la inmensa mayoría de los Himenópteros visita flores en busca de néctar, polen, o ambos. El aprovechamiento de estos recursos nutricionales puede llegar a niveles de sorprendente eficiencia.

Lepidóptera: Las mariposas y polillas están estrechamente asociadas a las angiospermas ya que los adultos dependen de sus flores como fuente principal de alimento (polen y néctar). Es interesante destacar un aspecto de este grupo; aunque en sus estados juveniles, orugas, muchas especies pueden constituir importantes plagas de la agricultura, no necesariamente son un componente negativo de la biodiversidad. Y lo mismo ocurre con muchos otros grupos.

Díptera: Las moscas visitan asiduamente flores para alimentarse (de néctar, polen, o de ambos recursos) pero también en busca de individuos del sexo opuesto, para oviponer, o para elevar la temperatura corporal.

Coleóptera: La importancia de este orden para la polinización es relativa. Los escarabajos son comparativamente poco móviles, lo que restringe la dispersión del polen, y sus aparatos bucales son, en general, más adecuados para el consumo de polen y otras partes florales, que para la succión de néctar. Por ello se esperaría encontrarlos asociados exclusivamente con flores poco profundas y que no demandan del visitante un tratamiento refinado.

Thisanóptera: Las especies antófilas de trips se alimentan principalmente de polen (aunque consumen también néctar y tejidos florales), y contribuyen a la polinización de especies silvestres y cultivadas en ambientes muy variados.

Tabla 9.1. Órdenes de insectos antófilos y su importancia relativa como polinizadores

Orden	Importancia relativa
Himenóptera	Extremadamente importantes
Lepidóptera	Muy importantes
Díptera	
Coleóptera	Importantes para algunos grupos de plantas
Thisanóptera	Importantes para un pequeño grupo de plantas
Collembola	Poco importantes
Blattaria	
Dermaptera	
Hemíptera	
Mecoptera	
Neuroptera	
Plecoptera	
Trichóptera	

Rol de los polinizadores

A pesar de que el rol de los polinizadores siempre ha sido fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas en general y de los agroecosistemas en particular, el enfoque reduccionista y productivista prevaleciente, y una lógica mercantilista, dificultó, durante mucho tiempo, poder percibir y valorar claramente su importancia ecológica. De alguna manera, su presencia y su función siempre se han dado por existentes, como un servicio “gratuito” de la naturaleza. Como con muchos otros componentes de los agroecosistemas, esta visión monetarista sólo valoró a aquellos componentes o procesos que podían generar un “producto” apropiable, con un claro valor económico (crematístico), en este caso, las abejas y la miel y sus derivados. El resto pasó desapercibido.

La Agroecología, con su visión más sistémica y holística y con su mayor conocimiento de la ecología de los agroecosistemas, rescata y valora la importancia de los polinizadores para el diseño y manejo de sistemas agroalimentarios sustentables. Con más de 200.000 especies de plantas floríferas que dependen de la polinización, a cargo de más de 100.000 otras especies de animales, la polinización es esencial para el mantenimiento general de la diversidad biológica y de la vida en este planeta.

Si bien existen relaciones especializadas entre las plantas y sus polinizadores, los servicios de polinización se aseguran mejor cuando aseguramos una abundancia y diversidad de polinizadores (FAO, 2009). Esta es una idea central de la Agroecología; buscar sistemas resilientes y biodiversos donde esa aparente redundancia de biodiversidad (varias especies que cumplen similares funciones), asegure el cumplimiento de estas funciones bajo variadas condiciones.

Contribución de los polinizadores

La importancia de los polinizadores se evidencia cuando comprendemos su contribución en diferentes aspectos de gran importancia para los seres humanos y otros seres de este planeta.

Seguridad alimentaria

Los polinizadores son vitales para la producción agrícola y forrajera, así como para la producción de semillas destinadas al cultivo de raíces y fibras. Inciden en el 35% de la producción agrícola mundial, elevando la producción de 87 de los principales cultivos alimentarios del mundo. La mayoría de las plantas con flores silvestres del mundo (87,5%) son polinizadas por insectos y otros animales (IPBES, 2016). El 75% de los 111 principales cultivos del mundo depende, en mayor o menor medida, de los polinizadores (Klein, *et al.* 2007). Por lo tanto, la seguridad alimentaria depende de los polinizadores. Si estos desaparecieran, un tercio de las cosechas del mundo se perderían y miles de millones de personas pasarían hambre o morirían, además de afectar a otras importantes funciones de los agroecosistemas. Miñarro *et al.*, (2018) señalan que, aunque la mayor parte de las calorías de las dietas humanas provienen de los

cereales (trigo, maíz, arroz) que no requieren tanto de polinización por insectos, los alimentos que proceden de cultivos polinizados por animales son ricos en micronutrientes fundamentales, como vitaminas, minerales y antioxidantes. Desde el punto de vista de la nutrición son entonces muy importantes.

Aumento de la producción hortícola

Más allá de su valor general, los polinizadores tienen gran importancia en los cultivos hortícolas. La producción diversificada de los cultivos hortícolas está siendo promovida como una vía para la mitigación de la pobreza y mejorar la nutrición en la que se encuentran muchos agricultores en el mundo (ver capítulo 17). Incluso su cultivo está siendo promovido en espacios del periurbano y dentro de las ciudades. Desde el punto de vista económico, el comercio de cultivos hortícolas representa más del 20 % de las exportaciones agrícolas de los países en desarrollo, más del doble de los cultivos de cereales (Lumpkin *et al.*, 2006).

La disminución de los polinizadores puede afectar la producción y los costos de los cultivos ricos en vitaminas como son las frutas y hortalizas, lo cual puede generar desequilibrios alimentarios y problemas de salud debidos a una dieta más basada en hidratos de carbono que constituye uno de los males nutritivos en la actualidad. En consecuencia, el mantenimiento e incremento de la diversidad y la producción de cultivos hortícolas tiene una importancia decisiva para la salud, la nutrición, la seguridad alimentaria y el aumento de los ingresos agrícolas para los productores.

Los servicios de polinización hacen importantes contribuciones a otros aspectos de la producción de cultivos. Las mejoras de la calidad de los cultivos de frutas y fibra, como el algodón, son el resultado de una buena polinización. La polinización contribuye a mejorar los rendimientos del aceite, por ejemplo, de colza y de ricino. Cultivos como el tomate, la frutilla, las especies de la familia de las cucurbitáceas, zapallos, calabazas, sandías, melones, dependen en gran parte de los polinizadores.

Contribución a la producción de semillas y a la diversidad genética de las plantas

Muchas especies cultivadas, obtenidas mediante prácticas de mejora selectiva y reproducción, pierden su diversidad genética a lo largo del tiempo. Esto es conocido como erosión génica y es un problema muy importante por la susceptibilidad y vulnerabilidad que esta reducción en el “pool” genético implica para los cultivos y los agroecosistemas. Los polinizadores pueden ayudar a mantener la diversidad genética. Estudios sobre la calabaza botella (*Lagenaria siceraria*), en Kenia, han mostrado la importancia de una comunidad de polinizadores diversa para mantener la amplia diversidad de formas de las calabazas (Morimoto *et al.*, 2004).

Los mejoradores de plantas, tradicionalmente preocupados sólo por obtener altos rendimientos, no se han ocupado de la elección de materiales por su atractivo para los polinizadores. En muchos casos, los polinizadores prefieren una variedad sobre la otra, a pesar de la proximidad de ambas. Los agricultores podrían beneficiarse de este comportamiento diseñando plantaciones

estratégicas, alternando diferentes variedades en el patrón de la plantación, optimizando las visitas de polinización efectivas a variedades de diferente atractivo y, al mismo tiempo, promover la hibridación y mejorar la producción de frutos (Kubisova & Haslbachova, 1991).

Las variedades criollas y las variedades locales (ver capítulos 5 y 6), han sido poco valoradas por la agricultura convencional, industrial de alto rendimiento. En general, los caracteres apreciados y seleccionados han sido el rendimiento y alguno que otro relacionado con la calidad. Dentro de esta lógica, las características atractivas para los polinizadores han sido un aspecto poco apreciado de la diversidad fitogenética. Pero merecen su conservación y resultan un aspecto muy interesante de abordar para la agroecología. El rescate de estos materiales y el conocimiento asociado que los y las agricultoras tienen sobre estas relaciones plantas-insectos, puede ser fundamental para evitar esta erosión genética y mantener una alta biodiversidad in situ.

Por otro lado, no hay que olvidar que, si bien la polinización no es un factor considerado fundamental en la producción de hortalizas de hoja y tubérculos, ya que tiene que ver con semillas y frutos, tiene, sin embargo, una gran importancia, poco percibida, en la producción de semillas de tales especies.

Contribución a la mejora genética del forraje y la ganadería

A nivel mundial, la alfalfa (*Medicago sativa*), el cultivo forrajero más importante, depende casi exclusivamente de los insectos que visitan sus flores para la producción de semillas. En otros cultivos forrajeros, tales como los tréboles (*Trifolium sp.*), donde se espera que produzcan semillas en forma autónoma, la visita de las abejas produce cantidades mucho mayores de semillas (Free, 1993).

Los sistemas de pastoreo en pastizales con vegetación nativa pueden depender en gran medida de los polinizadores para su reproducción y propagación. La preservación de los pastizales naturales, muchas veces en peligro de extinción o degradación está siendo revalorada como una necesidad por las funciones ecológicas que brindan. La propagación de los pastizales podría mejorarse mediante estrategias que consideren la función de la polinización, dispersión de semillas y otras interacciones entre plantas y animales, que repercuten en la salud y la recuperación de los ecosistemas. Muchos pastos y arbustos perennes requieren la presencia de animales para el éxito de la polinización, la reproducción y posterior mantenimiento de las especies en el sitio. Sin embargo, se desconoce, en gran parte, la biología de la polinización de muchas plantas de pastizales y la abundancia de polinizadores potenciales en la vegetación nativa (Archer & Pyke, 1991).

Contribuciones económicas (el “valor”) del servicio de polinización

Una de las causas de la disminución de los polinizadores en el mundo es la dificultad de apreciar y entender su valor. En una economía que sólo pondera el valor de un bien o servicio por su precio, resulta complicado valorar algo que no es fácilmente asimilable a un precio o dinero. En una reciente evaluación de la contribución de los servicios de polinización animal a la

economía mundial se estima el valor económico total de la polinización en 153.000 millones de Euros, lo que representa el 9,5 % del valor de la producción agrícola mundial utilizada para la alimentación humana en 2005 (Gallai *et al.*, 2008). En Brasil, en el año 2019, se ha estimado en 43.000 millones de reales el valor del “servicio” de los polinizadores. Aunque es muy difícil (y no siempre aconsejable) estimar el valor de algo por su precio, estos estudios hacen visible económicamente una función, y un “valor”, que estaba oculto.

Además, muchos cultivos que dependen de los servicios de polinización son de mayor valor que los cultivos que no dependen de la polinización animal. Esto no incluye la contribución de los polinizadores a la producción de semillas de cultivos (que pueden multiplicar muchas veces el rendimiento de semillas), ni a los pastos y cultivos forrajeros. No se incluye tampoco en las cuentas el valor de los polinizadores para mantener la estructura y funcionamiento de los ecosistemas silvestres, valores importantes que siguen sin ser calculados.

La polinización entraña también un valor económico para los agricultores desde el punto de vista de la calidad, no sólo de la cantidad. Por ejemplo, el pelitre, una piretrina que se obtiene de las flores de las asteráceas, especialmente de *Chrysanthemum cinerariifolium*, con las que se produce un insecticida, resulta más potente cuando la inflorescencia ha sido visitada por los insectos que cuando no ha sido (Crane & Walker, 1984).

Por otro lado, los polinizadores pueden ayudar a una mejora económica al contribuir a la buena formación de los frutos; ya que estos obtienen precios mucho más elevados que los frutos con deficiencias en su formación. Por lo tanto, la polinización puede contribuir considerablemente a los ingresos por unidad de superficie para los agricultores que conservan los “servicios” de los polinizadores.

Mejora la resiliencia de los agroecosistemas: adaptación al entorno cambiante

No sólo es importante contar con un número suficiente de polinizadores, sino que es muy importante que exista una amplia variedad de agentes polinizadores. Tal como señalamos, la diversidad, esa aparente redundancia, es esencial porque diferentes polinizadores muestran niveles óptimos de actividad en diferentes momentos del día, bajo diferentes condiciones climáticas, hasta, incluso en diferentes años, de forma que la condición “abundancia” y “eficacia” de polinizadores puede variar de una población polinizadora a otra, referida a un tipo de vegetación (Kremen *et al.*, 2002).

Una composición diversa de poblaciones de polinizadores, con diferentes características y respuestas a las condiciones ambientales, es una de las mejores maneras de reducir al mínimo los riesgos de polinización limitada, derivados del cambio climático. La diversidad (aparentemente redundante) de polinizadores garantiza la eficacia de estos, no sólo para las condiciones actuales sino también para las futuras. Un agroecosistema con una suficiente biodiversidad de especies polinizadoras, con numerosas interacciones con los cultivos y su biodiversidad asociada, puede mostrar buenos niveles de producción y de estabilidad y resiliencia.

Importancia de los polinizadores en la sustentabilidad de los agroecosistemas

Los polinizadores están íntimamente relacionados con la posibilidad de diseñar y manejar sistemas agroalimentarios sustentables. Son fundamentales en la estructura y en los procesos claves de los agroecosistemas, para mantener, en el tiempo, un flujo de bienes y funciones “servicios” que permiten alcanzar los objetivos del desarrollo humano, al tiempo que mantiene la capacidad de los sistemas naturales de mantener los bienes comunes y las funciones ecosistémicas de los que dependen la economía y la sociedad.

Aunque existen muchas dimensiones y objetivos presentes en el concepto de agricultura sustentable, en general, se coincide en que se puede sintetizar en tres: ambiental o ecológica, económica y sociocultural. En la Tabla 9.2 se presenta, en forma sintética, el aporte de los polinizadores a las diferentes dimensiones.

Tabla 9.2: Aportes de la polinización a las tres dimensiones de la sustentabilidad

<i>ecológica-ambiental:</i>	Potencia otros servicios ecológicos.
	Adaptación al cambio y variabilidad climática, mediante: <ul style="list-style-type: none"> - mayor diversidad genética. - presencia de poblaciones de polinizadores efectivas en diferentes condiciones.
	Mantenimiento y regeneración de pastizales naturales.
	Disminución de insumos/Agroquímicos. <ul style="list-style-type: none"> - Conservación de polinizadores, sinergia con la regulación biótica. - Menor generación de biotipos resistentes de plagas.
	Regeneración: mayor y mejor calidad en productos, semillas, frutos, intercambio genético. Variabilidad/diversificación.
	Mantenimiento de la biodiversidad in situ.
<i>cultural-social:</i>	Mayor productividad y variedad de alimentos, más saludables y nutritivos.
	Contribución a la seguridad y soberanía alimentaria.
	Colabora en la salud de la sociedad mediante alimentos más nutritivos (más vitaminas).
	Mejora la calidad de vida de poblaciones rurales (menor contaminación por menor uso de agroquímicos) Contribuye a la existencia y conservación de la flora asociada, como las plantas medicinales.
<i>económica:</i>	Aumento de rendimiento en producciones.
	Mejores precios por producto de mayor calidad (ejemplo: forma, tamaño de fruto).
	Menos costos en insumos/agroquímicos

Factores que afectan las poblaciones de polinizadores

Las poblaciones de polinizadores están en peligro y se están reduciendo en forma apreciable en todo el mundo. Según el informe elaborado por la Plataforma Intergubernamental sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos (IPBES, 2016), los siguientes factores afectan a los polinizadores y la polinización:

Cambios en el uso de la tierra

El uso de la tierra no es estático: la distribución de cultivos o los usos de la tierra (ganadería, forestales, cultivos, urbanización, ambientes naturales, etc.) que vemos en la actualidad no han sido siempre así, cambian rápidamente, a un ritmo muchas veces vertiginoso, y respondiendo a razones económicas del corto plazo. De esta manera, millones de hectáreas pueden cambiar en unos pocos años de cultivo o de sistema de cultivo como ocurrió con la soja y la siembra directa en la Argentina y con ellos no sólo la vegetación cultivada, sino también la espontánea, los ambientes seminaturales que se hallan presentes en los agroecosistemas y sus alrededores. Estos cambios pueden tener consecuencias muy serias y muchas veces irreversibles para los ecosistemas y sus componentes. Tal es el caso de los polinizadores. La pérdida de hábitats y su degradación, así como la pérdida de conectividad, reducción del tamaño de parches y la fragmentación (resultando una estructura paisajística poco diversa y alejada de otros sistemas agrícolas) afectan negativamente a la abundancia y riqueza de polinizadores, entre otros componentes. Los cambios de uso de la tierra pueden afectar negativamente la estabilidad de la comunidad y las redes de polinización, así como también la supervivencia y el potencial evolutivo de las especies presentes de polinizadores y vegetación. Estos cambios pueden afectar las funciones (servicios) de los ecosistemas, reducir los rendimientos de los cultivos y el bienestar humano en entornos silvestres y agrícolas.

El uso de la tierra perturba a la mayoría de los ecosistemas, impactando en las comunidades de polinizadores, y la polinización de cultivos y plantas silvestres. Una de las actividades humanas que ocupa mayor superficie en los países es la agricultura. Por eso, el modelo de agricultura elegido tiene un enorme impacto sobre los agroecosistemas y ecosistemas aledaños. A gran escala, los sistemas de monocultivo, con uso intensivo de agroquímicos (plaguicidas) y en grandes áreas simplificadas, se encuentran entre las amenazas más importantes para los recursos naturales y los agroecosistemas. Las prácticas de manejo tales como sistemas intensivos de labranza, alta intensidad de pastoreo o acciones de manejo mal sincronizadas disminuyen dramáticamente la diversidad de polinizadores y su efectividad en su actividad, afectando el servicio ecológico.

Las grandes extensiones de monocultivo reducen los recursos de alimentación y anidación para los polinizadores al eliminarse o combatirse las plantas nativas (consideradas en el modelo convencional como algo no deseado, “malezas”, que deben erradicarse o exterminarse), reducir la diversidad de cultivos, y disminuir la disponibilidad de parches de suelo, tallos huecos, arbustos, árboles y madera muerta necesarios como sitios de anidación. Los ambientes seminaturales, aque-

llos que no están dentro de las parcelas de cultivo sino en sus proximidades, también son eliminados, “simplificados” mediante el uso de herbicidas. Aunque es posible que ciertos cultivos con floración masiva proporcionen grandes cantidades de “recursos pulsados” de forrajeo (con un pico de floración de corta duración) para polinizadores presentes en ese momento puntual, no necesariamente pueden sostener a la mayoría de las especies de polinizadores a lo largo de su ciclo de vida. Por el contrario, el mantenimiento de diversas comunidades de plantas silvestres proporciona una gran variedad de recursos de alimentación antes y después del periodo de floración del cultivo, logrando el mantenimiento, diversidad y abundancia de polinizadores silvestres y administrados.

Como señala la Agroecología, un aumento de la biodiversidad funcional, como es la conservación de hábitats y recursos para los polinizadores puede mejorar otros servicios del ecosistema como la regulación biótica, la protección de la calidad del suelo y del agua (Kremen *et al.*, 2012; Kremen & Miles, 2012).

Los agroecosistemas manejados bajo principios agroecológicos mantienen parches de flores silvestres que pueden verse amenazados por el abandono de estas prácticas de manejo y tener consecuencias negativas para los polinizadores.

“La sojización” en la Argentina. Sus consecuencia para los polinizadores

El crecimiento de la soja (transgénica RR) en la Argentina, motivado, entre otros factores, por su alta (y aparente) rentabilidad, tuvo enormes impactos a nivel de paisaje. Desde el punto de vista de sus consecuencias ambientales, especialmente para los polinizadores, ha sido un desastre ambiental. El ejemplo de lo que no debe hacerse, lo que no puede repetirse.

En Argentina, la expansión agrícola, y la producción de soja en particular, ha sido una de las principales causas de la deforestación. La demanda creciente de esta oleaginosa en el mercado mundial, junto con la liberación de las semillas genéticamente modificadas (RR), la posibilidad de contar con un herbicida total (glifosato), la siembra directa y otros cambios tecnológicos, una alta rentabilidad y un enfoque cortoplacista y simplista favorecieron su adopción por parte de muchos agricultores.

El área total cultivada de Argentina se incrementó en alrededor del 45% entre 1990 y 2006 y la soja se convirtió en el principal cultivo de la Argentina, representando más de la mitad del total del área cultivada del país para el 2006 (Aizen *et al.*, 2009). La soja alcanzó a ocupar más de 20 millones de ha, totalmente transgénica con el gen RR de resistencia al glifosato.

Como hemos señalado, cualquier aumento en la superficie de un cultivo o modelo productivo, es a expensas de otra que disminuye. En este caso, esta expansión fue a expensas, entre otras, de la pérdida de selvas y pastizales. Entre 1987 y 2010, unas 6,4 millones de hectáreas de bosques y 1 millón de hectáreas de pastizales fueron convertidos a la agricultura en Argentina; durante el mismo período, el área de soja se expandió alrededor de 11 millones de hectáreas mientras los otros cultivos se mantuvieron estables (UMSEF, 2012).

Los bosques nativos son el hábitat de muchas especies de polinizadores importante para los cultivos. Por lo tanto, esta reducción de áreas con bosques nativos podría indicar un descenso en la población de polinizadores silvestres y en la disponibilidad de su función ecológica de polinización, en particular en regiones subtropicales de Argentina donde la deforestación ha sido más pronunciada (Gasparri & Grau, 2009), en paralelo con la expansión del cultivo de soja (ver Figura 9.1).

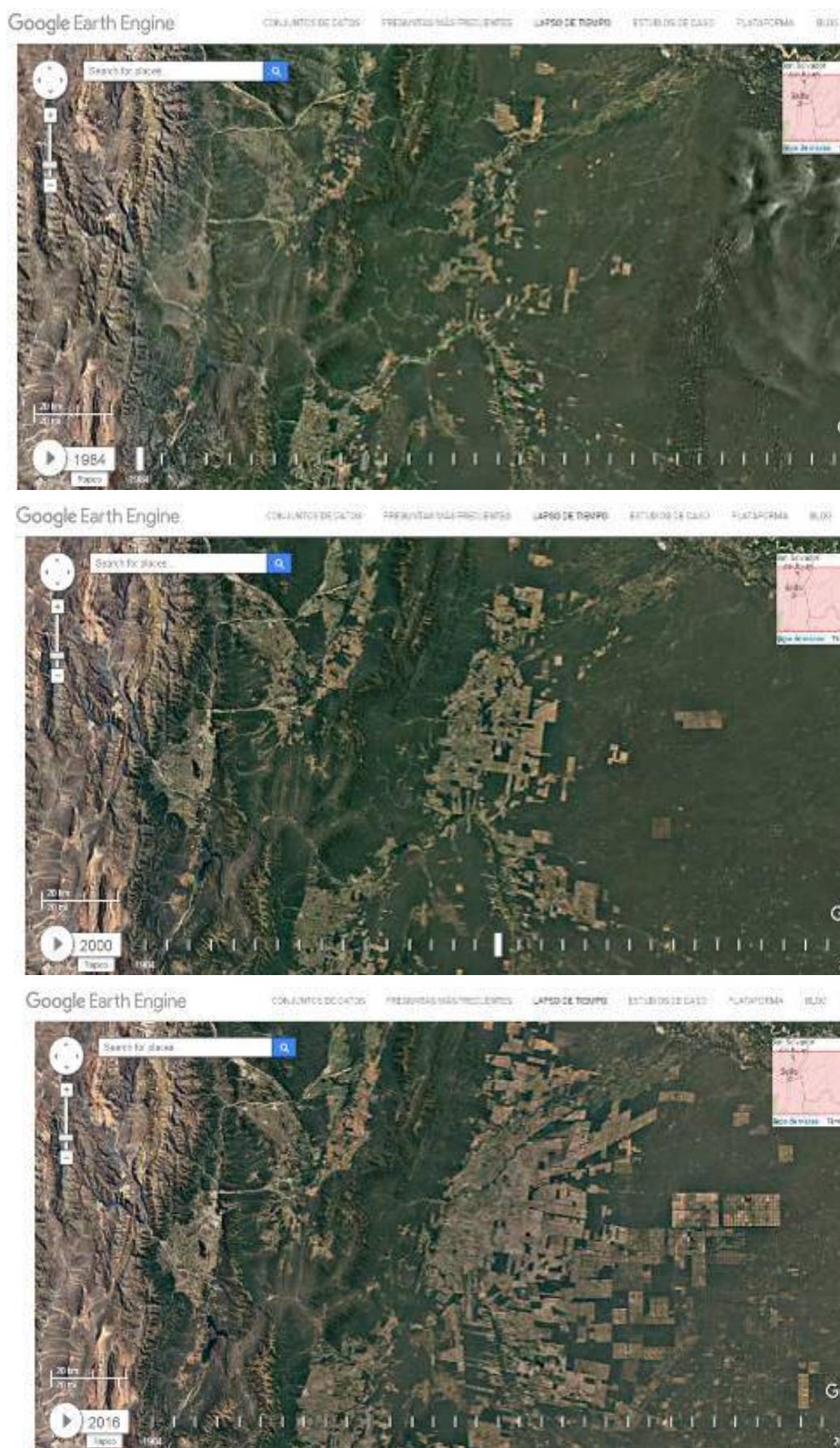


Figura 9.1: Evolución de la deforestación en el Noroeste Argentino. Fuente: Fuente: Elaboración propia con imágenes satelitales de Google Earth Engine. <https://earthengine.google.com/timelapse/>)

Los cultivos bajo cubierta (invernaderos)

La superficie bajo cubierta viene creciendo en todo el mundo desde su aparición. Las ventajas aparentes de la artificialización de los sistemas productivos en “calidad”, primicia y rendimiento promovieron su expansión a un ritmo vertiginoso. La Argentina no ha sido una excepción. En la zona hortícola de La Plata, la superficie bajo cubierta desde 1985 hasta 1998, se expandió a un promedio de 33 ha de invernáculos por año. En el 2009, los invernáculos superaron la barrera de las 3000 ha en La Plata (García, 2011). Como ya señalamos, todo avance de un sistema de producción es a expensas de otro que retrocede. No hay dos pisos: si algo crece, algo desaparece. En este caso, la biodiversidad, y con ella sus funciones ecológicas. Esto puede verse claramente en el mapa que muestra el avance del modelo de invernáculo en La Plata a lo largo de los años (Fig. 9.2). El avance de este modelo disminuye la posibilidad de conservar ambientes adecuados para los polinizadores, entre otros grupos, y claramente asociados a estos, de varios enemigos naturales que requieren de estos ambientes para su supervivencia. De esta manera, se incrementa la necesidad del uso de plaguicidas para mantener la función de regulación biótica debilitada, lo que, paradójicamente, es otra de las importantes causas de la disminución de los polinizadores.

El uso de plaguicidas (fungicidas, herbicidas e insecticidas)

Está claro que los polinizadores son afectados, indirectamente, por los cambios de hábitats. Pero, sin duda, uno de los riesgos más importantes, de efecto directo, es el de los agroquímicos (más específicamente plaguicidas) utilizados, en gran escala, repetidamente y en forma creciente, tanto en entornos agrícolas como urbanos. Los plaguicidas comprenden los insecticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, entre otros. No todos son igualmente tóxicos para los polinizadores; el riesgo de uso de estos productos depende de su toxicidad y del nivel de exposición frente a la fauna presente. Esto está asociado con el diseño o modelo de agricultura elegido: tipo y sistema de cultivo, el momento de aplicación del producto, el principio activo, el método de aplicación y con la ecología de los polinizadores.

Recientemente, en Brasil, los pesticidas causaron la muerte de abejas en 27 municipios de Rio Grande do Sul. (Colussi, 2019), y 38 de 44 (un 88%) de las muestras de colmenas analizadas contenían pesticidas.



Figura 9.2: Cambios a nivel paisaje por aumento de superficie bajo cubierta en 1984, 2000, 2016. Localidades Abasto y Olmos. Fuente: Elaboración propia con imágenes satelitales de Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/timelapse/>).

Entre los insecticidas, los neonicotinoides y el fenil pirazol fipronil han sido señalados como una amenaza para las abejas. Este riesgo de toxicidad es mayor cuando las etiquetas o marbetes de los productos no proporcionan información de uso para minimizar el nivel de exposición frente a polinizadores o, en el caso que sí se proporcionen estas indicaciones, no se cumpla con las mismas. Por otra parte, muchos estudios de toxicidad han sido enfocados sólo o principalmente hacia el grupo de las abejas, y poco se sabe sobre los efectos que varios productos podrían tener sobre los polinizadores silvestres. Muchos insecticidas, además de ser, en muchos casos letales, pueden causar una amplia gama de efectos subletales en el comportamiento, la fisiología de los polinizadores y en las funciones de la colonia. Esta información no es fácil de conseguir porque, en general, las pruebas subletales han sido limitadas en el rango de plaguicidas, niveles de exposición y especies, haciendo que la extrapolación a poblaciones de polinizadores administrados y silvestres sea poco confiable. Por otra parte, son pocas las pruebas que se realizan con combinaciones de productos, algo que es común que ocurra en el ambiente. Estos estudios son necesarios porque el efecto de varios productos combinados no es necesariamente la suma de sus efectos individuales ya que pueden existir interacciones desconocidas entre varios de ellos. Actualmente esto es bastante frecuente, ya sea porque se aplican varios insecticidas mezclados o porque en la zona los agricultores en conjunto aplican varios productos que sin duda permanecen en el ambiente y pueden afectar a la fauna que está a muchos metros a la redonda. Varios polinizadores tienen una gran capacidad para desplazarse grandes distancias (por ejemplo, las abejas), por lo que en sus viajes pueden barrer y recoger las moléculas que están en una gran área. En la región hortícola platense se ha encontrado que los productores de tomate en invernáculo aplican hasta 69 productos diferentes durante el cultivo, varios de ellos de gran toxicidad (Sarandón *et al*, 2015). Aunque existen trabajos que intentan sugerir buenas prácticas agrícolas para el uso adecuado de pesticidas teniendo en consideración los polinizadores, lo más seguro es no usarlos. Y, además, es posible.

Sin embargo, no parece ser este el rumbo seguido. En la Argentina, el uso de plaguicidas aumentó de 73 millones de kg/l en 1995, a 317 millones de kg/l en el año 2012 (CASAFE, 2015). Aunque no hay cifras actuales, a este ritmo hoy estaríamos en unos 420 millones de kg/l por año. La mayor parte de los herbicidas (aproximadamente el 81%) se concentra en los denominados cultivos típicos extensivos y específicamente en el cultivo de soja, donde se emplean el 45 % del total de los productos (Figura 9.3).

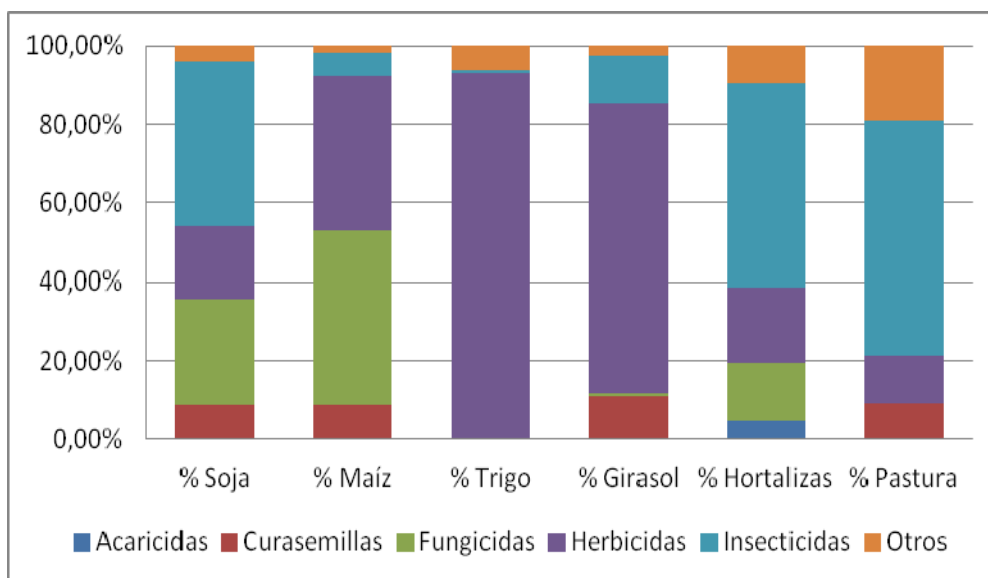


Figura 9.3: Distribución por tipo de fitosanitario utilizados por cultivo (%) en la República Argentina. Fuente: elaboración propia con base de datos de CASAFE (2012).

El notable incremento en el uso de herbicidas debe ser atribuido a la expansión del cultivo de soja. Si bien la introducción de la soja RR simplificó el manejo de las malezas, este modelo requiere la aplicación de mayores volúmenes de herbicidas que la soja convencional. Por otra parte, los herbicidas son aplicados para el control (erradicación) de malezas tanto en el barbecho (barbecho químico) como durante el ciclo del cultivo, dentro de las parcelas como en los ambientes seminaturales aledaños (bordes, caminos, alambrados, aguadas, etc.). Aunque los herbicidas no tendrían un efecto directo sobre la mortalidad de polinizadores, modifican, reducen sustancialmente la vegetación espontánea (un importante componente de la biodiversidad) de grandes extensiones y con ello las fuentes de alimentación y refugio de muchos polinizadores.

El uso de Organismos Genéticamente Modificados (OGM)

Una de las características más distintivas, más novedosas de este modelo de agricultura ha sido, sin duda, la incorporación masiva de los denominados organismos genéticamente modificados que han significado una ruptura de las barreras naturales que existían entre especies. Los organismos genéticamente modificados (OGM) más utilizados en la agricultura son aquellos que buscan: a) la resistencia a insectos (el más usado es el denominado Bt, derivado de la bacteria *Bacillus thuringiensis*), y b) la tolerancia a herbicida (el más usado es el evento denominado RR resistente al glifosato) o ambos. Aunque los polinizadores se consideran organismos no objetivo de los OGM, pueden ser afectados directa e indirectamente por su cultivo. Los efectos directos, por ejemplo, de los materiales Bt, muestran que, aunque estas toxinas no son letales para insectos del orden Himenóptera y Coleóptera, si pueden ser letales para Lepidóptera. De hecho, la razón de la difusión de este evento fue mejorar la resistencia del maíz a larvas de lepidópteros, como el gusano barrenador del tallo, "*Diatraea saccharalis*" y el gusano cogollero, "*Spodoptera frugiperda*", entre otros. Varios de los polinizadores más conocidos, las mariposas y polillas, son las formas adultas de estas orugas.

En los últimos años, comenzaron a usarse los denominados “eventos apilados” que consisten en reunir dos o más caracteres transgénicos en un mismo cultivar. Así, pueden encontrarse maíces Bt RR, cuya siembra y expansión pueden tener consecuencias muy negativas para los polinizadores. Por un lado, los lepidópteros (un grupo de polinizadores) pueden ser muy afectados y, por el otro, los campos con cultivos RR son rociados con herbicidas totales (glifosato) para eliminar a toda la vegetación espontánea dentro de las parcelas como en sus cercanías, por lo que la posibilidad de que existan ambientes favorables y/u otras plantas con flores es casi nula.

Contaminación ambiental

La exposición directa y la susceptibilidad de los polinizadores a los contaminantes es otra importante amenaza que hay que considerar. La susceptibilidad de varias especies de insectos a los contaminantes como metales pesados, puede variar debido a las diversas estrategias utilizadas por las especies para hacer frente a dicha contaminación. Algunos contaminantes pueden bioacumularse, especialmente a través de las plantas y sus productos, como en el néctar o el polen, y afectan el nivel de exposición dependiendo de la ecología de la especie polinizadora. Las grandes diferencias entre las especies en cuanto a la susceptibilidad y las diversas relaciones entre plantas y polinizadores dificultan la determinación del efecto de un contaminante específico en el medio ambiente.

Enfermedades y manejo de polinizadores

Las enfermedades pueden ser un factor importante a tener en cuenta en los riesgos para la supervivencia de los polinizadores. La propagación de enfermedades por abejas melíferas (*Apis mellifera*) y abejorros (*Bombus sp.*) introducidos en ambientes con especies de abejas silvestres puede representar una amenaza.

La preservación de algunas de las especies de abejas también es importante para la conservación de las demás especies polinizadoras. En algunos casos, como el de las abejas melíferas o abejorros, son bien conocidos los pros y los contras de su manejo a gran escala. Estas abejas administradas proporcionan una polinización conveniente, ya que sus colmenas pueden transportarse hacia plantaciones de monocultivos dependientes de polinización en momentos específicos. Sin embargo, pueden transmitir enfermedades a las poblaciones locales de polinizadores silvestres, disminuyendo aún más la polinización natural que estos proporcionan (grandes extensiones de monocultivos proporcionan pocos hábitats para anidación naturales o recursos florales a lo largo del tiempo).

Especies exóticas invasoras

La invasión de especies vegetales exóticas puede tener una gran influencia sobre las poblaciones polinizadoras nativas, en relación con su diversidad, estructura de red o procesos de polinización. Por ejemplo, las especies de plantas invasoras a menudo se incorporan fácilmente en las redes de polinización nativas, especialmente donde predominan las plantas y polinizadores generalistas. Esto puede tener importantes consecuencias e impactos en la función, la estructura

y la estabilidad de las redes de polinizadores, en especies de polinizadores nativos específicos, reduciendo su abundancia o diversidad. Estos cambios pueden tener consecuencias positivas o negativas, dependiendo de las características de las especies vegetales involucradas y de los otros roles que estos polinizadores afectados cumplían en los agroecosistemas.

Un aspecto poco estudiado, pero de gran interés es el que genera la introducción de mamíferos herbívoros exóticos sobre la comunidad vegetal. Estos, con su consumo, pueden generar un profundo cambio en las comunidades de polinizadores y la polinización al modificar las proporciones de determinadas especies vegetales de acuerdo con su mayor o menor palatabilidad.

Los depredadores exóticos invasores pueden matar directamente a los polinizadores o perturbar a las comunidades y sus sistemas de polinización, mientras que los polinizadores exóticos invasores pueden competir, transmitir enfermedades a especies polinizadoras nativas o simplemente insertarse en el conjunto de polinizadores existente.

La complejidad ecológica y el contexto de las diferentes invasiones no permiten una generalización. Por lo tanto, es fundamental entender la ecología de las poblaciones exóticas intervinientes, aspectos como su nivel trófico (planta/herbívoro/polinizador/depredador) y sus otros roles en el agroecosistema, son fundamentales para comprender las posibles consecuencias de su introducción.

Cambio y variabilidad climática

El cambio climático (calentamiento global) y la variabilidad climática asociada, pueden afectar enormemente a muchas especies de plantas y polinizadores, modificando sus características fisiológicas, su abundancia, y sus actividades estacionales.

Frente al cambio climático actual, se estima que, para la segunda mitad del siglo XXI, la composición de las comunidades cambiará, resultando una menor abundancia de algunas especies y un aumento en otras. La actividad estacional de muchas especies polinizadoras y vegetales será posiblemente afectada, interrumpiendo los ciclos de vida e interacciones entre especies.

Estos cambios alterarán la estructura y función de los ecosistemas en muchos casos. Es especialmente escaso el conocimiento de los efectos que el cambio climático puede tener en grupos de polinizadores como los murciélagos, (Kasso & Balakrishnan, 2013) las aves y colibríes (Abrahamczyk *et al.*, 2011).

Otros factores

Múltiples factores pueden afectar individualmente la salud, la diversidad y la abundancia de especies polinizadores en todos los niveles de organización biológica, abarcando desde escalas genéticas a regionales.

El avance de las ciudades puede tener también un importante efecto sobre los polinizadores. Recientemente, un interesante artículo analiza y alerta sobre la influencia que la iluminación artificial de noche (focos de luz de las calles) de las ciudades o de las regiones del periurbano, tiene sobre los polinizadores (Knop *et al.*, 2017). Encontraron que la luz artificial de noche causa una disrupción en la red de polinizadores nocturnos y tiene consecuencias negativas para la

reproducción de las plantas. En las comunidades de plantas-polinizadores iluminadas artificialmente, las visitas nocturnas a las plantas fueron reducidas en un 62% comparadas con las áreas oscuras, sin iluminación. Y esto redujo en un 13% la fecundación de frutos de las plantas, aun cuando recibieron numerosos polinizadores diurnos.

Por otra parte, señalan algo interesante que venimos remarcando en este libro con el concepto de biodiversidad funcional y las ventajas de las supuestas redundancias: que los polinizadores nocturnos no son redundantes a los diurnos. Es decir, no cumplen la misma función. Esto sugiere que un mayor número, o un incremento de polinizadores diurnos no compensa la falta de los nocturnos y viceversa.

Teniendo en cuenta los múltiples factores interrelacionados que pueden estar afectando la presencia y actividad de los polinizadores, muchos de ellos desconocidos y aún no estudiados, es necesario aplicar el principio de precaución y comenzar a generar información sobre la repercusión que estos factores pueden tener sobre la abundancia, diversidad y actividad de los polinizadores.

Estrategias para favorecer a los polinizadores

El Convenio sobre la Diversidad Biológica ha establecido la “Iniciativa Internacional para la Conservación y el Uso Sostenible de Polinizadores” (IPI), y un plan de acción coordinado por la FAO con el fin de abordar los obstáculos, crear conciencia y fortalecer la capacidad de conservar y utilizar de manera sostenible los servicios de polinización.

Muchas de estas medidas están directamente vinculadas al sector agrícola y sus prácticas. Tal como viene señalando la Agroecología, son los sistemas agrícolas de pequeños agricultores, agricultores familiares y agricultores de subsistencia los que promueven una elevada diversidad en los agroecosistemas y pueden constituir la base de un sistema agroalimentario sostenible.

La conservación de los polinizadores y su interrelación con la regulación biótica permite mantener buenos niveles productivos reduciendo, al mismo tiempo, la dependencia de insumos. Además, muchas medidas que benefician a los polinizadores indirectamente pueden favorecer otras funciones de los ecosistemas, tales como:

- La gestión del hábitat (intra y extra-parcelas y fincas) para la fauna benéfica, importante para el manejo de plagas (efecto *top down*),
- La disminución de la presión de plagas mediante el aumento de la diversidad de los cultivos, (efecto *bottom-up*)
- El mejoramiento de los suelos mediante los cultivos de cobertura, y el aumento de la abundancia de diversos grupos funcionales del suelo. (ver capítulo 2)

En general, los conocimientos para promover estas prácticas favorables a los polinizadores en los sistemas agrícolas son aún escasos. Como señalamos oportunamente, el enfoque reduccionista y productivista prevaleciente dificultó el entender y valorar el rol de los polinizadores en el manejo de los agroecosistemas.

Las presiones del comercio mundial agrícola y una visión productivista, cortoplacista y simplista de los agroecosistemas puede conducir a la adopción de prácticas (monocultivos, intensificación, elevado uso de productos agroquímicos, campos de grandes superficies) que repercuten negativamente en los servicios de polinización, si no existen esfuerzos deliberados para conservarlos y mantenerlos. Se han explorado poco las funciones políticas que apoyen la conservación y la utilización de los polinizadores. (FAO, 2009). Las prácticas que permiten mantener una elevada diversidad en agroecosistemas deben valorarse y respaldarse con medidas normativas favorables.

La Plataforma Intergubernamental sobre biodiversidad y servicio ecosistémico de Polinización (IPBES, 2016) propone crear paisajes agrícolas más diversificados, basados en prácticas que potencien la mantención de comunidades diversas de polinizadores, promover la conectividad entre parches y aumentar la polinización de cultivos y plantas silvestres, así como mejorar los medios de subsistencia para los pequeños agricultores o agricultores familiares (estos representan mayoría en la comunidad agrícola mundial) que proporcionan alrededor del 50-70% de los alimentos del mundo. (Altieri *et al.*, 2012).

De acuerdo con la idea de biodiversidad funcional y su redundancia, se debe buscar crear, de ser posible, hábitats amigables con los polinizadores dentro y fuera de las fincas, para promover su abundancia y diversidad, en lugar de enfocarse solamente en un polinizador administrado, por más eficiente que este parezca ser. Sin embargo, si no se pueden crear hábitats amigables para polinizadores, es aconsejable administrar poblaciones nativas o en algunos casos naturalizadas en lugar de especies de abejas no nativas - migratorias, porque el mayor riesgo para el manejo de las abejas ocurre cuando las especies se mueven fuera de su rango nativo (FAO, 2018).

Manteniendo y favoreciendo los polinizadores

La comprensión de la importancia de los polinizadores requiere desarrollar acciones y prácticas que contribuyan a su recuperación y actividad. Sobre todo, en situaciones donde los recursos florales y los sustratos naturales de anidación son escasos (Scheper *et al.*, 2013). Para ello es importante entender la distancia hasta la cual surgen efecto estas medidas. Esto depende, por supuesto, del tipo de polinizador (insectos, murciélagos, colibríes, entre otros) y sus capacidades de desplazamiento, lo cual no está necesariamente bien estudiado. Aunque, en las abejas se ha encontrado una relación positiva entre las distancias de vuelo y el tamaño del cuerpo (Greenleaf *et al.*, 2007), también se ha mencionado una fuerte fidelidad a hábitats pequeños, independientemente del tamaño corporal (Dorchin, 2013). Por lo tanto, las prácticas a pequeña escala pueden

afectar fuertemente a los polinizadores y la polinización de cultivos (Morandin & Kremen, 2013). Por otra parte, la cada vez más clara comprensión de la influencia que tienen la ubicación, distancias y tamaños de parches y su conectividad, señalan que las acciones no pueden ni deben quedar restringidas exclusivamente a las fincas, al ámbito rural ni a los agricultores y que otros actores e intereses pueden estar involucrados. Hemos señalado la importancia del paisaje circundante en la presencia y actividad de polinizadores. Este paisaje muchas veces ya no está dentro del ámbito o poder de decisión de los agricultores, del mundo rural, sino que, en muchos casos, deben intervenir otros actores, como las autoridades municipales y los vecinos de una región, por ejemplo, del periurbano. La importancia del paisaje y de su relación con los polinizadores debe entonces ser claramente transmitida a todas las personas involucradas o interesadas, para poder desarrollar políticas a los niveles de diversidad que se requieran. Como señalamos en este libro, el aumento y mantenimiento de la agrobiodiversidad es fundamental para los propios agroecosistemas y para los servicios ecosistémicos en general.

Varias prácticas pueden ayudar o conducir a mejorar la abundancia de recursos para insectos silvestres. Garibaldi *et al*, (2014) las clasifica en prácticas fuera y dentro del campo de cultivo.

Fuera de los agroecosistemas

Como hemos señalado en este libro (ver capítulo 11), el paisaje circundante es fundamental para definir los procesos relacionados con los componentes de la biodiversidad. Muchas son las prácticas, generalmente de bajo costo, que pueden ayudar a mejorar la presencia y actividad de los polinizadores en los campos de cultivo.

Una de ellas es la de proveer recursos de anidamiento: como los entrenudos y segmentos del tallo entre los nudos; sectores en suelo desnudo. También pueden incrementarse artificialmente mediante prácticas muy sencillas y con materiales muy baratos como cartón corrugado, cañas huecas o calabazas dejadas en lugares estratégicos en los ambientes seminaturales.

Otra práctica es la de establecer borduras y franjas o islas de flores, sobre todo cuando el tamaño de los lotes es bastante grande, como ocurre en algunos sistemas de cultivos extensivos en la región pampeana. Acá pueden ser plantas leñosas o herbáceas plantadas en los perímetros de los lotes en los campos con cultivo, que generalmente ocupan poca superficie. Pero no cualquier planta o cualquier especie es adecuada. Si se eligen las especies apropiadas y se las maneja adecuadamente a través del tiempo, los bordes y las franjas de flores pueden proporcionar alimentos adecuados y recursos de anidación que mejorarán la riqueza y abundancia de especies de moscas de abejas y sírfidos. Estas prácticas también favorecen a los polinizadores en campos adyacentes.

La distancia entre diferentes áreas de recursos de la biodiversidad también debe tenerse en cuenta. Garibaldi *et al*, (2011) encontraron en 29 estudios en todo el mundo, que la riqueza de polinizadores, la tasa de visitas y la proporción de flores que establecen frutos (o semillas) disminuyeron en un 34%, 27% y 16%, respectivamente, a 1 km de estas áreas seminaturales. Estos datos son estimativos, nos dan una base, pero hay que tener en cuenta el tipo de polinizadores

que deseamos favorecer. No es lo mismo si son insectos que, si se trata de otros grupos como colibríes o murciélagos que pueden volar largas distancias.

La conservación o restauración de áreas seminaturales dentro de los paisajes dominados por cultivos, puede proporcionar un hábitat para las poblaciones de polinizadores silvestres (Garibaldi *et al.*, 2011). Tal como señalamos en el capítulo de biodiversidad funcional (Cap. 12), en la región pampeana, la conservación de ambientes seminaturales y su biodiversidad asociada está relacionada con la conservación de ambientes pastoriles, muchas veces ignorados o despreciados. Iermanó *et al.*, (2015), demostraron la relación entre la conservación de esta actividad y un aumento de la biodiversidad funcional. Además, los polinizadores dependen de varios tipos de recursos que son difíciles de proporcionar de otra forma que no sea la mejora natural de estas áreas. Además, estas áreas mejoradas también favorecen los servicios de polinización para cultivos cercanos.

A escala de paisaje regional, es importante un diseño de paisaje heterogéneo (un mosaico de cultivos, épocas de siembra, floración y cosecha) logrando riqueza de hábitats. Esto aumenta la riqueza de los polinizadores porque las diferentes especies de plantas proporcionan recursos complementarios en el tiempo y espacio, logrando que las especies de polinizadores tengan a disposición diferentes combinaciones de recursos. Un estudio efectuado en 605 campos de 39 sistemas de cultivo en diferentes biomas encontró que la diversidad de hábitats (lograda con tipos de cultivos mixtos, presencia de setos vivos y franjas de flores) dentro de 4 ha logró mejorar la abundancia de abejas en un 76% en comparación con los campos de monocultivo (Kennedy *et al.*, 2013).

En los agroecosistemas

A escala de predio o agroecosistema, podemos implementar varias estrategias para mejorar la presencia y actividad de los polinizadores. Entre otras, eliminar o reducir el uso de insecticidas, el pasaje de maquinaria y aumentar la riqueza de plantas con flores intra y extra-parcelas.

Eliminar o reducir el uso de plaguicidas, sobre todo, los que resultan tóxicos para los insectos polinizadores es básico. La Agroecología señala claramente que es posible eliminar o reducir sustancialmente el uso de plaguicidas rediseñando los agroecosistemas a fin de potenciar las funciones ecológicas de la biodiversidad. Mientras tanto, si esto no es posible, o, como un paso intermedio en esta transición, conviene usar Insecticidas con baja toxicidad para polinizadores, aplicadas localmente y durante la temporada sin floración, en lugar de insecticidas sistémicos altamente tóxicos que se rocían en grandes extensiones. Algunos autores han mencionado que la siembra directa podría mejorar las poblaciones de abejas debido a que muchas especies colocan sus celdas de cría a 30 cm debajo de la superficie (Roulston & Goodell, 2011). Sin embargo, no es aconsejable el análisis de las prácticas por separado o individualmente, ya que en los agroecosistemas están todo interrelacionado. En este caso, aunque, desde un punto de vista podría resultar benéfico no remover el suelo, muchas veces esta tecnología está asociada a la aplicación de grandes dosis de herbicidas totales con la idea de no dejar crecer vegetación es-

pontánea ni en las parcelas de cultivo, ni en sus bordes. Esto, por supuesto, es altamente negativo para los polinizadores. Por otra parte, en algunos casos, el desmalezado pueden afectar negativamente a los polinizadores al reducir los recursos florales de la vegetación espontánea, pero pueden ser útiles para reducir la abundancia de vegetación invasora que, de otro modo, podrían desplazar las plantas nativas (Isaacs *et al.*, 2009).

La Agroecología señala que mejorar la riqueza de cultivos con floración puede beneficiar la riqueza de polinizadores (Nicholls & Altieri, 2013) y la polinización de cultivos. Un conjunto diverso de especies de plantas con flor (cultivadas o no) con diferentes fenologías, aumentará la estabilidad de los recursos para los polinizadores a través del tiempo y, por lo tanto, de los servicios de polinización.

La agricultura orgánica puede mejorar las poblaciones de polinizadores silvestres en comparación con la agricultura convencional (Kennedy *et al.*, 2013) probablemente debido a la ausencia de insecticidas sintéticos y/o mayores recursos florales no agrícolas, en aquellos sistemas que fomenten la biodiversidad. Se ha mencionado la importancia de los sistemas de producción orgánica sobre la polinización en producciones de frutilla en Suecia (Andersson *et al.*, 2012) y de canola en Canadá (Morandin & Winston, 2005).

Por otra parte, es importante comprender que los cultivos elegidos en una región tienen una enorme importancia en los polinizadores, dada su gran extensión. La siembra de cultivos con floración, en lugar de cultivos que no ofrecen recursos florales para los polinizadores, puede mejorar los polinizadores silvestres en paisajes heterogéneos (Holzschuh *et al.*, 2013). Estos criterios deberían estar presentes cuando se calculan los márgenes de rentabilidad de los cultivos y sus "costos ocultos". En el oeste de Francia, la riqueza de abejas solitarias y su abundancia eran más altas en los márgenes de los campos con cultivo de canola que en los campos de otros cultivos (Le Féon *et al.*, 2013).

Hay que recordar, como hemos visto en este capítulo, que no siempre esta oferta floral (de corta duración) que generan cultivos en grandes superficies es suficiente para asegurar la supervivencia de los polinizadores. Por ejemplo, en Alemania, la presencia del cultivo de canola mejoró el crecimiento temprano de colonias de abejorros, pero no la reproducción sexual durante toda la temporada (Westphal *et al.*, 2009) y la mayor cobertura de cultivos de floración masiva, si bien aumentó el número de abejas, no incrementó el número de colonias (Herrmann *et al.*, 2007). Por lo tanto, aunque los cultivos pueden proporcionar abundantes recursos en su periodo de floración, su corta duración, la baja diversidad de recursos, la aplicación de insecticidas muchas veces asociada a los mismos y las tareas de labranza, pueden limitar la capacidad de un cultivo para sostener poblaciones de polinizadores silvestres. Por otra parte, la siembras de cultivos con diferentes periodos de floración pueden aumentar las poblaciones de insectos silvestres; en Suecia, la reproducción de abejorros se mejoró en paisajes con cultivos mixtos conformado por trébol rojo a fin de la temporada y cultivos de floración masiva a principios de temporada (Rundlöf *et al.*, 2014). Sin dudas, una mayor biodiversidad local y de paisaje es el camino correcto para mantener una alta abundancia y diversidad de polinizadores.

Conclusión

Los polinizadores son un componente esencial de la biodiversidad de los agroecosistemas y un recurso imprescindible para el diseño y manejo de sistemas agroalimentarios sustentables. Como hemos señalado en este capítulo, si bien existen relaciones especializadas interesantes entre las plantas y sus polinizadores, los servicios de polinización se aseguran mejor con la abundancia y diversidad de polinizadores. La aparente redundancia en la biodiversidad es entonces un objetivo que no debe descuidarse. Una adecuada biodiversidad funcional permitirá, a su vez, que se den las interacciones necesarias para optimizar otros servicios ecológicos, tales como la regulación biótica, ciclado de nutrientes, flujo de energía, regulación del ciclo del agua, sucesión.

Los cambios en el uso de la tierra durante el siglo pasado han agravado los déficits de polinización. Grandes extensiones son ocupadas con producciones de monocultivo, estrechamente asociados al uso de agroquímicos (plaguicidas) y a la disminución de la biodiversidad. La falta de heterogeneidad en paisajes conformados por monocultivos en grandes extensiones, y el alto aporte de plaguicidas empobrece la abundancia y diversidad de poblaciones de polinizadores.

La conservación de los polinizadores como un componente de la biodiversidad, requiere ir más allá del conocimiento de la biología de especies individuales; hay que comprender también las interacciones entre especies, tanto del mismo como de otros niveles tróficos. Y, en este caso, las relaciones tritróficas son también fundamentales. Los conocimientos sobre la polinización deben encuadrarse en un contexto ecosistémico y no olvidar que en los agroecosistemas todo tiene un componente cultural, donde el conocimiento y valoración de parte de los y las agricultoras es fundamental. El conocimiento y percepción que estos tienen sobre la importancia de los polinizadores es un aspecto fundamental en su conservación que no siempre se tiene en cuenta. Además, el manejo de los servicios de la polinización nativa/silvestre requerirá adoptar un enfoque agroecológico donde se amplíen los límites del sistema más allá del perímetro de los establecimientos agropecuarios para abarcar un ecosistema agrícola más amplio, donde deben opinar otros actores no agrícolas, que no deben ni pueden dejarse de lado.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la importancia de la polinización?*
2. *¿Cuáles son los grupos de polinizadores y cuál es su importancia relativa?*
3. *¿En qué aspectos importantes para los seres humanos contribuyen los polinizadores?*
4. *¿De qué manera contribuyen a la diversidad genética de las plantas?*
5. *¿Cómo pueden contribuir los fitomejoradores en este sentido?*
6. *¿Cuáles serían las consecuencias de la desaparición de los polinizadores?*
7. *¿Además de su importancia en el cuajado de semillas y frutos, cuál es otra importante función que pueden cumplir los polinizadores?*
8. *¿Por qué se señala la importancia de entender el verdadero valor de los polinizadores?*

9. *¿Qué se entiende por redundancia de biodiversidad y cuál es su importancia en un manejo agroecológico?*
10. *¿Cuál es el aporte que los polinizadores podrían hacer a las diferentes dimensiones de la sustentabilidad?*
11. *¿Qué factores afectan a las poblaciones de los polinizadores?*
12. *¿Cuál ha sido el impacto del fenómeno de “sojización” observado en la Argentina sobre los polinizadores?*
13. *¿De qué manera impacta la difusión de los cultivos OGM sobre los polinizadores?*
14. *¿Cómo influye el uso de pesticidas sobre los polinizadores?*
15. *¿Mencione dos estrategias para favorecer la presencia y actividad de los polinizadores que emplearía dentro de los agroecosistemas y otras que emplearía fuera de ellos?*
16. *¿Por qué se señala en el texto la importancia de concientizar acerca de la importancia de los polinizadores a otros actores además de los del mundo agropecuario?*

Referencias

- Abrahamczyk S, J Kluge, Y Gareca, S Reichle & M Kessler (2011). The Influence of climatic seasonality on the diversity of different tropical pollinator groups. PLoS ONE. 6 (11): e27115.
- Aizen M, LA Garibaldi & M Dondo (2009) Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. Revista Ecología Austral. 19: 45-54.
- Altieri MA, FR Funes-Monzote & P Petersen (2012) Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder Farmers: contributions to food sovereignty. Journal Agronomy for Sustainable Development. 32: 1-13.
- Andersson GKS, M Rundlöf & HG Smith (2012) Organic farming improves pollination success in strawberries. PLoS ONE. 7: 2–5.
- Archer S & DA Pyke (1991) Plant-animal interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated rangeland. Journal of Range Management. 44: 558-565.
- CASAFE (2012) Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Información disponible en: www.casafe.org
- CASAFE (2015) Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Mercado Argentino 2012 de Productos Fitosanitarios KLEFFMANNGROUP Argentina, Buenos Aires, 2015.
- Colussi J (2019) Agrotóxicos causaran morte de abelhas em 27 municípios do RS. Campo e Lavoura, 9 de agosto de 2019.
- Crane E & P Walker (1984) Pollination Directory for World Crops. Londres, International Bee Research Association.
- Dorchin A, I Filin, I Izhaki & A Dafni (2013) Movement patterns of solitary bees in a threatened fragmented habitat. Journal Apidologie. 44: 90–99

- FAO (2009) Los polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la Agricultura. Túnez. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>. Consultado 25/8/2018.
- FAO (2014) Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Disponible en <http://www.fao.org/documents/card/es/c/5f4ff131-6df9-59df-ba55-4bc9e5c29b29/>. Último acceso: agosto 2018)
- FAO (2016) Acción mundial de la FAO sobre servicios de polinización para una agricultura sostenible. Disponible en: <http://www.fao.org/pollination/background/es/>. Último acceso: septiembre 2018.
- FAO (2018) The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners. Sustainable yields, sustainable growth or neither?. Capítulo 3: 35-65. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i9201en/i9201EN.pdf> . Ultimo acceso: octubre 2018)
- Free JB (1993). Insect Pollination of Crops. Academic Press, London. 684 pp.
- Gallai N, JM Salles, J Settele & BE Vaissière (2008) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Journal Ecological Economics*. 68: 810-821.
- García M (2011) El cinturón hortícola platense: ahogándonos en un mar de plásticos. Un ensayo acerca de la tecnología, el ambiente y la política. *Revista THEOMAI*. 23.
- Garibaldi L, L Carvalheiro, B Vaissière, B Gemmill-Herren, J Hipólito, B Freitas, H Ngo, N Azzu, A Sáez, J Åström, J An, B Blochtein, D Buchori, F Chamorro García, F Oliveira da Silva, K Devkota, M Ribeiro, L Freitas, M Gaglianone, M Goss, M Irshad, M Kasina, A Pacheco Filho, L Piedade Kiil, P Kwapong, G Parra, C Pires, V Pires, R Rawal, A Rizali, A Saraiva, R Veldtman, B Viana, S Witter & H Zhang (2016) *Revista Science*. 351 (6271): 388-391.
- Garibaldi, LA, LG Carvalheiro, SD Leonhardt, MA Aizen, BR Blaauw, R Isaacs, M Kuhlmann, D Kleijn, AM Klein, C Kremen, L Morandin, J Scheper & R Winfree (2014) From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Journal Frontiers in Ecology and the Environment*. 12: 439-447.
- Garibaldi LA, I Steffan-Dewenter, C Kremen, JM Morales, R Bommarco, SA Cunningham, LG Carvalheiro, NP Chacoff, JH Dudenhöffer, SS Greenleaf, A Holzschuh, R Isaacs, K Krewenka, Y Mandelik, MM Mayfield, LA Morandin, SG Potts, TH Ricketts, H Szentgyörgyi, BF Viana, C Westphal, R Winfree. & AM Klein (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Journal Ecology Letters*. 14: 1062- 1072.
- Gasparri NI & HR Grau (2009) Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Journal Forest Ecology and Management*. 258: 913-921.
- Greenleaf SS, NM Williams, R Winfree & C Kremen (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Journal Oecologia*. 153: 589–596.
- Hajjar R, ID Jarvis & B Gemmill-Herren (2008) The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Journal Agriculture, Ecosystems and Environment*. 123:261-270.
- Herrmann F, C Westphal, RFA Moritz & I Steffan-Dewenter (2007) Genetic diversity and mass resources promote colony size and forager densities of a social bee (*Bombus pascuorum*) in agricultural landscapes. *Journal Molecular Ecology*. 16: 1167–78.

- Holzschuh A, I Steffan-Dewenter & T Tschardt (2008) Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Journal Oikos*, 117: 354–361.
- Hu S, D Dilcher, D Jarzen & D Taylor (2008). Early steps of angiosperm pollinator coevolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Iermanó MJ, SJ Sarandón, LN Tamagno & AD Maggio (2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Rev. Fac. Agron. La Plata* (2015) Vol. 114 (Núm. Esp.1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio: 1-14.
- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. Disponible en: https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf . 552 pp. Último acceso: octubre 2018.
- Isaacs, R., Tuell, J. & Fiedler, A. (2009) Maximizing arthropod mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Journal Frontiers in Ecology and the Environment*. 7: 196–203.
- Kasso M & M Balakrishnan (2013) Ecological and economic importance of bats (Order Chiroptera). *ISRN Biodiversity*. Vol. 2013, Article ID 187415.
- Kennedy CM, E Lonsdorf, MC Neel, NM Williams, TH Ricketts, R Winfree, R Bommarco, C Brittain, AL Burley, D Cariveau, LG Carvalheiro, NP Chacoff, SA Cunningham, BN Danforth, JH Dudenhofer, E Elle, HR Gaines, LA Garibaldi, C Gratton, A Holzschuh, R Isaacs, SK Javorek, S Jha, AM Klein, K Krewenka, Y Mandelik, MM Mayfield, L Morandin, LA Neame, M Otiene, M Park, SG Potts, M Rundlof, A Saez, I Steffan-Dewenter, H Taki, BF Viana, C Westphal, JK Wilson, SS Greenleaf & C Kremen (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Journal Ecology Letters*. 16: 584–599.
- Klein AM, BE Vaissiere, JH Cane, I Steffan-Dewenter, SA Cunningham, C Kremen & T Tschardt (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274 (1608):303-313.
- Knop E, L Zoller, R Ryser, C Gerpe, M Hörlner & C Fontaine (2017) Artificial light at night as a new threat to pollination, *Nature*, vol 548 (10): 206-220
- Kremen C & A Miles (2012) Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and tradeoffs. *Journal Ecology and Society*. 17: art. 40.
- Kremen, C., Iles, A., & Bacon, C. (2012) Diversified farming systems: an agroecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Journal Ecology and Society*. 17(4): 44.
- Kremen C, NM Williams & RW Thorp (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS*. 99: 16812-16.
- Kubisova S & H Haslbachova (1991) The Sixth International Symposium on Pollination. Pp. 364–370.
- Le Féon V, F Burel & R Chifflet (2013) Solitary bee abundance and species richness in dynamic agricultural landscapes. *Journal Agriculture, Ecosystems & Environment*. 166: 94–101.

- Lumpkin TA, K Weinberger & S Moore (2006) Increasing income through fruit and vegetable production opportunities and challenges. CGIAR Science Council paper. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10947/3904> . Ultimo acceso: noviembre 2018.
- Mandelik Y, R Winfree, T Neeson & C Kremen (2012) Complementary habitat use by wild bees in agro-natural landscapes. *Journal Ecological Applications*. 22: 1535–46.
- Medan D (2008). Insectos polinizadores, diversidad global e importancia local de la polinización entomófila. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287982620_Insectos_polinizadores_diversidad_global_e_importancia_local_de_la_polinizacion_entomofila *Pollinating insects global diversity and local importance of entomophilous pollination*?enrichId=rgreq-4d30e12b085ab106e5d6757903883260-XXXyenrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4Nzk4MjYyMDtBUzo-zMDk4OTExNDU2MzM3OTRAMTQ1MDg5NTIxNDI3NA%3D%3Dyel=1 x 2y_esc=publicationCoverPdf . Ultimo acceso: agosto 2018.
- Miñarro M, D García & R Martínez Sastre (2018) Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad, *Ecosistemas* 27 (2): 81-90.
- Morandin LA & C Kremen (2013) Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Journal Ecological Applications*. 23: 829–839.
- Morandin LA & ML Winston (2005) Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Journal Ecological Applications*. 15: 871–881.
- Morimoto Y, M Gikungu & P Maundu (2004) "Pollinators of the bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) observed in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Journal Science*. 24.1: 79-86.
- Nicholls CI & MA Altieri (2013) Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Journal Agronomy for Sustainable Development*. 33: 257–74.
- Roulston TH & K Goodell (2011) The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review Entomology*. 56: 293–312.
- Rundlöf M, AS Persson, HG Smith, & R Bommarco (2014) Lateseason mass-flowering red clover increases bumble bee queen and male densities. *Journal Biological Conservation*. 172: 138–45.
- Sarandón SJ & C Flores (2014) Agroecología. Bases teóricas para diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Pp. 130-154. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>. Último acceso: mayo 2017.
- Sarandón SJ (2009) Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable: Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. En *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*, Tomas León Siccard, Miguel A. Altieri (Eds.), IDEAS 21, Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología (SOCLA), Universidad Nacional de Colombia, Opciones Gráficas Editores, Bogotá., DC, Colombia, Cap 4: 105-130.
- Sarandón SJ, CC Flores, E Abbona, MJ Iermanó, ML Blandi, M Oyhamburu & M Presutti (2015) Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la Provincia de Buenos Aires. En "Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires – Mapa de Situación e incidencias sobre la salud" Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires: 18-495. <https://drive.google.com/open?id=0B69omFQfJCy4YWtPM0dQMUIHb2M>

- Scheper J, A Holzschuh, M Kuussaari, SG Potts, M Rundlof, HG Smith & D Kleijn (2013) Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss –a meta-analysis. *Journal Ecology Letters*. 16: 912–920
- UMSEF Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (2012) Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina. Período 2006-2011.
- UNEP/CDB/COP/5 (2000). Decisión V/5. The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, 15-26 de Mayo de 2000. Disponible en: <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=7147>. Último acceso: marzo 2017.
- UNEP/CDB/COP/DEC/XIII/15 (2016) Conferencia de las Partes en el Convenio Sobre la Biodiversidad Biológica. Decimotercera reunión. Cancún (México), 4 a 17 de diciembre de 2016 (Disponible en: <https://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-13>. Último acceso: marzo 2017.
- Westphal C, I Steffan-Dewenter & T Tschardt (2009) Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees. *Journal of Applied Ecology*. 46: 187–93.

CAPITULO 10

Murciélagos, componentes invisibilizados de la agrobiodiversidad

M. Ayelen Lutz y Melisa D'occhio

*El conde Drácula le dio mala fama.
Aunque Batman hizo lo posible por mejorarle la imagen, el murciélago
sigue provocando más terror que gratitud.
Pero el símbolo del reino de las tinieblas no atraviesa la noche en busca
de pescuezos humanos. En realidad, el murciélago nos hace el favor de
combatir la malaria cazando mil mosquitos por hora y tiene la gentileza
de devorar los insectos que matan las plantas.
A pesar de nuestras calumnias, este eficiente pesticida no nos enferma
de cáncer ni nos cobra nada por sus servicios.*

EDUARDO GALEANO, Bocas del tiempo

Biodiversidad para la sostenibilidad

La biodiversidad hace referencia a la heterogeneidad de los sistemas biológicos, considerando todos los niveles jerárquicos, desde genes a ecosistemas. Existe una estrecha relación entre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, como se definen las contribuciones de los ecosistemas al bienestar humano (Bastian, 2013). Dichos servicios dependen de la estabilidad del ecosistema que los provee, y la estabilidad se correlaciona directamente con la heterogeneidad ecológica. La simplificación del ambiente es una de las transformaciones más significativas provocada por la humanidad, lo cual se traduce en variaciones en la composición de la biodiversidad. Los cambios en el ambiente repercuten en la riqueza y abundancia de especies, y, aunque, generalmente, en los ecosistemas modificados por el ser humano hay una menor diversidad de especies, en algunos casos puede aumentar el número de especies, por ejemplo, por la introducción de especies exóticas (Halffter *et al.*, 1999). La transformación de los ecosistemas, y la alteración de sus funciones, despierta preocupación porque la existencia del ser humano como especie depende de los servicios que éstos nos brindan (Haines-Young, 2009).

En este escenario, aumentan las críticas a la agricultura convencional, un modelo en extremo simplificado en lo que respecta a la biodiversidad y que conlleva a la falta de sustentabilidad del sistema a largo plazo (Sarandón & Flores, 2014a). Como contrapartida, la agroecología impulsa

el desarrollo de sistemas que permitan disfrutar a las siguientes generaciones de los mismos beneficios que la nuestra. El manejo sustentable tiene un fuerte componente apoyado en la heterogeneidad ecológica, ya que esta contribuye al mantenimiento de la resiliencia y a la minimización del riesgo de degradación generalizada. La biodiversidad, tanto en su componente cuantitativo como cualitativo, es una de las variables de estado y sus cambios pueden usarse como indicadores de sustentabilidad del entorno físico y biótico (Halffter *et al.*, 1999).

En este sentido, han aumentado los estudios de la fauna asociada a los agroecosistemas, no solo de los animales que son considerados plagas, sino de todos los que constituyen la agrobiodiversidad. Así también se hace foco en la fauna considerada benéfica y los servicios que la misma provee, como la regulación biótica (control de plagas). Estos estudios suelen ser locales, aunque hay cuestiones que pueden generalizarse o bien extrapolarse para situaciones similares. En general, las líneas de investigación al respecto se han abocado principalmente a los artrópodos, en particular a aquellos que cumplen funciones de enemigos naturales y polinizadores. Sin embargo, hay un importante componente de nuestra fauna asociada a los agroecosistemas que, tal vez por sus hábitos nocturnos, no es visibilizada: los murciélagos. Proponemos aquí observar este componente, conocer cuál es su importancia en el marco de un agroecosistema sustentable y qué cuestiones relacionadas a la estructura y al manejo de un agroecosistema los afectan.

Diversidad de murciélagos

Los murciélagos son mamíferos, es decir, al igual que los humanos, las hembras amamantan a sus crías. Se diferencian de otros mamíferos porque son los únicos capaces de mantener un vuelo activo, gracias a que sus miembros anteriores están modificados como alas. Se reconocen alrededor de 1300 especies (Voigt & Kingston, 2016), que se agrupan en el orden Chiroptera (que significa “mano alada”) que es el segundo orden más diverso de mamíferos a nivel global. Se distribuyen en todo el mundo, excepto en los polos, siendo significativa la riqueza y abundancia de los quirópteros en diferentes ecosistemas terrestres (Medellín *et al.*, 2000). Si bien la mayoría son de hábitos crepusculares y nocturnos, hay especies de hábitos diurnos. Estos últimos pertenecen a la familia Pteropodidae, son conocidos como zorros voladores o “megaquirópteros” y habitan en África, Asia y Oceanía. El resto de los murciélagos, denominados vulgarmente “microquirópteros”, son cosmopolitas. La extraordinaria radiación evolutiva y ecológica de los quirópteros no sólo se evidencia en el número de especies vivientes sino también en los diferentes niveles tróficos que ocupan con diferentes grados de especialización respecto a la alimentación, tipos de hábitats en los cuales viven y refugios que utilizan (Patterson *et al.*, 2003).

Un aspecto importante de la ecología de estos mamíferos es el uso de refugios, ya que un microclima apropiado puede hacer más eficientes procesos como termorregulación, asimilación del alimento, reproducción, gestación, lactancia y cuidado parental (Kunz & Lumsden, 2003). Los murciélagos utilizan una amplia gama de refugios, tanto naturales como

artificiales, generalmente en estructuras a más de un metro y medio del suelo. Algunas especies utilizan plantas, o partes de estas, por ejemplo, hojas, huecos de troncos, espacios debajo de la corteza; otras especies utilizan cavernas, cuevas, grietas en las rocas, o ambos tipos de refugio. Ciertas especies utilizan estructuras humanas, en general, con características similares a ciertos refugios naturales, como casas, galpones, y otros tipos de construcciones. Cada tipo de refugio ofrece ventajas, por ejemplo, las cuevas y estructuras similares brindan mayor estabilidad temporal, menor riesgo de depredación y protección contra la intemperie; mientras que otros refugios externos, como por ejemplo el follaje, tienen una existencia temporal más corta y son más susceptibles a las condiciones climáticas, pero son también más abundantes y fáciles de encontrar (Kunz & Lumsden, 2003). La disponibilidad y el tipo de refugio se fueron modificando a medida que el ser humano fue transformando el ambiente. En este sentido, sólo algunas especies de murciélagos logran persistir en ambientes modificados aprovechando elementos artificiales como refugios (Alberico *et al.*, 2005).

La diversidad de murciélagos también se refleja en la amplia variedad de alimentos en los que se especializan las diferentes especies. Hay murciélagos nectarívoros, frugívoros, insectívoros, hematófagos, piscívoros, carnívoros y omnívoros. Los roles ecológicos que desempeñan los murciélagos en la naturaleza se traducen en importantes prestaciones de servicios ambientales, que incluso en ocasiones se evidencian en la economía humana (Kunz *et al.*, 2011).

Murciélagos de flor en flor

Las especies que se alimentan de néctar colaboran con la polinización de las flores, siendo parte necesaria para la reproducción de ciertas plantas. Más de 50 especies de quirópteros son nectarívoros, los que visitan a más de 750 especies de plantas (Moya & Tschapka, 2007). Las flores quiropterofílicas no tienen colores llamativos, sobresalen por sus olores, que no suelen ser agradables para el humano. Las plantas con estas flores dependen de una o pocas especies de murciélagos para su reproducción, es decir que estos animales son parte fundamental para el mantenimiento de algunos ecosistemas. Existen algunas especies de murciélagos que son imprescindibles para la reproducción de plantas utilizadas por el humano, e incluso ciertas actividades económicas dependen de los murciélagos nectarívoros. En estos últimos casos, algunos trabajos han estimado el valor monetario del servicio que brindan los murciélagos. Sin embargo, hay que considerar que aún en aquellos casos en que las plantas quiropterofílicas cultivadas pueden reproducirse de forma artificial, la polinización de los murciélagos juega un papel clave en el mantenimiento de la diversidad genética de las especies silvestres emparentadas con las formas domésticas, lo que es esencial en el mantenimiento de la seguridad alimentaria futura (Williams-Guillén *et al.*, 2016).

Un caso representativo de plantas quiropterofílicas importantes en la economía es el del durian (*Durio zibethinus*) en el sudeste asiático. El murciélago del amanecer (*Eonycteris spelaea*) es el encargado de la polinización de las flores de este árbol, cuyo fruto es muy valorado en el

mercado de esa región (Bumrungsri *et al.*, 2009). A partir de esta situación, Ghanem & Voigt (2012) calcularon el mercado de los frutos de durián en alrededor de 600 millones de dólares anuales, actividad económica que no sería posible sin el murciélago del amanecer. También en India, distintas especies de pteropodidos polinizan el árbol Mahua (*Madhuca indica*). Este árbol tiene múltiples usos: se utilizan sus flores para hacer una comida y una bebida destilada; se consumen sus frutos secos; se extrae aceite de sus frutos y flores el cual es utilizado en comidas, cosméticos, lubricantes y medicinas; sus semillas se incorporan al alimento del ganado para aumentar la producción de leche; y también es utilizada su madera. Además del servicio económico, existe un importante servicio cultural de este árbol en esa región asiática (Kunz *et al.*, 2011). Por otro lado, el plátano o banano (*Musa spp.*), originario de Asia, y hoy cultivado en áreas tropicales y subtropicales del mundo, es también polinizado por murciélagos.

En América también existen importantes aportes de murciélagos nectarívoros a la economía de la región. Uno es el caso del árbol de “madera balsa” (*Ochroma pyramidale*), originario de América Central y el norte de América del Sur, cuya madera es utilizada en diferentes actividades humanas (aeromodelismo, embarcaciones ligeras, maquetas arquitectónicas, palas de aerogeneradores eléctricos, entre otros). Varios países americanos tienen producciones de esta madera para su exportación a América del Norte y Europa, redituando en importantes transacciones económicas.

Así también, varias especies de cactáceas americanas importantes para la economía regional son polinizadas por murciélagos. Por ejemplo, el cactus del género *Hylocereus*, cuyo fruto se denomina pitahaya y es comercializado para consumo (Williams-Guillén *et al.*, 2016). Otro caso emblemático ocurre en México con las plantas de ágave (*Agave spp.*) y sus polinizadores principales, los murciélagos del género *Leptonycteris* (Moya & Tschapka, 2007; Williams-Guillén *et al.*, 2016). Una de las especies de ágave (*Agave tequilana*) es la planta a partir de la cual se elabora el tequila, mientras que a partir de otras especies se producen otras bebidas destiladas tradicionales como el mescal y el pulque. Además, de estas plantas se obtiene el hilo sisal para distintos tipos de sogas y tejidos. El ágave o maguey es un recurso muy importante para la cultura mexicana desde tiempos prehispánicos, y en la actualidad, a los usos tradicionales se suma una importante industria alrededor del tequila. Esta situación fue abordada de manera positiva desde el Programa de Conservación de los Murciélagos de México, que desarrolló diferentes estrategias de comunicación para la conservación de los murciélagos del género *Leptonycteris* exponiendo los beneficios que brindan.

Murciélagos frugívoros

Los murciélagos frugívoros también son especies clave en distintos ecosistemas, ya que consumen los frutos y dispersan sus semillas, a veces a unos pocos metros de la planta madre y otras a varios kilómetros. Además, para ciertas semillas el paso por el tracto digestivo de los murciélagos y el hecho de ser depositada con otros componentes de las heces es lo que facilita

su germinación. En las selvas y bosques del neotrópico los murciélagos frugívoros dispersan principalmente semillas de plantas pioneras (*Piper* spp., *Cecropia* spp., *Vismia* spp., *Solanum* spp., entre otras). Esto es fundamental para la regeneración de los ecosistemas en áreas perturbadas y ambientes fragmentados (Arteaga, 2007). Por ejemplo, claros en los bosques debido a la tala o zonas que habían sido desmontadas para un uso agropecuario y luego son abandonadas, pueden comenzar a ser restauradas de manera natural gracias a los murciélagos frugívoros.

En las selvas paleotropicales los pteropodidos dispersan frutos de más de 180 plantas que son utilizadas por el humano (Aziz *et al.*, 2016). Por ejemplo, los murciélagos del género *Cynopterus* en la región Indomalaya diseminan el almendro tropical (*Terminalia catappa*), que las comunidades costeras de la región utilizan para obtener leña, frutos, maderas para muebles, y cuyas hojas tienen usos medicinales (Kunz *et al.*, 2011). En esta región se comprobó que los murciélagos son dispersores de semillas más efectivos que las aves en los bosques cercanos a áreas urbanas. Muchos pájaros “perchan” en construcciones defecando en lugares inviables para las semillas, en cambio los murciélagos defecan volando o en perchas naturales lo que facilita la germinación de las semillas (Raghuram *et al.*, 2011).

Sin embargo, los beneficios que nos brindan los murciélagos frugívoros son menos visibles que los problemas que a veces pueden ocasionar en cultivos de frutales. Tal es el caso de *Pteropus niger* en la Isla de Mauricio, donde Nyhagen *et al.* (2005) estudiaron y comprobaron el rol que cumple esta especie de quiróptero en la regeneración de los bosques de la isla. A pesar de esto, los productores de frutos de la isla ven a los murciélagos como plagas y el gobierno apoya las matanzas que se realizan sobre estos animales. Esta situación está llevando a la extinción a esta especie endémica de Mauricio, que en la actualidad se encuentra categorizada como “en peligro” por la IUCN. Cabe mencionar que esta especie ya se extinguió en la isla Reunión del mismo archipiélago por causas humanas.

Hay, además, otras formas de manejar estas situaciones, en las que los murciélagos son considerados plagas, sin eliminarlos. Por ejemplo, con el uso de redes que protejan los árboles, envoltorios para los frutos u ofreciendo un alimento más apetitoso para los animales (Aziz *et al.*, 2016). *Cynopterus sphinx* es una de las especies de pteropodidos que ocasionan daños en los viñedos, cultivos de café y otras producciones en India (Chakravarthy & Girish, 2003; Uma *et al.*, 2014). Frente a este problema, Singaravelan & Marimuthu (2006) demostraron que los frutos de la planta *Muntingia calabura* atraen más a estos murciélagos que los cultivos, y de este modo se reduce el daño ocasionado en las producciones. Un ejemplo más de que hay otras opciones para el manejo de situaciones conflictivas con murciélagos que permiten compatibilizar la producción y la conservación de la biodiversidad.

Vampiros

Afortunadamente en América no hay registros de daños a cultivos por los murciélagos frugívoros, aunque se presentan otras problemáticas con los productores debido a los murciélagos

sanguívoros. Estos murciélagos, comúnmente denominados vampiros, son endémicos de América. De las más de 1300 especies de quirópteros que hay en el mundo, solo tres se alimentan de sangre. De estas tres especies, dos se pueden encontrar en el país, y solo *Desmodus rotundus* se distribuye de manera amplia, desde el norte hasta el centro de Argentina. Esta especie de quiróptero se alimenta principalmente de grandes mamíferos, los cuales han visto disminuidas sus poblaciones a partir de la conquista española debido a la caza y a la conversión de selvas y bosques para el uso agropecuario. Sin embargo, la introducción de ganado vacuno y equino en América permitió que los individuos de *D. rotundus* consigan alimento de manera sencilla. Es decir que esta especie de murciélago se beneficia de esta actividad humana e incluso la distribución de esta especie de quiróptero se amplió gracias a la expansión del ganado (Williams-Guillén *et al.*, 2016).

Esto genera grandes conflictos con los productores pecuarios en las áreas donde esta especie de vampiro se encuentra presente. El principal inconveniente que comentan los productores es la transmisión de la rabia, lo cual genera grandes pérdidas económicas. Si bien hay vacunas para evitar la enfermedad, las mismas son costosas. Un análisis de los costos/beneficios de la vacunación indicaría que es más barato para el productor perder un cierto número de cabezas de ganado en los brotes rábicos (que ocurren de manera cíclica) que vacunar a todo su ganado (Gabriel Russo com. pers., 2016). Incluso cuando no hay un brote rábico, también ocasiona molestias el tema de las heridas que generan para alimentarse, que pueden infectarse, y el hecho de que se alimenten de un mismo animal durante varios días provocando disminución del peso del ganado. Estos problemas, sumados a los mitos que en general existen sobre los murciélagos, predisponen de muy mala manera a los productores pecuarios que ven como única opción la eliminación de los murciélagos. Esto repercute en todas las especies de quirópteros, ya que generalmente los productores no diferencian entre los vampiros y las especies benéficas, y destruyen cualquier colonia de murciélagos. Por lo tanto, es necesario generar una conciencia conservacionista en los productores para que comprendan no solo cuál es el rol de los diferentes componentes de los ecosistemas, sino también el impacto que genera su propia producción.

Cazadores de insectos

Hemos comentado sobre los murciélagos nectarívoros y frugívoros, y la importancia de sus funciones regulatorias en los ecosistemas. Sin embargo, hay que destacar que alrededor del 70% de las especies de murciélagos se alimentan de insectos, siendo, además, los miembros de este gremio trófico los que tienen la más amplia distribución global (Kunz *et al.*, 2011). Esto se debe a que en los albores de su historia evolutiva los murciélagos eran insectívoros, incluso se han encontrado fósiles de murciélagos del Eoceno temprano (ca. 50 millones de años) con restos de insectos consumidos (Simmons & Conway, 2003). Los murciélagos insectívoros juegan un papel fundamental como reguladores de las poblaciones de insectos en ambientes naturales,

siendo incluso más efectivos que las aves insectívoras (Kalka *et al.*, 2008). Además, muchas especies incluyen otros artrópodos en su dieta, como arañas, escorpiones, ciempiés, entre otros.

En la actualidad hay un creciente interés mundial sobre el rol de los murciélagos insectívoros debido a que pueden actuar como controladores biológicos de insectos, lo que es compatible con un modelo de agricultura sustentable. Una idea generalizada sobre el tema indica que un murciélago pequeño puede consumir hasta 1200 insectos del tamaño de un mosquito por hora (Aguirre, 2007). Aunque esto puede variar de acuerdo con las especies de murciélagos y sus hábitos de alimentación.

Uno de los temas que interesan desde hace tiempo es el control sobre insectos vectores de enfermedades que afectan al humano (Alberico *et al.*, 2005). No solo es importante el estudio de la dieta de los murciélagos en particular, sino también otras cuestiones de la relación depredador-presa. En este sentido, el trabajo de Gonsalves *et al.* (2013) en Australia demuestra que la actividad de murciélagos insectívoros en un sitio varía en relación a la disponibilidad de los mosquitos transmisores de enfermedades, lo que indica un buen control de estos insectos por parte de los murciélagos. Otro ejemplo es el trabajo experimental de Reiskind & Wund (2009) desarrollado en América del Norte con murciélagos de la especie *Myotis septentrionalis* y mosquitos del género *Culex*. En este trabajo se verificó que la oviposición por parte de las hembras de mosquito disminuye cuando en el mismo sitio hay murciélagos volando y buscando alimento. De esta manera tenemos una idea más integral del rol de los murciélagos en la regulación de las poblaciones de insectos.

Por otra parte, numerosos estudios destacan la importancia de los murciélagos como controladores de insectos plagas de cultivos, lo cual se refleja en las referencias citadas en Kunz *et al.* (2011) y Williams-Guillén *et al.* (2016). Muchos de los trabajos son estudios de dieta de murciélagos a partir del análisis de heces mediante técnicas tradicionales en las que se identifican las partes de los insectos consumidos bajo lupa estereoscópica, y de este modo se ha constatado que consumen grupos de insectos considerados generalmente como plagas de cultivos. Desde hace unos años, mediante técnicas moleculares se ha confirmado el consumo de especies de insectos consideradas plagas de la agricultura. Por ejemplo, se conoce que la especie *Tadarida brasiliensis* en América del Norte consume las polillas *Helicoverpa zea* y *Spodoptera frugiperda* que son consideradas importantes plagas en los cultivos de maíz (Lee & Mc Cracken, 2005).

Tadarida brasiliensis es una especie gregaria que puede formar colonias muy numerosas, habiéndose registrado algunas de varios millones de individuos. Cada ejemplar adulto de la especie pesa alrededor de 14 gramos, y se ha calculado que cada individuo consume la mitad de su peso en insectos por noche, aunque una hembra durante el período de lactancia puede consumir el 75% de su peso en insectos. Por lo tanto, una colonia de maternidad de un millón de hembras puede consumir más de ocho toneladas de insectos por noche (Kunz *et al.* 2011). En promedio los insectos que consumen (principalmente polillas y escarabajos) pesan entre 0,005 y 1 gramos, por lo que la colonia de murciélagos está consumiendo varios millones de insectos por noche. Con estos datos, y considerando que hay grandes colonias de *T. brasiliensis* en el norte de México y sur de Estados Unidos, se ha calculado en términos cuantitativos y económicos

cuál es el servicio que prestan estos murciélagos (Cleveland *et al.*, 2006; Boyles *et al.*, 2011). De esta manera se acerca a los productores una idea de lo que se ahorran en pesticidas, ya que con la presencia de los murciélagos se reduce la cantidad de agroquímicos y las frecuencias de las fumigaciones (Williams-Guillén *et al.*, 2016).

Además de alimentarse de los insectos adultos, los murciélagos brindan beneficios para los cultivos de otras formas. Por ejemplo, se ha demostrado mediante experimentos en cultivos de maíz que en aquellas parcelas donde eran excluidos los murciélagos, había mayor densidad de larvas de insectos e infección del maíz por los hongos asociados a los insectos (Maine & Boyles, 2015). Es decir, que permitir la actividad de los murciélagos en las áreas de cultivos desencadena una serie de sucesos en la regulación de los herbívoros que favorece a las plantas. En este trabajo también se calculó el dinero que deberían invertir los productores en fungicidas si desaparecieran los quirópteros de la zona. Sin embargo, el principal beneficio que se obtiene del servicio que brindan los murciélagos es más importante en otras esferas distintas del económico. Si bien el uso de insecticidas es efectivo para reducir larvas de insectos plaga, los mismos tienen otros importantes costos, como los efectos que generan en la salud y el ambiente (Williams-Guillén *et al.* 2016).

Como si los beneficios que ofrecen fueran pocos, cabe destacar que el guano de los murciélagos insectívoros es muy rico en nitrógeno y fósforo, lo que lo convierte en un excelente fertilizante. Por ejemplo, en la Isla de Mona en Puerto Rico hay varias cuevas que son refugios de murciélagos y desde mediados de 1800 a principios de 1900 se realizó una extracción de tipo minera de este guano (Frank, 1998). Aunque este tipo de extracción fue intensiva y esto genera ciertos problemas ambientales, si se toman ciertos recaudos puede retirarse el guano acumulado en los refugios para ser utilizado como fertilizante en cultivos. Incluso si se busca en Internet pueden encontrarse distintos fertilizantes a base de guano de murciélagos que son comercializados (Kunz *et al.*, 2011).

Murciélagos en Argentina

El elenco de murciélagos en Argentina se compone de alrededor de 67 especies de murciélagos (Teta *et al.*, 2018) distribuidas en cuatro familias: Noctilionidae, los murciélagos pescadores; Phyllostomidae (Fotos 10.1 y 10.2), los murciélagos de hoja nasal; Vespertilionidae, los murciélagos vespertinos (Fotos 10.3, 10.4, 10.5 y 10.6); y Molossidae, los murciélagos cola de ratón (Foto 10.7). La diversidad de murciélagos en Argentina decrece de norte a sur, siguiendo la regla del aumento de riqueza de mamíferos al disminuir la latitud. El norte del país presenta una amplia variedad de ambientes y mayores temperaturas favoreciendo la diversidad de quirópteros, con representantes de las cuatro familias. Específicamente de la familia Phyllostomidae hay una gran diversidad y abundancia de especies frugívoras y nectarívoras, y el caso particular del vampiro *Desmodus rotundus* cuya distribución alcanza el centro del país. Desde el centro al sur del país dominan, en cuanto a diversidad y abundancia, las familias Molossidae y Vespertilionidae. Ambas familias están integradas por murciélagos exclusivamente insectívoros.



Foto 10.1. *Glossophaga soricina* (familia Phyllostomidae), un murciélago nectarívoro, utilizando una construcción en desuso a modo de refugio en la provincia de Misiones (Autor: Germán Tettamanti).



Foto 10.2. *Platyrrhinus lineatus* (familia Phyllostomidae), un murciélago frugívoro que habita en el extremo noreste de Argentina, utilizando el techo de una construcción como refugio (Autor: Germán Tettamanti).



Foto 10.3. *Lasiurus blossevillii* (familia Vespertilionidae), un murciélago insectívoro, “perchando” en una planta del parque de una casa de la provincia de Buenos Aires (Autor: Germán Tettamanti).



Foto 10.4. *Lasiurus (Dasypterus) ega* (familia Vespertilionidae), un murciélago insectívoro, fotografiado en la provincia de Buenos Aires (Autor: Germán Tettamanti).



Foto 10.5. *Eptesicus furinalis* (familia Vespertilionidae), un murciélago insectívoro, capturado en un campo de la provincia de Buenos Aires y colocado sobre un tronco para su liberación (Autor: Germán Tettamanti).



Foto 10.6. *Myotis dinellii* (familia Vespertilionidae) volando en el interior de su refugio, una construcción abandonada en la provincia de Buenos Aires (Autora: M. Ayelen Lutz).



Foto 10.7. *Molossus molossus* (familia Molossidae), un murciélago insectívoro, capturado en el delta de Entre Ríos, (Argentina) y colocado sobre una planta para su liberación (Autora: M. Ayelen Lutz).

Si bien el interés científico por los murciélagos de nuestro país comienza hace varias décadas, y en la actualidad existe un gran acervo de literatura científica sobre los quirópteros en Argentina, la mayor parte del mismo está referido a cuestiones de sistemática, distribución, o ecología en áreas naturales. De manera también asimétrica, la mayoría de los proyectos de investigación se desarrollan en la región norte, y en menor medida en el centro y sur del país. Pocos son los trabajos que se han desarrollado en áreas productivas, y de estos hay un sesgo relacionado a la problemática del vampiro en producciones pecuarias. Son escasos los estudios sobre murciélagos que han sido desarrollados en agroecosistemas, y sobre todo en la región pampeana que es una de las principales regiones agroproductivas del país.

Esta cuestión puede deberse a que no es tan fácil trabajar con este grupo faunístico. El método tradicional es el empleo de redes de niebla (redes de hilos finos y malla pequeña) para la captura de ejemplares (Fotos 10.8 y 10.9). Las redes deben ser colocadas al atardecer y se deben mantener abiertas durante la noche (o al menos durante parte de la misma). No funcionan en áreas abiertas (por ejemplo, en el medio de un campo de cultivo) porque los murciélagos las detectan y esquivan, por lo que hay que buscar zonas con arboledas o construcciones. Además, las redes deben ser revisadas cada media hora aproximadamente, por dos cuestiones: en primer lugar porque es un motivo de estrés para los murciélagos, y en segundo lugar porque muchos muerden las redes y pueden escapar. Es decir que las personas que estén realizando el trabajo deben quedarse cerca del lugar donde se colocaron las redes durante la noche, por lo que no es fácil conseguir los permisos correspondientes. Pero para muchos estudios es imprescindible la captura de los animales, ya que es el único modo en que se puede obtener datos como el sexo, condición reproductiva, edad relativa, medidas morfológicas, así

como obtener otras muestras como por ejemplo de heces. Por otro lado, desde hace varios años se han desarrollado detectores de ultrasonidos, que se han ido perfeccionando, y permiten conocer qué especies hay en un sitio y estimar la actividad de los murciélagos. Sin embargo, esta tecnología no es tan accesible y se utiliza hace muy pocos años en nuestro país. A pesar de las limitaciones en las metodologías de muestreo, se han emprendido algunos trabajos en la región pampeana de nuestro país (ver Lutz, 2014).



Foto 10.8. Colocación de una red de niebla en un campo (Autor: Esteban Soibelzon).



Foto 10.9. Individuo de la especie *Tadarida brasiliensis* (familia Molossidae) capturado en una red de niebla (Autor: Esteban Soibelzon).

Murciélagos en agroecosistemas pampeanos

Conociendo el rol que ocupan los murciélagos insectívoros en otras regiones, sería muy importante conocer cuál es la diversidad de este componente en los agroecosistemas pampeanos, es decir qué especies y que abundancia de cada una encontramos en estos ambientes. Asimismo, es importante evaluar qué características del diseño y el manejo de una finca permiten mantener un ensamble de murciélagos en la región pampeana. Para comenzar a responder alguna de estas cuestiones se llevó a cabo el trabajo “Conservación de murciélagos en agroecosistemas pampeanos: su importancia para el logro de sistemas agrícolas sustentables” (D’occhio, 2018). El objetivo principal del trabajo fue poner a prueba un conjunto de indicadores sencillos para estimar la presencia y actividad de murciélagos en agroecosistemas de la Pampa Ondulada.

La construcción de los indicadores se realizó en base a la metodología propuesta por Sarandón & Flores (2014b). Se consideraron tres recursos principales que permiten la presencia de los murciélagos: alimento, agua y refugio. También se tuvo en cuenta la valoración cultural. Se construyeron cuatro indicadores: Agua, Refugio, Cultura y Manejo. Estos indicadores se evaluaron dentro de los límites de las fincas y, en el caso de Agua y Refugio, también en los alrededores, en el paisaje circundante. Los valores de cada indicador variaron entre 0 y 3, siendo este último el valor que señala las mejores condiciones para la presencia y actividad de murciélagos.

La presencia de cuerpos de agua para beber y de estructuras que puedan ser usadas como refugios son considerados como elementos importantes que favorecen la presencia de murciélagos. Los refugios naturales son cuevas o árboles. La cantidad y disposición de la vegetación es importante, y los quirópteros utilizan como refugio tanto especies nativas como exóticas. En el área de estudio no hay cuevas o cavernas, pero si construcciones que cumplen una función similar y son los refugios artificiales. Los tipos de construcciones, así como la cantidad y disposición de estas, son elementos fundamentales. En lo que respecta a los cuerpos de agua, tanto naturales como artificiales, y la presencia de refugios se consideraron tanto aquellos en el territorio del campo como en el área circundante. Por otro lado, el manejo que hacen los productores es un modo indirecto de estimar la disponibilidad de alimento. Esto se deriva de que la diversidad y abundancia de insectos será mayor si hay diversidad de cultivos y de vegetación espontánea, y si se evita la aplicación de pesticidas. Se ha comprobado que la diversidad y la actividad de murciélagos en cultivos convencionales es menor que en los cultivos orgánicos, es decir que el uso de agroquímicos también impacta de manera negativa este componente de la biota (Wickramasinghe *et al.*, 2003). También se tuvo en cuenta la valoración cultural que consistió en la realización de entrevistas a productores y/o dueños de las fincas para conocer la percepción que tienen de los murciélagos, lo cual está relacionado a si aprueban y favorecen o no la permanencia de colonias en las fincas.

Para el trabajo de campo se seleccionaron tres fincas establecidas en la Pampa Ondulada, dos de ellas en el partido de La Plata (“San Francisco” y “Santa Ana”) y una en la localidad

General Mansilla (“Las 3 G”), partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires. El campo “San Francisco” se ubica en una zona rural, tiene unas 40 hectáreas donde principalmente se desarrolla el cultivo de kiwi dispuesto en cuadros. El tambo “Santa Ana” es un campo de 300 hectáreas que limita por un lado con una urbanización de casas bajas y en otro alcanza un arroyo. En el campo se cultivan especies forrajeras y se dejan pasturas naturales con las que se alimenta el ganado bovino que mantienen para la producción de leche. La finca “Las 3 G” es un emprendimiento agroecológico de 11,8 hectáreas en un área rural. Tiene una gran variedad de cultivos de verduras y frutas, y animales domésticos como ovejas, gallinas y caballos. La aplicación de los indicadores señaló diferencias entre las tres fincas analizadas (Fig. 10.1). La finca “San Francisco” obtuvo valores bajos y medios para todos los indicadores. “Las 3 G” tuvo valores altos para los indicadores de manejo y cultural, pero no para los indicadores de agua y refugio. El tambo “Santa Ana” mostró resultados altos para todos los indicadores. El valor promedio de los indicadores para cada finca fueron los siguientes: “San Francisco” 1,09; “Las 3 G” 1,63; y “Santa Ana” 2,4.

Para comprobar si los indicadores reflejaban o estimaban correctamente la presencia y actividad de murciélagos, se realizaron muestreos nocturnos con redes de niebla durante el período comprendido entre enero y marzo del año 2018. Se llevaron a cabo cinco noches de muestreos en cada campo, dos noches completas, desde la puesta de sol hasta el amanecer, y tres noches desde la puesta de sol hasta la medianoche aproximadamente. Cada ejemplar capturado fue identificado, y se registró sexo, edad relativa y peso. Además, se recolectaron las heces para el análisis de dieta mediante la identificación de los componentes bajo lupa binocular.

En total se capturaron e identificaron 63 ejemplares de murciélagos pertenecientes a seis especies, tres de la familia Molossidae (*Eumops bonariensis*, *Molossus molossus* y *Tadarida brasiliensis*) y tres de la familia Vespertilionidae (*Eptesicus furinalis*, *Lasiurus blossevillii* y *Myotis dinellii*). Con respecto a la abundancia, en la finca “San Francisco” solo se capturaron cinco ejemplares de tres especies, en “Las 3 G” se capturaron 21 individuos de tres especies, y en el tambo “Santa Ana” 38 ejemplares de cuatro especies (Tabla 1). La riqueza específica (S) es el número total de especies obtenido a partir de muestreos en la comunidad. Para la finca “San Francisco” y “Las 3 G” el resultado fue el mismo, mientras que para la finca “Santa Ana” fue mayor. Por otro lado, el índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Por ejemplo, la finca “San Francisco” obtuvo el menor valor, debido a que no hay una especie dominante sobre otra (solo se capturaron tres especies y pocos ejemplares de cada una) por lo tanto fue el más equitativo.

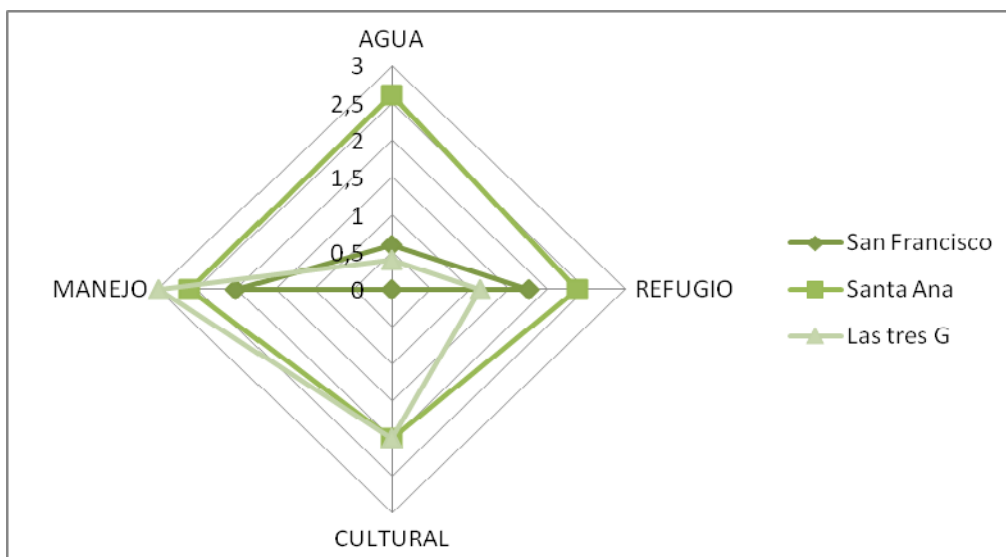


Fig. 10.1. Representación gráfica de los indicadores de las fincas estudiadas. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad, el intermedio el valor umbral, y el interior representa el valor más bajo de sustentabilidad.

Tabla 10.1. Número de especies (S), número total de individuos capturados (Total individuos), valor del índice de dominancia (Índice de Simpson) y valor del indicador de presencia y actividad de murciélagos (Indicador) para cada finca.

Finca	S	Total individuos	Índice de Simpson	Indicador
San Francisco	3	5	0,36	1,09
Las 3 G	3	21	0,61	1,63
Santa Ana	4	38	0,45	2,4

La mayor abundancia y riqueza de especies fue encontrada en la finca “Santa Ana”, lo que coincide con los valores de los indicadores, señalando que estos resultan en un buen estimador de la posibilidad de encontrar murciélagos en las fincas. El predio “Santa Ana” presenta una mayor cantidad de construcciones y galpones en su interior, sumado a que preserva parte de la vegetación nativa y también contiene grandes arboledas de diferentes especies exóticas, lo que aumenta la posibilidad de que los murciélagos encuentren refugio. También es favorable la presencia de un arroyo en la finca. En cambio “Las 3 G” y “San Francisco” no presentan ningún tipo de cuerpo de agua natural en su interior o en el contexto delimitado en el trabajo (solo contienen bebederos de animales). Sin embargo, en la finca “Las 3 G” también se registró una abundancia relativamente elevada. Esto podría señalar que este indicador no es tan limitante como el refugio, o que los murciélagos recorren distancias mayores hasta alcanzar cuerpos de agua, lo cual podría considerarse al momento de valorar el componente “agua en contexto”. En decir que es importante considerar el paisaje circundante.

En cuanto a la dieta, se determinó que el orden de insectos más consumido por los murciélagos fue Coleoptera (39% de las heces analizadas), seguido de Lepidoptera y Diptera (31% cada orden), y por último, Hemiptera (apareció en menos de un 5%). Los órdenes de

insectos que fueron encontrados en los análisis incluyen especies que pueden ser perjudiciales para los cultivos en la región. Por lo tanto, los quirópteros estarían ejerciendo un control biológico sobre insectos considerados plagas, reforzando la importancia como controladores biológicos en los agroecosistemas.

La diversidad y abundancia de los murciélagos coincidieron con los valores de los indicadores, señalando que resultan buenos estimadores de las condiciones necesarias para su presencia y actividad. De esta manera se puede medir la capacidad de una finca para sostener un ensamble de murciélagos. El desarrollo de estrategias de manejo de las fincas que favorezcan la presencia de murciélagos plantea una alternativa natural al uso intensivo de insecticidas en los cultivos. Los/as productores/as son quienes tienen en sus manos la posibilidad de generar cambios en los indicadores de sus fincas, por lo tanto, es importante trabajar con ellos en la valoración y percepción sobre los quirópteros. La conservación de este grupo beneficia de manera mutua la economía de los/as productores/as y la sostenibilidad del agroecosistema.

La cuestión social en la conservación de la biodiversidad

Las posibles enfermedades y los mitos contruidos alrededor de los murciélagos han forjado una percepción negativa de la cultura occidental sobre estos animales (Galarza & Aguirre, 2007). Como consecuencia, los murciélagos son combatidos, tanto en áreas urbanas como rurales, muchas veces aumentando las probabilidades de contagio de enfermedades y sin considerar los servicios ambientales que prestan. Cualquier descenso sustancial de las poblaciones de murciélagos insectívoros puede tener consecuencias en la agricultura y la economía local debido al importante consumo de artrópodos que realizan (Boyles *et al.*, 2011). Asimismo, un declive de las poblaciones de este grupo podría afectar a la salud pública, no sólo porque consumen insectos vectores de enfermedades, sino porque aumentaría el uso de pesticidas (Alberico *et al.*, 2005). Profundizar el conocimiento acerca de la diversidad y ecología de los murciélagos, y su relación con el humano, ayudará a compatibilizar el interés sanitario y de conservación de los murciélagos. En el caso de los agroecosistemas, el desarrollo de estrategias de manejo de las fincas que integren a los murciélagos como componentes de la diversidad funcional plantea una alternativa natural al uso intensivo de insecticidas en los cultivos que impactan negativamente en el ambiente.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuáles son las principales funciones ecológicas que pueden prestar los murciélagos en los sistemas de producción agropecuaria?*
2. *¿Qué recursos son necesarios para asegurar la presencia y actividad de los murciélagos?*

3. ¿Qué problemas pueden presentarse con ciertos grupos de murciélagos en los cultivos? ¿Cómo pueden manejarse esos problemas?
4. ¿Cuál es la importancia de los murciélagos en un modelo de agricultura más sustentable, basado en un menor uso de pesticidas?
5. ¿Qué características debe tener un agroecosistema para favorecer su presencia?
6. ¿Qué prácticas agrícolas pueden disminuir o afectar la presencia de murciélagos insectívoros?
7. ¿Cómo puede conocerse la diversidad y actividad de murciélagos en un sitio?
8. ¿Es importante la presencia de murciélagos en los agroecosistemas pampeanos?
9. ¿Pueden establecerse algunos indicadores sencillos para evaluar la posibilidad de su presencia y actividad en los agroecosistemas?
10. ¿Por qué es importante trabajar con los/las productores/as para la conservación de los murciélagos?

Referencias

- Aguirre LF (2007) Aspectos generales de los murciélagos de Bolivia. En Aguirre LF (Ed), *Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia* (3-86). Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra.
- Alberico M, CA Saavedra-R & H García-Paredes (2005) Murciélagos caseros de Cali (Valle del Cauca- Colombia). *Caldasia*, 27: 117-126.
- Arteaga LL (2007) Dispersión de semillas por murciélagos en ambientes fragmentados. En Aguirre LF (Ed), *Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia* (29-32). Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra.
- Aziz SA, KJ Olival, S Bumrungsri, GC Richards & PA Racey (2016) The conflict between Pteropodid bats and fruit growers: Species, legislation and mitigation. En Voigt CC & Kingston T (Eds), *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World* (377- 426). Springer Open.
- Bastian O (2013) The role of biodiversity in supporting ecosystem services in Natura 2000 sites. *Ecological Indicators*, 24: 12-22.
- Boyles JG, PM Cryan, GF McCracken & TH Kunz (2011) Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332: 41-42.
- Bumrungsri S, E Sripaoraya, T Chongiri, JK Sridith & PA Racey (2009) The pollination ecology of durian (*Durio zibethinus*, Bombacaceae) in southern Thailand. *J Trop Ecol*, 25: 85-92.
- Cleveland CJ, M Betke, P Federico, JD Frank, TG Hallam, J Horn, JD López Jr, GF McCracken, RA Medellín, A Moreno-Valdez & TH Kunz (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 238-243.

- Chakravarthy AK & AC Girish (2003) Crop protection and conservation of frugivorous bats in orchards of hill and coastal regions of Karnataka. *Zoos' Print Journal*, 18: 1169-1171.
- D'occhio M (2018) *Conservación de murciélagos en agroecosistemas pampeanos: su importancia para el logro de sistemas agrícolas sustentables*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ambiente y Turismo, UN Avellaneda. Buenos Aires, Argentina. 61 p.
- Frank EF (1998) History of the Guano Mining Industry, Isla de Mona, Puerto Rico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60(2): 121-125.
- Galarza MI & LF Aguirre (2007) Conservación de los murciélagos de Bolivia. En Aguirre LF (Ed), *Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia* (89-138). Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra.
- Ghanem SH & CC Voigt (2012) Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. *Adv Study Behav*, 44: 279-302.
- Gonsalves L, S Lamb, C Webb, B Law & V Monamy (2013) Do mosquitoes influence bat activity in coastal habitats? *Wildlife Research*, 40(1): 10-24.
- Haines Young R (2009) Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26: 178-186.
- Halffter G, J Morello, SD Matteucci & OT Solbrig (1999) La biodiversidad y el uso de la tierra. En Matteucci SD, Solbrig OT, Morello J & Halffter G (Eds), *Biodiversidad y uso de la tierra Conceptos y ejemplos de Latinoamérica* (17-27). EUDEBA, Buenos Aires.
- Kalka MB, AR Smith & EKV Kalko (2008) Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science*, 320: 71.
- Kunz TH & LF Lumsden (2003) Ecology of cavity and foliage roosting bats. En Kunz TH & Fenton MB (Eds), *Bat ecology* (3-89). University of Chicago Press, Chicago.
- Kunz TH, E Braun de Torrez, D Bauer, T Lobova & TH Fleming (2011) Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Science*, 1223: 1-38.
- Lee YF & GF McCracken (2005) Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects. *Journal of Mammology*, 86: 67-76.
- Lutz MA (2014) *Relación de los ensambles de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) y el uso de la tierra en el noreste de la región Pampeana de Argentina*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UN La Plata. Buenos Aires, Argentina. 219 p.
- Maine JJ & JG Boyles (2015) Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (40) 12438-12443.
- Medellín RA, M Equihua & MA Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology*, 14: 1666-1675.
- Moya IM & M Tschapka (2007) Los murciélagos como polinizadores efectivos. En Aguirre LF (Ed), *Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia* (34-39). Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra.
- Nyhagen DF, SD Turnbull, JM Olesen & CG Jones (2005) An investigation into the role of the Mauritian flying fox, *Pteropus niger*, in forest regeneration. *Biological Conservation*, 122 (3): 491-497.

- Patterson BD, MR Willig & RD Stevens (2003) Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. En Kunz TH & Fenton MB (Eds), *Bat Ecology* (536-579). University of Chicago Press, Chicago.
- Raghuram H, N Singaravelan, PT Nathan, KE Rajan & G Marimuthu (2011) Foraging Ecology of Pteropodid Bats: Pollination and Seed Dispersal. En Zupan J & Mlakar SL (Eds), *Bats: biology, behavior and conservation* (177-188). Nova Science Publishers, Nueva York.
- Reiskind MH & MA Wund (2009) Experimental assessment of the impacts of northern long-eared bats on ovipositing *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitos. *J Med Entomol*, 45 (5): 1037-1044.
- Sarandón SJ & CC Flores (2014a) La insustentabilidad del modelo agrícola actual. En Sarandón SJ y Flores CC (Eds) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (13-41). EDULP, La Plata.
- Sarandón SJ & CC Flores (2014b) Análisis y evaluación de agroecosistemas: Construcción y aplicación de indicadores. En Sarandón SJ y Flores CC (Eds) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (375-410). EDULP, La Plata.
- Simmons NB & TM Conway (2003) Evolution of ecological diversity in bats. En Kunz TH & Fenton MB (Eds), *Bat Ecology* (493-535). University of Chicago Press, Chicago.
- Singaravelan N & G Marimuthu (2006) *Muntingia calabura* -an attractive food plant of *Cynopterus sphinx*- deserves planting to lessen orchard damage. *Acta Chiropterologica*, 8 (1): 239-245
- Teta P, AM Abba, G Cassini, D Flores, CA Galliari, SO Lucero & M Ramírez (2018) Lista revisada de los mamíferos de Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 25(1):163-198.
- Uma MS, BV Ranjeeth Kumar, P Abdul Rahiman, PK Vinod Kumar & N Ramamurthy (2014) A note on bat, *Cynopterus sphinx* (Vahl) damage to robusta coffee (*Coffea canephora*) plants in Kodagu, Karnataka, India. *Pest management in Horticultural Ecosystems*, 20 (1): 92-94.
- Voigt CC & T Kingston (2016) Bats in the Anthropocene. En Voigt CC & Kingston T (Eds), *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World* (1-13). Springer Open.
- Wickramasinghe L, S Harris, G Jones & N Vaughn (2003) Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *J Appl Ecol*, 40: 984-993.
- Williams-Guillén K, E Olimpi, B Maas, PJ Taylor & R Arlettaz (2016) Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes. En Voigt CC & Kingston T (Eds), *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World* (151-186). Springer Open.

CAPÍTULO 11

La diversidad del paisaje y su importancia en los agroecosistemas

Carolina Baldini

El mundo que queremos es uno donde quepan muchos mundos

EJÉRCITO ZAPATISTA DE LIBERACIÓN NACIONAL, 1996

Introducción

En el presente capítulo se pretende reflexionar sobre la importancia de la biodiversidad a escala de paisaje y su rol para lograr agroecosistemas sustentables. Para ello comenzaremos abordando algunas preguntas introductorias, entre ellas ¿qué entendemos por diversidad de paisaje? ¿qué funciones cumple la diversidad de paisaje? ¿qué beneficios nos brinda esa diversidad? ¿qué rol juega la diversidad de paisaje en relación a la actividad productiva?. Luego exploraremos algunas formas de evaluar la biodiversidad en un paisaje determinado y diversas estrategias para mantener y/o promover la diversidad de paisaje. Finalmente abordaremos brevemente el estado actual de la diversidad de paisaje a nivel mundial y en Argentina, para terminar analizando la situación de los paisajes urbanos y periurbanos, principales asentamientos de la producción hortícola.

En los últimos años, los problemas vinculados a la producción de alimentos están tomando cada vez más relevancia. Las promesas que acompañaron la instalación del modelo productivo de la Revolución Verde (ej. paliar el hambre en el mundo, resolver los problemas de plagas y malezas) no han sido cumplidas; en cambio cada vez son más evidentes las consecuencias negativas económicas, ambientales y sociales de este modelo, entre las que podemos mencionar el incremento de la dependencia de insumos externos, la degradación y contaminación ambiental, el riesgo para la salud de productores y consumidores, la pérdida de prácticas y saberes ancestrales, la pérdida de biodiversidad, entre otras. Esta situación se ha tornado tan evidente y grave, que incluso quienes por mucho tiempo promovieron este modelo de producción, hoy en día reconocen la necesidad de pensar nuevas estrategias que permitan prescindir del uso de agroquímicos y que incorporen el aprovechamiento de ciertas funciones y servicios ecosistémicos que nos brinda la naturaleza y que son de gran utilidad para la actividad productiva. El desarrollo de agroecosistemas sustentables implica incorporar prácticas productivas que preserven y potencien los procesos de la naturaleza, para garantizar las funciones y servicios ecosistémicos requeridos para la producción de alimentos sanos; para ello,

como veremos a lo largo de este libro, la biodiversidad es esencial. En este sentido, es importante tener en cuenta que las unidades productivas (quinta, fincas, chacras, etc.) son sistemas abiertos, que están en constante intercambio de materiales y energía con su entorno; por lo cual, las condiciones para que la biodiversidad esté presente de manera adecuada para aportar sus funciones a la actividad productiva, requiere un escenario que excede los límites de la propia unidad productiva. El entorno inmediato a la quinta, e incluso a varios kilómetros de distancia, influye sobre el funcionamiento de esta y viceversa; esta influencia puede ser tanto positiva como negativa, según las características del entorno y de la unidad productiva. Una unidad productiva rodeada por un paisaje adecuado puede verse favorecida por la contribución que hace ese paisaje a garantizar servicios como la polinización o el control biológico de plagas; esa misma unidad productiva rodeada por un paisaje rural caracterizado por el uso intensivo de agroquímicos, puede verse perjudicada por ejemplo por la deriva de agroquímicos, la invasión de plagas provenientes de los cultivos intensivos vecinos, etc. Los ejemplos mencionados anteriormente muestran la importancia de contemplar diferentes escalas a la hora de pensar en la planificación de la producción de alimentos. Es tan importante el diseño y el manejo que se haga de la unidad productiva, como del paisaje que rodea a la misma.

El paisaje y la provisión de servicios ecosistémicos

Si bien cuando se habla del paisaje y de sus transformaciones se suele hacer desde una visión utilitarista, vinculada a la provisión de bienes y servicios, es importante tener presente que la forma en que nos vinculamos como sociedad con la naturaleza y la forma en que la concebimos, es uno de los principales aspectos que influyen y moldean el paisaje y la biodiversidad presente en él y, como consecuencia, los servicios que de él podemos obtener.

Las sociedades, históricamente, han modificado el ambiente en el que se desarrollaron. Sin embargo, desde la revolución industrial y la consolidación del sistema capitalista, el impacto que estas están teniendo sobre la naturaleza en todo el mundo no tiene precedentes. En este sentido, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment – MEA)⁵, la cual ha involucrado el trabajo de más de 1.360 expertos de todo el mundo, plantea que las modificaciones que las actividades humanas están ejerciendo actualmente sobre los ecosistemas, están afectando severamente la biodiversidad del planeta. Entre las principales modificaciones se destacan: 1) el cambio de usos del suelo, 2) la alteración de los ciclos biogeoquímicos, 3) la destrucción y fragmentación de hábitats, 4) la introducción de especies exóticas y 5) la alteración de las condiciones climáticas (MEA, 2005). Al mismo tiempo, existen cada vez más evidencias de que los cambios en la biodiversidad están repercutiendo, directa o indirectamente, sobre el bienestar humano, al comprometer el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad.

⁵ Programa de trabajo internacional, que surge en el 2001, promovido por las Naciones Unidas y diseñado para satisfacer las necesidades que tienen los responsables de la toma de decisiones y el público general, de información científica acerca de las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las opciones para responder a esos cambios.

El reconocimiento de esta situación ha hecho que, en la actualidad, la noción de servicios ecosistémicos haya alcanzado una amplia difusión a nivel mundial, incorporándose tanto en la investigación como en la planificación y gestión territorial. Los servicios ecosistémicos podemos entenderlos como aquellos beneficios que obtiene el ser humano como resultado de las funciones propias de los ecosistemas. Algunos ejemplos de servicios ecosistémicos de los cuales nos beneficiamos cotidianamente y que son esenciales en la producción de alimentos son: el control del clima; el control del ciclo hidrológico, que nos permite proveernos de agua dulce; la eliminación de desechos y reciclaje de nutrientes; la generación y preservación de suelos y el mantenimiento de su fertilidad; el control de organismos nocivos que atacan a los cultivos y transmiten enfermedades humanas y la polinización, entre otros. Una de las clasificaciones más difundidas y utilizadas, proveniente del MEA, reunió a los servicios ecosistémicos en cuatro categorías principales: 1) *servicios de soporte o apoyo*, aquellos necesarios para la producción de los restantes servicios de los ecosistemas, como la formación del suelo o la fotosíntesis; 2) *servicios de provisión*, aquellos productos o bienes obtenidos de los ecosistemas, como la madera, el combustible, o las fibras; 3) *servicios de regulación*, aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos de los ecosistemas, como la regulación del agua, de la erosión, de la calidad del aire y de las plagas; y 4) *servicios culturales*, aquellos beneficios no-materiales, como el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, y la recreación. Desde esta clasificación, el mantenimiento de la biodiversidad no es considerado como un servicio en sí mismo, sino que es incorporado como un elemento imprescindible para el mantenimiento de los cuatro grupos de servicios definidos⁶. En este sentido, si bien todos los componentes de la biodiversidad, desde el nivel de organización genético hasta la escala de comunidad, desempeñan algún rol en la generación de funciones y la provisión de servicios, la diversidad funcional sería el componente que mejor explica los efectos de la biodiversidad en muchos de los servicios esenciales para el ser humano (Martín-López, 2007). Por este motivo es importante, tanto en las unidades productivas como a escala de paisaje, promover la presencia de diferentes grupos funcionales y las interacciones entre ellos, así como la presencia de más de una especie dentro de cada grupo funcional, es decir la redundancia funcional; entendiendo que esto mejora la capacidad de los ecosistemas de responder y adaptarse frente a las perturbaciones, promoviendo la resiliencia ecológica.

El paisaje, la biodiversidad, la diversidad de paisaje

Adentrándonos un poco más en el tema de este capítulo, vamos a comenzar por ver cómo podemos interpretar un paisaje, cómo se define y qué elementos lo conforman, para luego analizar los procesos de cambio que podemos observar con el paso del tiempo.

Los arreglos espaciales (también llamados *patrones espaciales*) de los distintos elementos que componen un paisaje y los cambios en su estructura influyen en los flujos y transferencias de organismos, materiales y/o energía entre dichos elementos (Risser *et al.*, 1984; Forman, 1989), afectando

⁶ Para profundizar en el análisis de las distintas definiciones y clasificaciones de Servicios Ecosistémicos se puede remitir al trabajo de Rositano (2012) "Servicios de los ecosistemas: Un recorrido por los beneficios de la naturaleza".

la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta provee. A su vez, la calidad de los servicios ecosistémicos depende en gran medida de las condiciones en las que se encuentren los sistemas naturales y el manejo que se haga de los mismos. Esto nos muestra al menos tres aspectos a tener en cuenta si queremos desarrollar sistemas productivos sustentables: 1) Que existe un flujo constante de organismos y materiales entre la unidad productiva y los ambientes que la rodean; 2) Que los elementos que forman el paisaje y la forma en que se organizan influye en ese flujo de organismos y materiales, y 3) Que es necesaria la presencia de sistemas naturales (y semi-naturales), tanto en las unidades productivas como en su entorno, así como hacer un buen manejo de los mismos para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos.

El estudio del paisaje

La Ecología del Paisaje es una disciplina relativamente nueva, surgida en la década del 60' en Europa, que ha sido conformada con el aporte de muchas otras disciplinas, como la geografía, la ecología y la arquitectura, entre otras. Esta disciplina estudia la estructura, la función y el cambio en una superficie de tierra determinada, compuesta por un conjunto de ecosistemas heterogéneos e interactuantes; haciendo hincapié en el estudio de los efectos que tienen los patrones espaciales de los ecosistemas sobre los procesos ecológicos, a diferentes escalas espaciales y temporales. Otro aspecto importante que aborda la ecología del paisaje tiene que ver con los efectos que el patrón espacial y los cambios en la estructura del paisaje (por ejemplo, la fragmentación del hábitat) tienen sobre la distribución, circulación y persistencia de las especies. Como vemos, la escala es un aspecto esencial en esta disciplina, y en este sentido, seleccionar una escala de análisis adecuada es indispensable, ya que procesos y parámetros importantes en una escala pueden no ser tan importantes o predictivos en otra.

¿Qué es el paisaje?

Para empezar a analizar la influencia de estos arreglos espaciales en la biodiversidad es importante comenzar por entender a qué nos referimos al hablar de paisaje. El concepto de paisaje es un concepto muy dinámico y aún en construcción, por lo que existen diversas definiciones, dependiendo del enfoque disciplinar. Algunas definiciones priorizan lo geográfico, morfológico, económico y ecológico, mientras que otras hacen hincapié en lo percibido, socializado y construido (Médico, 2016). El geógrafo Santos (1996) define al paisaje como “*el conjunto de formas que en un momento dado expresa las herencias que representan las sucesivas relaciones localizadas entre hombre y naturaleza*”, entendiéndolo como un sistema material, relativamente inmutable, cuyas formas han sido creadas en momentos históricos diferentes y que coexisten en el momento actual. El geógrafo Nogué (2007), por su parte, sostiene que paisaje es un concepto integrador donde no solo es importante la morfología territorial, sino que además hay miradas, vivencias, proyecciones de los habitantes que configuran el paisaje. Desde el marco teórico de

la ecología de paisaje, Silvia Matteucci, considera más apropiado el concepto que entiende al paisaje como “*un territorio genéticamente homogéneo, en el cual se observa la recurrencia regular y típica de las mismas combinaciones de interrelaciones entre estructura geológica, forma de relieve, agua superficial y subterránea, microclima, variedades de suelo y fito y zoocenosis (comunidades vegetales y animales)*”. Para comprender mejor los alcances de esta definición existen, según esta autora, cuatro condiciones que un paisaje debe cumplir para ser considerado como tal: 1) el mismo conjunto de ecosistemas (y usos de la tierra) se repite a través del espacio; 2) los flujos o interacciones entre los ecosistemas que conforman el paisaje son los mismos en todas las interfaces; 3) en toda su extensión está sujeto el mismo tipo climático y tiene geología común; esto es, la misma roca madre y origen común, por lo tanto igual conjunto de geoformas; y 4) está sometido a un conjunto único de regímenes de perturbación (Matteucci, 2004).

Turner (1989) a su vez, diferencia tres características del paisaje de utilidad para su estudio: la estructura, la función y el cambio. La *estructura* hace referencia a las relaciones espaciales entre ecosistemas particulares, es decir, la distribución de energía, materiales y especies en relación con los tamaños, las formas, los números, los tipos y configuraciones de los componentes. En cuanto a la *función*, esta se refiere a la interacción entre los elementos espaciales, es decir, el flujo de energía, materiales y organismos entre los componentes de los ecosistemas. Por último, el *cambio* se refiere a la alteración en la estructura y función del mosaico ecológico a través del tiempo.

Otra definición muy utilizada en ecología del paisaje es la de mosaico. Según Matteucci (2004), un mosaico, a diferencia del paisaje, es independiente de su tamaño, origen, evolución o condiciones climáticas, y puede ser recurrente o no, natural o humanizado; puede ser una región, un paisaje, una parcela, un municipio y está delimitado por el investigador en función de los objetivos de su trabajo. La flexibilidad de este concepto hace que en muchas investigaciones de ecología del paisaje se prefiera este término.

¿Cómo está conformado un paisaje?

Una vez aclaradas estas definiciones, podemos seguir preguntarnos qué aspectos del paisaje debemos tener en cuenta para poder analizar los procesos que ocurren a dicha escala. En primer lugar, es importante reconocer que todo mosaico (o paisaje) está conformado por diferentes elementos, los cuales tienen un ordenamiento en el espacio, un patrón espacial (sinónimo de configuración y de estructura espacial). Los elementos son unidades territoriales que, independientemente de su tamaño, forma y contenido, son internamente homogéneas a la escala de observación y diferentes de los elementos vecinos en cuanto a su contenido. Forman (1995) propuso para analizar la estructura de un mosaico el modelo “matriz-parche-corredor”, el cual sigue vigente en la actualidad. Según este modelo los elementos del mosaico se clasifican en matriz, parche y corredor, dependiendo de sus características físicas y funcionales. La *matriz* constituye la base del mosaico, es el tipo de ecosistema en el cual se insertan los parches y corredores. La matriz suele estar constituida por el ambiente original y dominante, aunque en casos de ambientes muy modificados, esta puede estar constituida por un nuevo ambiente definido por la actividad humana, y el ambiente original quedar reducido

a parches aislados (ej. zonas donde domina el monocultivo de soja extensivo). La matriz puede funcionar como corredor o como barrera entre parches de acuerdo al grado de contraste de contenidos entre parches y matriz, y a los hábitos de cada especie. Los parches son unidades espaciales relativamente singulares en relación con el entorno, y su rol en el mosaico depende de su tamaño, su contenido, su forma y las propiedades de su borde. Los corredores son fragmentos alargados que atraviesan el mosaico y cuyo contenido difiere del de los elementos vecinos, pueden ser naturales (por ejemplo cursos de agua) o antrópicos (por ejemplo vías de comunicación o cortinas forestales); su rol en el mosaico es incrementar la conectividad del mismo facilitando los flujos (Fig. 11.1).



Fig. 11.1. Ejemplos de mosaicos observados a distintas escalas. a) mosaico con una fuerte influencia antrópica donde la matriz es productiva (mayor escala) (imagen superior), b) mosaico con menor impacto antrópico donde la matriz es de bosque nativo (menor escala) (imagen inferior). Se delimitan algunos elementos: en celeste corredores, en naranja parches y en verde matriz. (Fuente: Google Earth Pro).

Efectos del paisaje sobre la biodiversidad

Como describe Matteucci (2004), ciertas características de los parches, entre las cuales se destacan el tamaño, la forma, las características de los bordes, la cantidad y la proximidad a otros parches, tienen efectos sobre la diversidad de especies. En cuanto al tamaño de los parches, existen evidencias de que la riqueza de especies nativas decrece al disminuir el tamaño del parche, pero que la riqueza específica total (incluyendo especies nativas y exóticas) puede incrementarse. Los cambios en el tamaño de los parches también tienen efecto sobre el flujo de materiales, la cantidad de materiales trasladados, los ciclos de nutrientes, la productividad neta y la infiltración de agua, entre otros procesos. Por otro lado, el borde de un parche es una zona de transición o ecotono, y sus características (ej. ancho, contenido, contraste, grado de irregularidad), determinan la velocidad de movimiento de materiales, energía y organismos a través de él. Aspectos como la composición de especies, ciclos biogeoquímicos y productividad, varían entre el centro del parche y el borde, debido a que las condiciones físicas y microclimáticas son diferentes. En general, en el borde predominan especies adaptadas a microclimas más severos y variables, de tipo generalistas u oportunistas y de estrategia “r”. En cambio, las especies que habitan el interior de un parche se encuentran generalmente adaptadas a condiciones microclimáticas menos fluctuantes y se caracterizan por ser especialistas y de estrategia “k”. La forma de los parches también es relevante, parches de un mismo tamaño pero de diferente forma van a tener diferentes propiedades, especialmente por el efecto de borde; los parches con forma más irregular tienen un mayor perímetro, lo que, por un lado, favorece el flujo de organismos y materiales y, por el otro, perjudica a aquellas especies muy adaptadas a las condiciones del interior del parche. Un parche de forma ecológicamente óptima debería tener un núcleo grande, con algunos límites curvilíneos y lóbulos estrechos.

Sin embargo, no solo son importantes las características de un parche, sino que también tiene relevancia el entorno en el que este está inserto; la proximidad de parches de igual contenido, con las mismas especies o con especies depredadoras o competitivas puede modificar la dinámica de algunas poblaciones dentro de un parche. Los organismos de muchas especies se mueven a lo largo del paisaje, ya sea para realizar sus actividades diarias o en diferentes etapas de sus ciclos de vida, por lo que su supervivencia no depende exclusivamente de la conservación de un único parche. En este sentido, es importante tener en cuenta que la proximidad entre parches o el grado de aislamiento sólo puede interpretarse ecológicamente en función del comportamiento espacial del organismo, población, especie o proceso que se analice. Los organismos difieren en su capacidad de dispersión y en su capacidad de adaptación a diferentes ambientes, por lo que un mismo ambiente puede significar una barrera para determinados organismos y una oportunidad de dispersión para otros.

Al analizar un paisaje o mosaico en su conjunto, es importante tener en cuenta la diversidad de tamaños y de composición de los parches presentes en él; no es lo mismo un parche de vegetación natural, que uno de vegetación implantada, uno agrícola o uno urbano, y no es lo mismo un mosaico conformado por parches de tamaños similares que uno con parches

grandes y pequeños, ya que los parches de distinto tamaño cumplen diferentes funciones. Los parches grandes de vegetación natural permiten proteger los acuíferos y arroyos, mantienen poblaciones viables de la mayoría de las especies de interior, proporcionan hábitat y refugio para los vertebrados con mayor “home range” (ámbito del hogar). Por otro lado, los parches pequeños de vegetación natural sirven como trampolín para la dispersión o recolonización de especies, proporcionan heterogeneidad en la matriz, y un hábitat ocasional para especies restringidas a pequeños parches (Forman, 1995). Por estos motivos, cuando se definen estrategias de planificación, los parches pequeños son importantes y deben estar presentes en un mosaico, pero considerándose como un complemento, y no como un sustituto de los parches grandes.

Cuanto más intrincado es el mosaico, es decir, cuanto más pequeños y entremezclados están los parches de distintos tipos, menor es el éxito de dispersión de los organismos, por lo que decrece la tasa de colonización; aunque siempre existen excepciones, habiendo ciertas especies que se ven beneficiadas por una textura entremezclada, porque su vida depende de actividades que se realizan en parches de distintos tipos. A nivel de mosaico se cree que la biodiversidad incrementa cuando hay gran entremezclado de tipos de parches.

Durante mucho tiempo, la matriz fue considerada como un elemento del mosaico relativamente homogéneo y en cierto modo ecológicamente neutro, donde irrumpían los parches y corredores. Sin embargo, en la actualidad se está revisando su rol, ya que se ha visto que la matriz puede modular el grado de aislamiento de los fragmentos, debido a que su estructura puede actuar facilitando o impidiendo el movimiento de los organismos a través del mosaico (Herrera, 2010). Ante la degradación que están sufriendo muchos ambientes por la actividad humana, se ha visto que las especies más vulnerables son aquellas que no toleran cambios en la estructura y/o composición de su hábitat, y que rara vez usan la matriz; mientras que aquellas especies capaces de explotar algunos de los recursos presentes en la matriz pueden mantener poblaciones viables e incluso aumentar. Entre los ejemplos estudiados de utilización de la matriz se encuentran el de la subespecie *Salamandra salamandra bernardezi*, que sobrevive en el interior de una matriz urbana altamente alterada en Oviedo (Asturias); o el de las especies de aves, *Catharus aurantiirostris*, *Tangara icterocephala* y *Turdus assimilis*, que viven en parches de bosque nativo y utilizan para su alimentación y reproducción la matriz, constituida por tierras de cultivo en Costa Rica. En Tabasco (México), un estudio demostró que las mariposas pueden persistir en aquellos paisajes que combinan grandes fragmentos de bosque nativo con una matriz agropecuaria en la que se incorporan arreglos lineales de arbolado y árboles dispersos. Sin embargo, también existen estudios que evidencian las dificultades de algunos organismos para utilizar la matriz. En el caso del felino *Oncifelis guigna*, al estudiar un mosaico de fragmentos de bosque de diferentes tamaños inmersos en una matriz de plantaciones y cultivos en Chile, se observó que este prefirió hábitats con coberturas arbustivas densas, distantes de caminos y cercanos a parches de bosque nativo de gran extensión, estando prácticamente restringida a este hábitat; vemos en este caso un ejemplo de una especie con menos capacidad de utilizar la matriz y más

vulnerable a la fragmentación del hábitat. Otro ejemplo de organismos con capacidades limitadas para utilizar la matriz es el de ciertos murciélagos, animales que están morfológicamente limitados a vuelos de corta distancia, que cuentan con ámbitos hogareños reducidos y con sitios de forrajeo a menudo localizados en el interior del bosque, siendo reconocidos como un grupo sensible al efecto de borde y que responden negativamente a la perturbación y a la fragmentación. Este es un grupo importante para la regulación biótica en agroecosistemas, como vimos en el capítulo 10 de este libro. Al analizar los cambios producto del proceso de agriculturización experimentado en la provincia de Buenos Aires, se observó por ejemplo, una disminución en la especie de micromamífero *Akodon azarae*, típica de los pastizales y otros ambientes naturales de la región, que se han visto reducidos como consecuencia de este cambio productivo. Podemos ver en esta especie de roedor, otro ejemplo de aquellas especies que no son capaces de utilizar la matriz.

Fragmentación vs conectividad

Uno de los procesos a nivel de paisaje más estudiados es el proceso de *fragmentación*, donde una clase de cobertura se subdivide progresivamente en parches cada vez más pequeños, complejos y aislados. Si bien este proceso puede darse tanto por causas naturales como antrópicas, el auge que están teniendo en la actualidad las investigaciones sobre fragmentación de hábitats está fuertemente relacionado con las consecuencias, cada vez más notorias, del impacto que está teniendo la actividad humana y el actual modelo de desarrollo sobre el paisaje. A lo largo del tiempo hemos intervenido fuertemente el planeta, creando en muchos casos barreras artificiales a la dispersión de especies, y eliminando las barreras naturales en otros. La supervivencia de las poblaciones en un paisaje depende de la tasa de extinciones locales (en los parches) y de la tasa de movimiento de los organismos entre parches. Cuando se produce la fragmentación de un mosaico, las poblaciones aisladas se vuelven más vulnerables a la extinción local, debido a que se ve reducido el acceso a los recursos, disminuye la posibilidad de recombinación genética con el consecuente deterioro genético, disminuye la tasa de natalidad, se modifican las interacciones inter-específicas e incrementa la vulnerabilidad a las catástrofes ambientales. Cuando esto ocurre, la única posibilidad de evitar la extinción es la migración y el consiguiente flujo genético entre fragmento de hábitats. En este sentido, la capacidad de movimiento de los organismos entre parches depende, como venimos viendo, de su comportamiento biológico y del patrón del mosaico. La variable más importante de la estructura del mosaico desde este punto de vista es su *conectividad*. Taylor (1993) define la conectividad como el grado en que el mosaico facilita o retarda el movimiento de materiales y organismos entre los parches de hábitats. Noss (1991) plantea que la conectividad es un concepto amplio, que consiste en vínculos de hábitats, especies, comunidades y procesos ecológicos a múltiples escalas espaciales y temporales. La conectividad es considerada una propiedad emergente, que surge de la interacción entre

la estructura del mosaico y el comportamiento de la entidad ecológica, y se refiere al grado de permeabilidad de un mosaico en relación con el movimiento de organismos o materiales.

Tradicionalmente, los paisajes fragmentados fueron descritos como un conjunto de “islas” de hábitat inmersas en un “océano” inhóspito de no-hábitat (Shafer, 1990). Como resultado, los estudios de los efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad se han abordado tradicionalmente desde el encuadre de la teoría de biogeografía de islas (TBI) planteada por MacArthur & Wilson en 1967, para explicar la relación entre el área y la cercanía al continente de las islas oceánicas, y los patrones de riqueza y diversidad de especies que éstas albergaban. De acuerdo con los principios de la TBI, el número de especies en una isla depende únicamente de su tamaño y grado de aislamiento (medido éste como la distancia entre islas), y está regulado por las tasas de migración y extinción. Sin embargo, durante los últimos años numerosos estudios vienen mostrando las limitaciones de la aplicación del modelo de islas sobre paisajes terrestres fragmentados; ya que, como vimos anteriormente, la matriz que rodea a los fragmentos de hábitat terrestres no es neutra, sino que ejerce influencia sobre ellos.

Anteriormente, vimos que entre los elementos que componen un mosaico, los corredores tienen el rol de incrementar la conectividad del mismo, facilitando los flujos. Vimos, también, que los organismos difieren en su capacidad de dispersión, por lo cual un corredor para una especie puede ser una barrera para otra. Desde el surgimiento de la ecología de paisajes se han llevado adelante innumerables investigaciones para evaluar la conectividad en diferentes paisajes, la capacidad de dispersión de diferentes organismos en ambientes modificados por la actividad humana, así como las características que deben tener los corredores para facilitar la dispersión o restringirla, por ejemplo en el caso de especies invasoras. Es importante tener en cuenta que cuando hablamos de conectividad, podemos hacer referencia a la conectividad estructural o funcional. La conectividad estructural se refiere al grado de permeabilidad de un mosaico en relación con el movimiento de organismos o materiales, tiene en cuenta el patrón espacial del mosaico y en general se basa en la teoría de la percolación⁷, a partir de la cual se mide la proporción de un ambiente de interés (p) en un mosaico (q) donde $p+q=1$, y donde a mayor p mayor tamaño de parche de dicho hábitat, acercándose al valor 1 cuando el ambiente de interés está conformado por un único parche que ocupa todo el mosaico. En base a esta teoría se utilizan parámetros preestablecidos en función de los cuales se evalúa el grado de conectividad y el umbral (valor de p) a partir del cual esa conectividad se pone en riesgo. Por otro lado, la conectividad funcional puede deberse a la existencia, por ejemplo, de corredores que sirvan como conexión entre los parches, o puede deberse a que los organismos son capaces de atravesar las zonas entre parches, percibiendo en ese caso a los parches como funcionalmente conectados; en estas situaciones la conectividad va a variar dependiendo del organismo que se considere.

⁷ Para indagar más sobre la teoría de la percolación y los índices de conectividad se recomienda el trabajo de Matteucci (2004) “Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón-proceso”, Keitt (1997) “Detecting critical scales in fragmented landscapes” y el manual de Fragstats disponible en <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>

CRITERIOS PARA PROMOVER LA BIODIVERSIDAD EN PAISAJES AGRARIOS

¿Qué criterios generales podemos considerar importantes desde el punto de vista de la producción de alimentos, si nos interesa mantener o incrementar la biodiversidad y favorecer el flujo de materiales y de organismos (por ejemplo polinizadores y controladores de las plagas) a partir de la información precedente?

- a) Contar en el paisaje con **parches de vegetación natural o semi-natural, de diversos tamaños**, parches grandes que funcionen como reservorio de biodiversidad intercalados con parches chicos que funcionen como trampolín para la dispersión.*
- b) Propiciar la presencia de **parches con forma más irregular** que favorezcan el efecto de borde, en aquellos sectores donde nos interese promover el flujo de materiales y organismos.*
- c) Favorecer la presencia de **corredores amplios con vegetación natural**, por ejemplo mediante la protección de zonas riparias, resguardando los cursos de agua y favoreciendo la conectividad para el movimiento de especies clave entre grandes parches; y la presencia de **corredores más pequeños**, que faciliten la conectividad con las áreas productivas, por ejemplo mediante cortinas forestales.*

Evaluación de la biodiversidad a nivel de paisaje

Existen diversas formas de evaluar la biodiversidad a nivel de paisaje, las cuales son posibles en gran medida por el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la posibilidad de acceder de manera cada vez más sencilla a productos derivados de satélites, drones y otros avances tecnológicos que permiten estudiar el planeta a diferentes escalas espaciales y temporales. Los objetivos del estudio, los recursos económicos con que se cuente, la complejidad del área de estudio, la escala a la que se quiera estudiar cierta problemática y el tiempo con el que se cuente, entre otros aspectos, determinarán las herramientas que se podrán utilizar y el tipo de análisis posible. Entre las herramientas de acceso libre con las que contamos actualmente están, en orden de complejidad creciente, el Google Earth Pro (muy limitado en sus herramientas pero sencillo para la visualización de imágenes) y software libres como el Qgis (ampliamente utilizado) y el Google Earth Engine (este último se caracteriza por utilizar lenguaje de programación y no requerir instalación); los cuales pueden encontrarse fácilmente en internet, junto con manuales de usuarios y una gran diversidad de tutoriales que facilitan la utilización de los mismos. Existen también disponibles de manera gratuita una amplia variedad de imágenes satelitales, que pueden ser descargadas con solo registrarse, a través de páginas como CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales), USGS (United States Geological Survey), o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), entre otras.

Si bien existe una amplia variedad de estudios de ecología de paisaje, podríamos agruparlos en las siguientes categorías, según su objetivo:

1. Evaluar la capacidad de dispersión de diversos grupos taxonómicos o de grupos funcionales entre diferentes ambientes, los cuales requieren de un amplio trabajo de

campo y no necesariamente utilizan herramientas de SIG. Algunos ejemplos hipotéticos de este tipo de estudios son: 1) la utilización de redes de niebla para la captura de murciélagos y su posterior identificación, realizando muestreos en los diferentes ambientes presentes en un mosaico, para detectar qué ambientes utilizan las distintas especies; 2) la captura de ratones de campo y su marcado para, a partir de la recaptura en distintos ambientes de un mosaico, estudiar su desplazamiento y la utilización que hacen de estos ambientes; 3) la colocación de collares de seguimiento en pumas para conocer su desplazamiento diario y estimar a partir de ello la utilización de diferentes ambientes del mosaico.

2. Evaluar características estructurales del paisaje y vincular esas características con la biodiversidad, o analizar la estructura del paisaje y cómo dicha estructura influye en la distribución de un grupo taxonómico o grupo funcional determinado, con el fin de promover manejos del paisaje que mejoren las condiciones para dichos organismos. En estos casos suelen utilizarse herramientas disponibles en los SIG e índices de paisaje. Actualmente existe una amplia diversidad de índices de paisaje⁸ que han sido elaborados para poder cuantificar la configuración de los elementos que conforman un territorio. El Fragstats es un software que reúne la gran mayoría de los índices de paisaje existentes, sin embargo, muchos software de SIG cuentan con herramientas para analizar los mismos.
3. Analizar los cambios en la estructura del paisaje con el paso del tiempo, para detectar procesos de fragmentación y homogeneización del paisaje, entre otros. Estos estudios también requieren de la utilización de herramientas disponibles en los software de SIG. Un ejemplo podría ser el análisis de la pérdida de bosque nativo en Santiago del Estero por el avance de los cultivos extensivos de soja en los últimos 20 años; para ello se podrían utilizar imágenes satelitales de la zona para el 2000, 2005, 2010 y 2015, se podrían identificar los cultivos y el bosque nativo para cada una de las fechas y comparar las superficies ocupadas por cada uno de ellos y su ubicación.
4. Elaborar y evaluar diseños de paisaje, con el fin de brindar herramientas de gestión para promover una planificación del territorio que potencie la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, entre otros. Dentro de este último tipo de estudios, podemos mencionar aquellos que buscan de una manera indirecta proteger y/o potenciar la biodiversidad, a través de la delimitación de zonas vulnerables y áreas prioritarias para la conservación, basándose en la conservación de ciertas características del paisaje que se sabe promueven la conservación de la biodiversidad. Como ejemplo, existen diversos estudios realizados en ciudades de Italia, China, Vietnam, entre otras, en los cuales a partir de una imagen satelital se identifican los parches de ambientes

⁸ Existe una amplia variedad de índices de paisaje (ej. índices de área y borde, de forma, de contraste, de diversidad, de conectividad). Para profundizar en el análisis de los componentes del paisaje y de las distintas formas de medir la estructura y funciones de un mosaico se recomienda el trabajo de Matteucci (2004) "Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón-proceso", Matteucci (1998) "La cuantificación de la estructura del paisaje", y el manual de Fragstats.

naturales presentes en zonas urbanas y periurbanas y se generan diferentes diseños de paisaje para incrementar la conectividad de estos ambientes a partir de la creación de nuevas áreas naturales, el establecimiento de corredores riparios, la protección de áreas productivas, etc. Este tipo de diseños pueden luego ser ponderados en función de las ventajas ambientales/sociales y el esfuerzo económico y de gestión que impliquen cada uno de ellos.

Los paisajes del siglo XXI

¿Qué cambios se están dando en las coberturas/ usos del suelo a nivel mundial?

Algunos datos recientes

En las últimas décadas, los cambios en las coberturas/ usos del suelo se han considerado dentro de los procesos de cambios más importantes a nivel mundial, impulsados principalmente por la expansión urbana y agrícola. Las características de la cobertura del suelo tienen importantes efectos sobre el clima, la hidrología, la biogeoquímica y la diversidad de especies, lo que hace que estos procesos de cambio adquieran gran relevancia. La sustitución de zonas con vegetación natural por usos urbanos o rurales, se ha traducido en un aumento sustancial de los servicios de aprovisionamiento, como la producción de alimentos, y de servicios culturales (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) pero, al mismo tiempo, ha conducido a importantes transformaciones en términos de biodiversidad, de emisiones de carbono y disminución de servicios ecosistémicos de provisión (Gibbs *et al.*, 2010; Newbold *et al.*, 2015).

En los últimos años han surgido diversos trabajos que intentan medir de algún modo la intensidad de los impactos producto de la actividad humana y la capacidad del planeta para soportarlos. En este sentido, Rockström *et al.* (2009) y Steffen *et al.* (2015) identificaron nueve procesos críticos para el funcionamiento del planeta, que están siendo claramente modificados por la acción humana; seleccionaron una serie de variables para medir las perturbaciones antropogénicas y establecieron límites a nivel planetario para estas perturbaciones. Entre los nueve procesos identificados, la integridad de la biosfera está íntimamente relacionada con la biodiversidad. Para evaluar este proceso se seleccionaron dos componentes (la biodiversidad genética y la biodiversidad funcional) que se consideró que reflejaban el rol clave de la biosfera en el funcionamiento del sistema Tierra. Por el momento no existen datos de diversidad funcional para todo el planeta, por lo que se midió sólo la diversidad genética. Como resultado de estos estudios se encontró que la integridad de la biosfera ha transgredido los límites de la “zona segura”, y se ubica en la “zona de alto riesgo” (Fig.11.2). Otro trabajo a escala planetaria de gran relevancia es el de Newbold *et al.* (2015), donde se analizaron los efectos globales del uso del suelo sobre la biodiversidad terrestre local. En este trabajo se evaluaron 11.525 sitios, 26.953 especies y 13 de los 14 biomas

terrestres; cada sitio fue evaluado a partir de la consideración de seis presiones: uso de la tierra, intensidad de uso, historia de uso de la tierra, densidad de población humana, proximidad a las carreteras y accesibilidad de la ciudad grande más cercana a cada sitio. Los resultados de este trabajo sugieren que, los cambios en el uso de la tierra y las presiones asociadas redujeron fuertemente la biodiversidad terrestre local, calculando una reducción media global hasta la fecha de 13,6% en la riqueza de especies, 10,7% en la abundancia total y 8,1% en la rareza de especies. A su vez, se observó que el tipo de uso del suelo y la intensidad de ese uso son variables que afectaron fuertemente a la riqueza local de especies y a la abundancia de especies; que los usos del suelo “antrópicos” registraron menor diversidad y abundancia de especies que la vegetación primaria, y que las zonas dominadas por dichos usos del suelo se infiere que sufrieron una pérdida mucho mayor de diversidad local que aquellas regiones donde hay más vegetación natural remanente. La información brindada por este trabajo muestra claramente la relación entre el uso del suelo y la biodiversidad, y es de gran importancia para tener en cuenta a la hora de pensar en el modelo de producción que se desea promover y en la forma en que se planifican las zonas productivas.

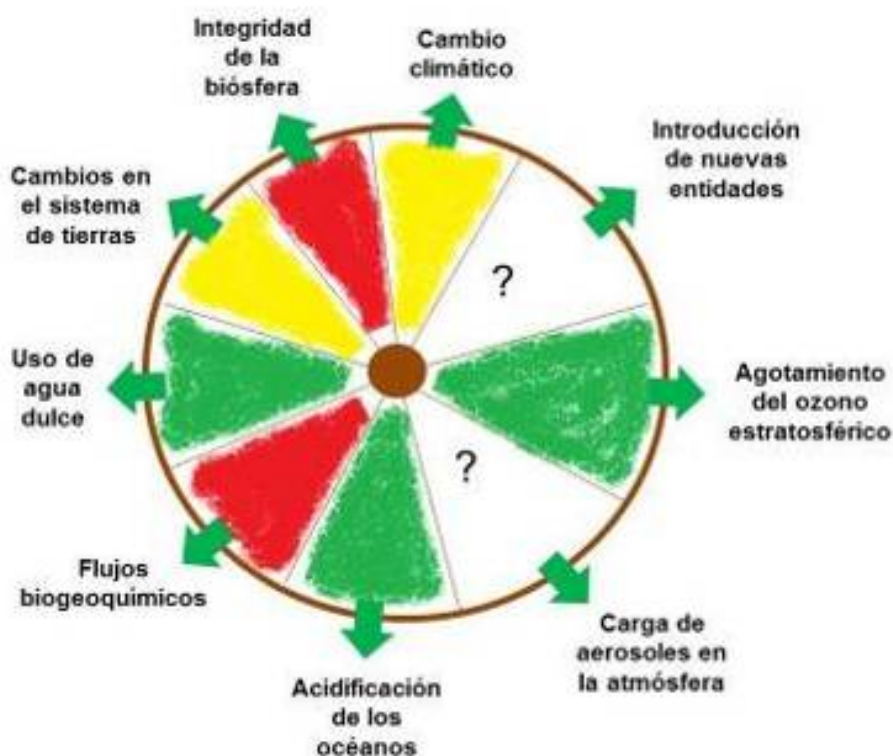


Fig. 11.2. Situación de los nueve procesos identificados como críticos para el mantenimiento del sistema Tierra. En rojo aquellos que se encuentran en la zona de alto riesgo, en amarillo los se encuentran en la zona de riesgo creciente y en verde aquellos que aún no han superado los límites planetarios. Los signos de pregunta indican aquellos procesos que aún no se han podido medir adecuadamente (Elaboración propia en base a Steffen *et al.*, 2015).

Cambios de uso del suelo, nuevas tierras productivas y expansión urbana...

Lambin *et al.* (2003) analizaron las dinámicas de cambio en las coberturas y usos del suelo a nivel mundial, e identificaron que los principales cambios en la superficie terrestre fueron la conversión de bosques vírgenes para usos agrícolas (deforestación) y el deterioro de la vegetación natural por el pastoreo excesivo (desertificación), lo que conlleva una pérdida en la biodiversidad, tanto por la homogeneización del paisaje, como por la degradación ambiental. Las fuerzas impulsoras de estos cambios fueron atribuidas al crecimiento de la población local y, en menor medida, al aumento del consumo. En este mismo trabajo, Lambin *et al.*, analizan los estudios de Ramankutty *et al.* (1999) y Goldewijk (2001), quienes estimaron los cambios históricos en tierras con cultivo permanente a escala global durante los últimos 300 años. Según estos estudios, el área de cultivo aumentó globalmente hasta casi quintuplicarse en tres siglos, algo similar ocurrió con el área bajo pasturas, mientras que la superficie forestal y las estepas, sabanas y praderas disminuyeron ampliamente. La rápida expansión de tierras agrícolas se dio inicialmente en el siglo XVIII. Sin embargo, América Latina experimentó una drástica expansión recién durante la segunda mitad del siglo XX. Pese a la expansión que se dio a nivel mundial, las necesidades de tierras para la agricultura siguen aumentando y de manera considerable; en el año 2010 el límite planetario para las tierras agrícolas ya se había superado, y se proyecta que para el año 2050 se necesitarán un 67% más de tierras de cultivo y un 78% más de pasturas para responder a las demandas futuras (Conijn *et al.*, 2018). Si este requerimiento extra de tierras se satisface a costa de la tala de bosques, la superficie forestal disminuirá, según este autor, de 4,0 a 0,5 Gha con efectos dramáticos, sobre la biodiversidad y sobre las emisiones de GEI. La situación se agrava aún más si consideramos que esta expansión de la actividad agrícola está fuertemente vinculada a la Revolución Verde y con ella a la incorporación de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), lo que implica el reemplazo de una gran diversidad de cultivos (alimentos) por grandes extensiones cultivadas con unos pocos OGM, principalmente soja, maíz, algodón y canola. Este proceso implica en sí mismo una enorme simplificación del paisaje, con consecuencias que hemos ido analizando a lo largo de este capítulo. La superficie cultivada a escala planetaria con OGMs pasó de 2.800.000 hectáreas en 1996 a 67.700.000 en 2003, de estas, el 94% se sembraron en las Américas (Norte, Meso y Sudamérica), alcanzando el 31% en América Latina y el Caribe (Argentina, Brasil, Uruguay, México, Honduras y Colombia), sin contabilizar a Paraguay y Bolivia (que tendrían porciones de territorio sembrados con cultivos ilegales) (Pengue, 2005).

Hasta el momento hemos analizado los cambios en las coberturas/usos del suelo vinculados principalmente a la actividad productiva, sin embargo, como se ha mencionado al comienzo de este apartado, las transformaciones vinculadas al crecimiento urbano también revisten gran importancia. Actualmente, más de 4.000 millones de personas (el 50% de la población mundial) vive en áreas urbanas, y se espera que este valor aumente (World Bank, 2018). Este proceso ha provocado una expansión de las zonas urbanas en todo el mundo, expansión sin posibilidad de

retorno, y que ha ocurrido a expensas no sólo de tierras con coberturas naturales y seminaturales, sino también en tierras agrícolas de alta calidad, desplazando a la agricultura a suelos de calidad inferior (Ramankutty *et al.*, 2008; Martellozzo *et al.*, 2018).

La pérdida y fragmentación de hábitats naturales resultado del avance acelerado de las fronteras agrícola y urbana, están consideradas entre las principales amenazas para la biodiversidad de especies y grupos funcionales, con graves repercusiones sobre la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos, el patrimonio ecológico y la biodiversidad.

¿Qué ocurre con los cambios de cobertura/uso del suelo en Argentina?

América del Sur ha sido recientemente identificado como un “hotspot” (punto caliente) mundial de expansión e intensificación agrícola, provocando grandes pérdidas en términos de diversidad biológica y de aquellos servicios ecosistemas que no son de aprovisionamiento. En este sentido, el principal cambio en la cobertura/uso del suelo es provocado por la deforestación, transformando grandes extensiones de bosques en cultivos anuales. Los pastizales, por su parte, han mostrado cierta estabilidad hasta la década de los 80’s, y a partir de entonces han migrado tanto hacia cultivos agrícolas extensivos como hacia cultivos forestales, alcanzando tasas de 1.2×10^6 ha/año (Vega *et al.*, 2009). Alrededor de 14 millones de hectáreas de bosques tropicales se pierden cada año, y se estima que la quema de bosques para dedicarlos a la agricultura es responsable del 80% al 85% de esta destrucción. Los bosques de clima templado también están sufriendo un fuerte proceso de destrucción en los países del norte de Europa, en Estados Unidos, Canadá, y sobre todo en la última década, en Argentina y Chile. Se calcula que Argentina ha perdido desde 1914, cuando se calculó una masa forestal de 106 millones de hectáreas, casi dos tercios de su patrimonio forestal nativo, estimando para el año 2005 una superficie menor a 44 millones de hectáreas (Pengue, 2005). En cuanto a la superficie cultivada en Argentina, se estima que a principios de 1900 alcanzaba las 6×10^6 ha, aumentando a mediados del siglo XX un 400% (24×10^6 ha) (Pielke *et al.*, 2011), presentando un patrón de conversión similar al del resto del continente. La expansión del área agrícola se ha dado principalmente por cultivos anuales (de un 4% a un 14,3%, entre 1988 y 2002), particularmente por la soja (Paruelo, 2006) y siguiendo el modelo productivo propuesto por la Revolución Verde, lo que involucra un claro desplazamiento de la diversidad no solo de especies sino de ecosistemas por la uniformización en uno o pocos cultivos.

Entre los OGM el caso de la soja es emblemático, seis países productores ocupan el 88% de la soja exportable a 114 países compradores, y entre ellos Argentina fue el país que más velozmente adoptó la tecnológica de la soja transgénica, superando incluso a los Estados Unidos y a Brasil. En una década, se duplicó la producción de granos pero con importantes consecuencias, generando un fuerte desplazamiento de otras producciones, erosionando la diversidad productiva y las economías regionales. En solo cinco años (1996-2001), el arroz se redujo un 44,1%, el maíz un 26,2%, el girasol un 34,2% y el trigo un 3,5%, mientras del sector lechero desaparecieron

el 27,3% de los tambos, la producción porcina se redujo un 36% y la economía algodonera de creció 10 veces (Pengue, 2005).

En cuanto al crecimiento urbano, este se ha profundizado a lo largo del siglo XX en Argentina como en el resto del mundo. En el año 2001 la población urbana total de Argentina era del 89,3%; de esa población urbana, en conjunto CABA y el Conurbano Bonaerense representan el 41% de la población total del país, formando la tercera aglomeración urbana más grande de América Latina y el área urbana con la mayor densidad de población del país (Bertoni *et al.*, 2004). Estos procesos de urbanización generan cambios radicales en la cobertura y el uso del suelo, por lo que numerosos autores los identifican como los procesos que mayores cambios generan en el medio ambiente y en el funcionamiento de los ecosistemas, incrementando los problemas ambientales y los riesgos de sufrir fenómenos naturales adversos. En la Argentina, en línea con el proceso latinoamericano, el crecimiento urbano está ejerciendo una fuerte presión sobre las tierras productivas, como es el caso de la mayoría de los cinturones hortícolas del país, que rodean y abastecen de hortalizas frescas a las principales centros urbanos, algunos de los cuales están desapareciendo rápidamente como resultado de la expansión urbana y el avance de la soja (Giobellina, 2018; Giobellina, 2017; Médico, 2016; Hurtado, 2006).

Los paisajes urbanos

Como consecuencia de la globalización, las grandes ciudades del mundo enmarcadas bajo la denominación de “ciudades globales”, han experimentado procesos de cambio similares; entre ellas podemos destacar en América Latina, las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, Sao Paulo y Buenos Aires. Al articularse a la red mundial, más allá de las particularidades que mantenga cada una, estas ciudades experimentan una fuerte tendencia a homogeneizarse en su morfología y su arquitectura, siguiendo los nuevos patrones estéticos y de infraestructura, funcionales a los requerimientos del capital (Baudrón, 2018).

En términos generales, podemos entender a las ciudades como áreas densamente pobladas, conformadas a partir de fuertes procesos de destrucción, alteración y fragmentación de las áreas naturales o ambientes rurales originales, y de la creación de nuevos tipos de hábitat. Al desarrollarse, estas destinan un gran porcentaje del área urbana a la construcción de estructuras y superficies impermeables, dejando generalmente pocos espacios con áreas verdes y menos aún con remanentes de los hábitats originales; desaparecen o se simplifican los ecosistemas nativos, se forman nuevas comunidades de plantas y animales y cambia la estructura de los mosaicos del paisaje (Pengue, 2018). El paisaje urbano resultante es un mosaico de muchos usos del suelo que, junto con la alteración de la hidrología y del clima y las drásticas reorganizaciones de la flora y la fauna, afectan profundamente la biodiversidad en todas las escalas espaciales, lo que se piensa que conduce hacia una homogeneización global de comunidades bióticas y, consecuentemente, hacia una reducción total de la diversidad biológica mundial (Szlavec *et al.*, 2011).

El creciente reconocimiento de los vínculos entre la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos en las propias zonas urbanas, ha hecho que en los últimos años crecieran los estudios de ecología urbana, y que la ecología del paisaje desempeñara un papel cada vez más importante en la comprensión de las formas en las que la biodiversidad responde a los cambios ambientales, especialmente en cuanto al uso del suelo y a la fragmentación del hábitat (Norton *et al.*, 2016). El interés en la biodiversidad de zonas urbanas suele asociarse a cuestiones de estética o ética y al beneficio para la salud humana, mejorando el sistema inmunológico, el estado de ánimo, y reduciendo el estrés. Sin embargo, más allá de estos innegables valores, cada vez cobran más relevancia los valores prácticos, como la provisión de diversos servicios ecosistémicos, para los cuales los árboles, los parques públicos y los techos verdes son de gran importancia. Los árboles contribuyen a enfriar el clima local, tomar el exceso de nutrientes, reducir el escurrimiento del agua y absorber partículas finas; los parques públicos con sus flores, proporcionan un lugar de esparcimiento, promueven la interacción social, y atraen polinizadores y néctar, ayudando a mantener la biodiversidad; finalmente, los techos verdes, contribuyen con la reducción de las aguas pluviales, la regulación de la temperatura de las construcciones y el consecuente ahorro de energía, así como con el incremento del hábitat disponible para la vida silvestre.

Los estudios de la biodiversidad urbana están creciendo ampliamente, y en los últimos tiempos se están comenzando a contemplar nuevos enfoques, buscando integrar diferentes fuentes de información, que permitan una mejor comprensión de la compleja relación que existe entre los aspectos sociales, culturales y económicos y los patrones de biodiversidad. Se ha observado que las características socioeconómicas de la población influyen en las características de las comunidades biológicas que se desarrollan en esas áreas; al mismo tiempo las diferencias culturales, por ejemplo, influyen en las preferencias paisajísticas, dando lugar a distintos patrones de biodiversidad. Los estudios más habituales de biodiversidad urbana suelen aplicar la teoría de biogeografía de islas, contemplando sin embargo las diferencias existentes entre los fragmentos de hábitat urbano y las islas oceánicas. Los hábitats urbanos son sistemas que no están en equilibrio, que se encuentran bajo continua influencia antropogénica, con regímenes de perturbaciones muchas veces alterados, por ejemplo por la supresión de incendios y el control de las inundaciones; con control activo de la vegetación mediante la reducción y eliminación de la misma y mediante el diseño de parques y jardines, y de la fauna, mediante la captura de mamíferos no deseados. A su vez, la colonización y la extinción en los fragmentos de hábitat están influenciadas por los seres humanos, ya que de forma deliberada o accidental transportan especies entre estos parches o introducen especies no autóctonas, pudiendo modificar las estructuras de las comunidades y alterar las funciones de los ecosistemas (Szlavec *et al.*, 2011).

Como hemos visto, la dinámica de la biodiversidad en las ciudades es muy compleja y diferente a la de otros entornos, por lo que es muy importante tener esto en consideración y tener claridad en los objetivos de investigación y de gestión de la biodiversidad cuando se trabaja en estos contextos particulares. Es importante hacernos algunas preguntas para orientar nuestro trabajo: ¿Qué biodiversidad nos interesa conservar/estudiar? ¿Nos interesa incrementar la biodiversidad? ¿Con qué fines? ¿Nos interesa particularmente la biodiversidad nativa? Desde el

diseño de paisajes urbanos, la mejor forma de potenciar las funciones de los espacios verdes urbanos se cree que es a través de la conformación de una red verde urbana, que combine una variedad de tipos de espacios verdes para múltiples propósitos, entre los que podemos mencionar plazas y parques, arbolado urbano formando corredores, cinturones verdes, huertas urbanas, techos vivos, entre otros, conectando el territorio a diferentes escalas (casas, barrio, área urbana, área periurbana, etc).

Los paisajes periurbanos

La complejidad de las transformaciones territoriales, tanto del campo como de la ciudad, limitaron la capacidad de abordar estos procesos dentro de la tradicional dicotomía campo-ciudad, generando el término de “periurbano”, para definir este espacio de interface entre el área urbana consolidada y el área rural; un territorio productivo, residencial y de servicios, que contiene elementos de ambos sistemas (Sánchez, 2009, Morello & Mateucci, 2000). Estos periurbanos representan sistemas donde entran en contacto lo urbano y lo rural, alojando fragmentos de ecosistemas nativos junto con fragmentos transformados por el ser humano para distintos usos (suelos cultivados, uso industrial, urbano, etc.), en los que se ve reducida la biodiversidad natural y destruidos los controles homeostáticos naturales (Morello & Mateucci, 2000). Uno de los aspectos primordiales del periurbano es que en él se asientan los denominados “cinturones verdes”, formados por explotaciones primario-intensivas que se suelen ubicar en intersticios en estos espacios de interfase urbano-rural, y que son los principales responsables de abastecer de hortalizas frescas a la población, con la ventaja de desarrollarse próximas a la ciudad. Los periurbanos son zonas muy dinámicas y con intensos conflictos de interés entre las actividades productivas primarias y la urbanización; proveen de materias primas para la construcción de infraestructuras urbanas y de alimentos de cercanía para la población, además de aportar al mantenimiento de la calidad del agua y del aire de las zonas urbanas (Morello & Mateucci, 2000). Sin embargo, los periurbanos son también los principales receptores de los desechos de la ciudad y zonas con escasa a nula intervención estatal, caracterizadas por la falta de políticas adecuadas de ordenamiento territorial y de control del estado sobre las actividades que allí se desarrollan. Estas zonas de frontera urbana y agropecuaria, son las zonas donde se producen los cambios más dramáticos y más rápidos del paisaje; suelen presentar una fuerte degradación del medio ambiente que incluye fragmentación de hábitat, creación de nuevas configuraciones espaciales, pérdida de conectividad y de espacios para especies que cumplen funciones claves en los ecosistemas, cambios climáticos (a veces a nivel local y otras a nivel regional), y cambios de biodiversidad resultado de la acción antrópica (sobreexplotación, avance de invasoras, extinción) (Venier, 2014)

En estos paisajes periurbanos, diversos autores plantean la necesidad de valorar las granjas/quintas como espacios verdes que pueden proporcionar importantes beneficios ambientales y estéticos; en este sentido, las decisiones que se toman en relación al tipo de actividad

productiva que se realiza y el modelo definido para llevarla a cabo, tienen gran importancia por su influencia en el mantenimiento de la biodiversidad. El avance de la producción agrícola extensiva hacia los límites de la ciudad, así como el avance urbano y de producciones hortícolas intensivas, implican la simplificación del paisaje y la progresiva conversión en paisajes agrícolas homogéneos, la pérdida de diversidad biológica y de los servicios de los ecosistemas, lo que conlleva, además, a una disminución en la resiliencia de los sistemas productivos (Altieri & Letourneau, 1982; Sarandón, 2002). En este sentido, por los altos niveles de concentración de la población mundial en zonas urbanas, y como respuesta a las externalidades negativas generadas por el sistema alimentario dominante; la planificación urbana de la producción para garantizar alimentos saludables de proximidad es un tema que se encuentra actualmente en la agenda de los principales países desarrollados (Dansero *et al.*, 2017). Una adecuada planificación y desarrollo de áreas agrarias periurbanas basadas en los pilares de la agroecología y de la ecología de paisajes pueden contribuir enormemente al mantenimiento e incluso al incremento de la biodiversidad en estos paisajes periurbanos, contribuyendo a su resiliencia, aportando alimentos sanos y una amplia gama de servicios ecosistémicos. La diversidad de paisajes, en este contexto, contribuye a mejorar procesos como la polinización, el control de plagas y el ciclo de nutrientes, entre otros, de importancia en la producción de alimentos (Rositano *et al.*, 2012; Martín-López *et al.*, 2007).

Los actores internacionales, como la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), han planteado la agricultura sustentable como una solución a los problemas actuales en la producción de alimentos. La conservación de la biodiversidad es esencial para desarrollar producciones agrícolas sustentables. Para este propósito, como venimos viendo, es tan importante el mantenimiento de la vegetación natural que rodea los cultivos y los cultivos al aire libre, como el mantenimiento de las coberturas de vegetación semi-naturales a escala de paisaje, por ser considerados como proveedores de biodiversidad (Nicholls, 2009).

El caso del periurbano de La Plata

El caso del Cinturón Hortícola de La Plata (CHP), Argentina, es emblemático en este sentido, como ejemplo de las consecuencias que puede tener una planificación deficiente o inadecuada en un área periurbana afectando la biodiversidad y múltiples servicios ecosistémicos. El avance urbano desregulado, sumado al fuerte proceso de intensificación productiva, acompañado de la implementación desmedida de la tecnología del invernáculo y la falta de protección de las áreas con vegetación natural-semi-natural (por ejemplo márgenes de arroyos) ha definido un paisaje periurbano complejo e in-sostenible. La urbanización ha avanzado sobre las tierras de mejor calidad para la actividad productiva, la producción bajo invernáculos se ha incrementado notablemente, pasando en casi 30 años de ocupar 159 ha (1986) a ocupar 4370 ha (2015), lo que representa el 51% de la superficie hortícola total (Fig. 3). Al mismo tiempo, se ha dado una elevada concentración de estas producciones en ciertos sectores del periurbano (proceso de aglomeración) donde, además, la distancia a la zona urbana

es inadecuada según sugieren diversas regulaciones (el 68% de las producciones bajo invernáculo se encuentran a menos de 1000 metros del área urbana) (Baldini *et al.*, 2019). Los arroyos que atraviesan el periurbano también se han visto fuertemente intervenidos por la actividad productiva intensiva (el 45% de la producción bajo invernáculos se encuentra a menos de 200 metros) (Baldini *et al.*, 2019). Como resultado de este proceso las producciones hortícolas al aire libre se han reducido en número y tamaño; las márgenes de los arroyos, con vegetación riparia que podrían servir como corredores de biodiversidad entre las quintas productivas, han sido ocupados en gran medida por producciones hortícolas con elevado uso de agroquímicos; y en las zonas con mayor concentración de invernáculos y urbanización se ha reducido la presencia de vegetación semi-natural.

Existen diversos estudios realizados por grupos de investigación de la UNLP en los que evidencian las consecuencias más notorias de esta transformación en el paisaje y que, indirectamente, reflejan una pérdida de servicios ecosistémicos, entre las que encontramos: problemas de salinización de los suelos (Hurtado, 2006); inundaciones cada vez más frecuentes agravadas por la impermeabilización del suelo por la amplia superficie hortícola bajo invernáculo (García, 2011, Karol y San Juan, 2018); contaminación por agroquímicos de agua, suelo y alimentos (Sarandón *et al.*, 2015; Colombo *et al.*, 2015; Alonso *et al.*, 2015); y menor riqueza de invertebrados en los arroyos con producción hortícola en comparación con arroyos de zonas no hortícolas (Arias, 2019). Al mismo tiempo, las familias productoras identifican un incremento en los problemas de plagas y un fuerte deterioro de los suelos, con disminución de la capacidad productiva, lo que muchas veces los lleva a desplazarse hacia otras zonas del partido. Dubrovsky (2018) y Fernández (2015) han hecho importantes aportes para entender la importancia de mantener y propiciar ambientes con vegetación semi-natural para la conservación de la biodiversidad, y para entender la influencia del modelo productivo sobre los mismos. Dubrovsky (2018) ha demostrado entre otros aspectos, la importancia en el CHP de los ambientes semi-naturales marginales a las quintas para conservar las comunidades de enemigos naturales. Al mismo tiempo, ha detectado la influencia de las prácticas productivas en la trama trófica de enemigos naturales, ya que al comparar quintas agroecológicas con quintas con distinto uso de agroquímicos, todos los ambientes estudiados de las quintas agroecológicas presentaron redes tróficas más complejas, y al comparar las zonas cultivadas observó que en cultivos con uso de agroquímicos había una simplificación de las tramas tróficas y pérdida de grupos funcionales (ver capítulo 8). Fernández (2015) encontró, en quintas hortícolas con uso de agroquímicos, que la riqueza de familias y especies y el número de especies en flor de la vegetación espontánea era menor que en aquellas con manejo de base ecológica. Al mismo tiempo, existen aún en el Partido de La Plata ambientes con vegetación semi-natural, una amplia zona ganadera y con vegetación riparia y un importante porcentaje de cultivos al aire libre (Baldini *et al.*, 2019). Estos ambientes tienen un gran potencial, pero requieren de una planificación territorial adecuada y políticas públicas que permitan conservar estos ambientes, incrementarlos y mejorar su conectividad a través de un diseño de paisaje adecuado, acompañado por la

promoción de prácticas productivas más sustentables que propicien una transición a la agroecología. En el diseño de paisajes al pensar en estrategias para promover una mayor presencia de ambientes semi-naturales y corredores, la utilización de plantas nativas es siempre recomendable para la conservación de la diversidad nativa y la integridad ecológica.

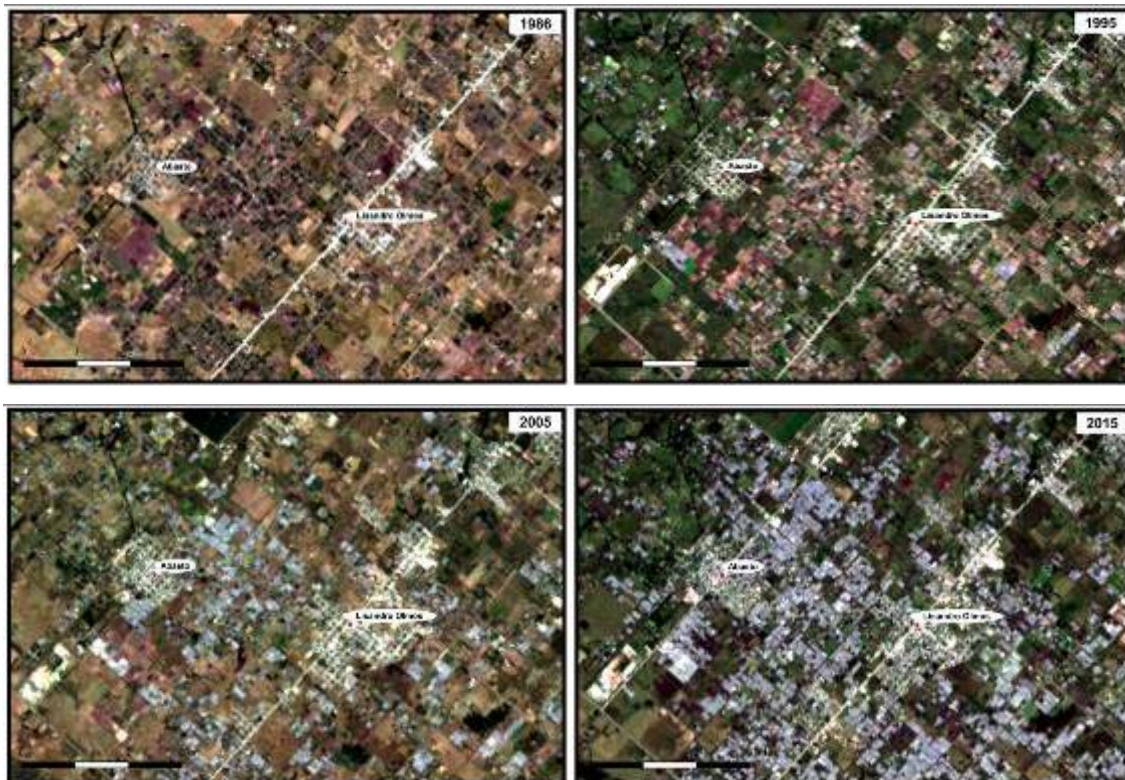


Fig. 11.3. Cambios en el uso del suelo en un sector del Cinturón Hortícola Platense entre 1986 y 2015. Se puede ver el avance y concentración de la producción bajo invernáculo (celeste), desplazando otros usos del suelo. Elaborado en Qgis 2.16.

La gestión de pasajes biodiversos

Algunos criterios para la conservación de la biodiversidad a nivel de paisaje

Existen numerosas teorías ecológicas orientadas a explicar la estructura comunitaria en el interior de los parches en hábitats fragmentados, que han servido como guía para el establecimiento de criterios de utilidad en el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad en hábitats fragmentados (Cuadro 11.1). Herrera (2011) realizó una síntesis de las principales teorías, destacando entre ellas a la hipótesis del muestreo, los umbrales de extinción relacionados con la pérdida de hábitat, la dinámica de metapoblaciones, los corredores biológicos y los principios de diseño de reservas. Considerar sólo las características de los fragmentos de hábitat en el desarrollo de estrategias de conservación puede resultar insuficiente, por lo que existen propuestas que consideran muy importante contemplar las características estructurales de la matriz.

Cuadro 11.1. Consideraciones para el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad en hábitats fragmentados. Desarrollado en base a Herrera (2011).

CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN HÁBITATS FRAGMENTADOS	
Priorizar la conservación y el mantenimiento de parches grandes y estructuralmente complejos	Los parches de gran tamaño y con gran heterogeneidad interna soportan una mayor diversidad de especies nativas y una mayor resistencia hacia las perturbaciones
Aumentar la calidad de los fragmentos	Una baja calidad de fragmentos puede afectar a la supervivencia a largo plazo de las especies
Mantener la complejidad estructural del área circundante a los fragmentos	Cuanto más parecida sea la estructura de la matriz a la del fragmento, mayor será la efectividad a la hora de reducir los efectos de borde y el mantenimiento de especies nativas en el interior de los fragmentos, reduciendo el riesgo de extinción
Mantener la complejidad estructural de la matriz a escala de paisaje	La diversidad de elementos paisajísticos con distinta estructura y configuración, brinda una mayor diversidad de hábitats potenciales para las especies
Conservar y mantener parches de pequeño tamaño y otros elementos	Los parches de pequeño tamaño e incluso elementos discretos como los árboles aislados en el interior de la matriz, mejoran considerablemente la conectividad global del paisaje para las especies. Los parches de pequeño tamaño aportan no sólo recursos alternativos y hábitat, sino también lugares de reposo durante el periodo dispersivo
Complementar la acción de los corredores con las propiedades de la matriz	Cuanto mayor sea la similitud estructural entre el corredor y la matriz, mayor será la efectividad de los corredores ecológicos
Considerar la configuración espacial de los fragmentos remanentes	El patrón espacial de los fragmentos influencia enormemente la probabilidad de dispersión y recolonización entre fragmentos, por lo cual es necesario tener en cuenta tanto la cantidad de hábitat remanente como su configuración en el espacio
Considerar el componente temporal de la matriz	Es importante considerar que las propiedades de la matriz no permanecen constantes en el tiempo, ya que esta es, generalmente, de origen antrópico, y el uso del territorio varía con el tiempo
Definir una escala espacial adecuada	Las especies difieren en la escala espacial a la que perciben el paisaje, por lo tanto, no existe una única escala de actuación adecuada para el conjunto de las especies presentes en una comunidad, siendo importante determinar la escala adecuada en función de las especies que estratégicamente interese proteger, así como los procesos ecológicos en los que estas se encuentran implicadas

Es importante destacar que cuando nos referimos al tamaño de los parches, el tamaño adecuado variará según los ambientes sobre los que estemos trabajando, el interés detrás de la estrategia de gestión que estemos desarrollando y los organismos o grupos funcionales que estemos priorizando conservar. El tamaño de un parche para ser considerado grande no será el mismo si se trata de un parche de vegetación natural, de agricultura extensiva o de horticultura; tampoco será el mismo si nuestro interés está en conservar entomofauna benéfica, murciélagos o grandes mamíferos. Dependiendo de nuestro objetivo deberemos buscar el tamaño de parche más adecuado. Sin embargo, de no contar con el tiempo o la información necesaria, es importante recordar que una estrategia que potencia la conservación de la biodiversidad a escala de paisaje y que puede ser de utilidad para distintos grupos de organismos es la de contar con parches de diversos tamaños.

Algunas propuesta de gestión de áreas urbanas y periurbanas que promueven la biodiversidad

Desde los ámbitos de gestión, casi todas las ciudades en el mundo están planeando en mayor o menor medida reintroducir a la naturaleza en su paisaje urbano, ya sea con fines estéticos, para el aprovechamiento de espacios sin una utilidad concreta o buscando algunos de los beneficios que mencionamos anteriormente; todas ellas aunque motorizadas por distintos fines contribuyen al mantenimiento y al incremento de la biodiversidad urbana y de los servicios ecosistémicos que ella provee. América del Norte y Europa tienen importantes avances en este sentido, seguidos por Asia (particularmente Singapur y en menor medida, grandes ciudades como Tokio y Seúl), Australia, Sudamérica y África. Pengue (2018) ha hecho una recopilación de experiencias de distintas partes del mundo, destacando una serie de ejemplos que mencionaremos brevemente. Singapur es un importante ejemplo de revegetación, mediante la introducción de jardines, corredores verdes, parches ecológicos, redes de canales reverdizados, lagunas urbanas y ríos reconvertidos. Un proceso similar están atravesando Quebec, Montreal, Portland, San Francisco, Oslo y Río de Janeiro, entre otros. Una tendencia creciente es la de revegetar a través de huertos urbanos; un ejemplo emblemático de ello en Argentina es la ciudad de Rosario, a través de la creación de los “parques comestibles”. En Italia, en sintonía con esta tendencia, Milán ha creado el llamado Bosco Verticale que equivale a una hectárea de bosque plantado en los techos, balcones y terrazas en dos torres de 200 metros de altura. En Taiwán, Taipéi ha desarrollado el jardín Tao Zhu, con árboles y jardines de vegetales en cada uno de sus pisos. En París y Nueva York, muchos de los techos de los edificios se han reconvertido a sistemas productivos, actuando también como faros para la circulación de insectos, aves y otros controladores biológicos, fortaleciendo las redes de descanso, alimento y procreación. La ciudad de Chicago, y otras ciudades de Canadá, Alemania, Suecia y Japón, han decidido desde los gobiernos estatales reemplazar los techos de alquitrán por jardines, con el propósito de reducir el costo energético, mejorar la calidad del aire y controlar la cantidad de agua de lluvias.

En cuanto a la planificación de las áreas periurbanas productoras de alimentos de proximidad, las pioneras fueron Toronto (Canadá) y Nueva York (Estados Unidos) y, más recientemente, algunas ciudades de Europa como Londres y algunas ciudades del Reino Unido (Dansero *et al.*, 2017). Existen experiencias muy exitosas y competitivas desarrolladas a nivel internacional (por ejemplo, cinturones verdes de Ontario, Munich y Milán), basado en la figura denominada “Parques Agrarios”, áreas que incluyen un programa de desarrollo integral de la actividad hortícola, las producciones silvo-pastoriles y las granjas con valor agregado (Giobellina 2017). Algunas propuestas de Parques Agrarios, que incluían un sistema productivo agro-ecológico, el desarrollo productivo y el establecimiento de zonas de reserva natural, fueron desarrollados para algunos cinturones hortícolas peri-urbanos del país (Giobellina 2017; Garcia, 2015); sin embargo, por el momento, ninguna de las propuestas ha sido implementada.

Conclusiones

Las modificaciones que las actividades humanas están ejerciendo actualmente sobre los ecosistemas, especialmente a través de los cambios en las coberturas/ usos del suelo, están afectando severamente la biodiversidad del planeta. A su vez, los cambios en la biodiversidad repercuten directa o indirectamente sobre el bienestar humano, al comprometer el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad.

Al mismo tiempo, hoy en día existe un fuerte cuestionamiento al modelo de producción de alimentos hegemónico, reconociéndose la necesidad de desarrollar agroecosistemas más sustentables, que prescindan del uso de agroquímicos y que incorporen el aprovechamiento de ciertas funciones y servicios ecosistémicos que nos brinda la naturaleza y que son de gran utilidad para la actividad productiva. Para ello, la biodiversidad es esencial, y para garantizar su conservación y la presencia de la misma en los sistemas productivos, es sumamente importante pensar estrategias de planificación territorial y políticas públicas de promoción de la producción sustentable de alimentos que contemplen diferentes escalas; siendo tan importante el diseño y el manejo que se haga de la unidad productiva, como del paisaje que rodea a la misma.

Poder interpretar un paisaje es importante porque los patrones espaciales de los distintos elementos que lo componen y los cambios en su estructura influyen en los flujos y transferencias de organismos, materiales y/o energía, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta provee. La ecología del paisaje nos da herramientas para interpretar los patrones espaciales de los ecosistemas y su implicancia en los procesos ecológicos; nos permite entender los efectos que el patrón espacial y los cambios en la estructura del paisaje tienen sobre la distribución, circulación y persistencia de las especies; y nos brinda criterios de utilidad para el desarrollo de estrategias de conservación de la biodiversidad y para el diseño de paisajes sustentables.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué son los servicios ecosistémicos? ¿Qué tipo de servicios ecosistémicos existen? ¿Qué relación tiene la biodiversidad con los servicios ecosistémicos?*
2. *¿Qué estudia la ecología del paisaje?*
3. *¿Cuáles son los elementos que conforman un paisaje?*
4. *¿Qué paisaje es más adecuado para conservar la biodiversidad, uno con 5 parches grandes o uno con 1 o 2 parches grandes, intercalados con parches de mediano y pequeño tamaño?*
5. *¿Al establecer un corredor garantizo la conservación de todas las especies presentes en el paisaje?*
6. *¿Qué es la conectividad? ¿Qué tipos de conectividad existen?*
7. *¿Qué relación tiene el paisaje con la biodiversidad?*
8. *¿Cómo influyen el paisaje y la diversidad de paisaje en la producción hortícola?*
9. *¿Cómo puedo evaluar la diversidad de un paisaje?*
10. *¿De qué forma se puede mantener o mejorar la diversidad de paisaje?*
11. *¿Cuáles fueron los principales cambios en las coberturas/usos del suelo a nivel mundial? ¿Y en Argentina? ¿Qué implicancias tuvieron esos cambios para la biodiversidad?*
12. *¿Qué características tienen los paisajes urbanos? ¿Qué desafíos representan para la ecología del paisaje?*
13. *¿Qué características tienen los paisajes periurbanos? ¿Qué desafíos representan para la ecología del paisaje? ¿Y para el desarrollo de producciones hortícolas sustentables?*
14. *¿Qué criterios generales se pueden tener en cuenta para el diseño de paisajes sustentables?*
15. *A partir de lo visto en este capítulo ¿Qué decisiones tomaría para transformar un paisaje agrícola extensivo homogéneo en un paisaje más biodiverso? ¿Y en el caso de un cinturón hortícola periurbano?*

Referencias

- Alonso L, C Bernasconi, A Ciciarelli, C De Castro, C Esteban, A Etchegoyen, T MacLoughlin, L Muntaner, R Ledesma, L Orofino, C Percudani, A Piccinini, M Rojo, JM Santillán & S Vittori (2015). Plaguicidas: los condimentos no declarados. XIII jornadas de jóvenes investigadores grupo Montevideo. Ciencia, tecnología e innovación para la inclusión social. La Plata, Buenos Aires.
- Altieri MA & DL Letourneau (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.

- Arias M (2019). Efecto del uso de fertilizantes y pesticidas sobre organismos acuáticos en arroyos de la zona hortícola de La Plata. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. 147 pp.
- Baldini C, ME Marasas & AA Drozd (2019). Entre la expansión urbana y la producción de alimentos. El conflicto rural/urbano en relación al patrón espacial de usos del suelo en el partido de La Plata, Buenos Aires. *Rev. Fac. Agron. La Plata*, 118 (2): 1-18.
- Baudrón S (2007). El mundo global y la transformación de las áreas metropolitanas de América latina. En: Svetlitz de Nemirovsky A (coord.) *Globalización y Agricultura periurbana en Argentina. Escenarios, recorridos y problemas*. Serie Monografías, FLACSO Maestría de Estudios Sociales Agrarios, Buenos Aires. 180 pp.
- Bertoni JC, S Ambrosino, O Barbeito, A Daniele, JA Maza, CU Paoli & JJ Serra (2004). Inundaciones urbanas en la Argentina. GWP-SAMTAC, Programa Asociado de Gestión de Crecidas, Universidad Nacional de Córdoba. Secretaría de Ciencia y Técnica, Comité Permanente de los Congresos Nacionales del Agua, Argentina.
- Colombo JC, M Astoviza, C Bilos, N Cappelletti, C Migoya, M Morrone, C Skorupka, E Speranza & L Tatone (2015). Subproyecto "Biogeoquímica de contaminantes". En: Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires. Mapa de situación e incidencias sobre la salud. Defensor del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires y UNLP.
- Conijn JG, PS Bindraban, JJ Schröder & REE Jongschaap (2018). Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agriculture, ecosystems & environment*, 251, 244-256.
- Dansero E, G Pettenati & A Toldo (2017). The relationship between food and cities and urban food policies: a space for geography? *Bollettino della società geografica italiana*. 13 (5): 4-19.
- Dubrovsky Berensztein N (2018). Estudio de la entomofauna en agroecosistemas del Cinturón Hortícola de La Plata, para el diseño participativo de estrategias de control biológico por conservación (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71094>
- Fernández V & ME Marasas (2015). Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114 (Núm. Esp. 1): 15-29.
- Forman RT (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape ecology*, 10(3), 133-142.
- García M (2011). El cinturón hortícola platense: ahogándonos en un mar de plásticos. Un ensayo acerca de la tecnología, el ambiente y la política. THEOMAI nº 23, primer semestre 2011.
- García M (2015). Colonia hortícola o Barbarie: Diagnóstico y propuestas de cambio para el área hortícola platense. *Boletín hortícola*. 19 (53): 20-26.
- Gibbs HK, AS Ruesch, F Achard, MK Clayton, P Holmgren, N Ramankutty & JA Foley (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38): 16732-16737.
- Giobellina BL (2017). El cinturón verde de Córdoba: hacia un plan integral para la preservación, recuperación y defensa del área periurbana de producción de alimentos. Ediciones INTA,

- Manfredi, Córdoba. 35pp. On line: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el-cinturon-verde-de-cordoba_0.pdf
- Giobellina BL (2018). La alimentación de las ciudades: transformaciones territoriales y cambio climático en el Cinturón Verde de Córdoba. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 258pp. On line: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_la_alimentacion_de_las_ciudades.pdf
- Goldewijk KK (2001). Estimating global land use change over the past 300 years: the HYDE database. *Global Biogeochemical Cycles* 15(2):417–34
- Herrera JM (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Revista Ecosistemas*, 20(2-3).
- Hurtado MA, JE Gimenez & MG Cabral (eds) (2006). Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial. Consejo Federal de Inversiones, 1ª ed.
- Karol JL & GA San Juan (2018). Saber qué hacer: construcción de un sistema para la gestión integrada del riesgo hídrico en la región del Gran La Plata. Eds. Jorge L. Karol; Gustavo San Juan. - 1a edición especial - Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, La Plata. On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67730>
- Keitt TH, DL Urban & BT Milne (1997). Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation ecology*, 1(1).
- Lambin EF, HJ Geist & E Lepers (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*, 28(1): 205-241.
- Martellozzo F, F Amato, B Murgante & KC Clarke (2018). Modelling the impact of urban growth on agriculture and natural land in Italy to 2030. *Applied Geography*, 91: 156-167.
- Martin-López B, J González, S Díaz, I Castro & M García Llorente (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*. 16(3): 69-80.
- Matteucci SD (2004). Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón-proceso. Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa, *Fronteras*, 1-29.
- Matteucci SD & GD Buzzai (1998). Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial. EUDEBA, Buenos Aires. 454 pp.
- Médico CM (2016). La vegetación como posibilidad de integración espacial, ambiental y social en los paisajes de interfase urbano-rural de la provincia de Mendoza. *Revista de las Facultades de Arquitectura e Ingeniería*. On line: <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/FAI/article/view/794>
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being. Current state and trends*. Island Press, Washington, D.C.
- Morello JH, GD Buzai, C Baxendale, A Rodríguez, SD Matteucci, RE Godagnone & RR Casas (2000). Urbanización y consumo de tierra fértil. *Ciencia Hoy*, 10(55), 50-61.
- Newbold T, LN Hudson, SL Hill, S Contu, I Lysenko, RA Senior & J Day (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520 (7545), 45. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14324>

- Nicholls CI (2009). Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. En: Altieri M (Comp.) *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA, Medellín, Colombia. 364 pp.
- Nogué J (2007). La construcción social del paisaje. Biblioteca Nueva, Madrid. 343 pp.
- Norton BA, KL Evans & PH Warren (2016). Urban biodiversity and landscape ecology: patterns, processes and planning. *Current Landscape Ecology Reports*, 1(4), 178-192.
- Paruelo JM, JP Guerschman, G Piñeiro, EG Jobbagy, SR Verón, G Baldi & S Baeza (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, 10(2), 47-61.
- Pengue W (2005). *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina ¿La transgénesis de un continente?*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA). Universidad de Buenos Aires. 220 pp.
- Pengue W & AF Rodriguez (2018). Agroecología, Ambiente y Salud: Escudos Verdes Productivos y Pueblos Sustentables. Fundación Heinrich Böll. Buenos Aires y Santiago. 247 pp. On line: https://www.researchgate.net/publication/329125037_Agroecologia_Ambiente_y_Salud_Escudos_Verdes_Productivos_y_Pueblos_Sustentables
- Pielke RA, A Pitman, D Niyogi, R Mahmood, C McAlpine, F Hossain, KK Goldewijk, N Udaysankar, R Betts, S Fall, M Reichstein, P Kabat & N de Noblet (2011). Land use/land cover changes and climate: Modeling analysis and observational evidence. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 828–850.
- Ramankutty N & JA Foley (1999). Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13(4): 997–1027.
- Ramankutty N, E Amato, TC Monfreda & JA Foley (2008). Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22: 1-19.
- Risser PG, JR Karr & RTT Forman (1984). Landscape ecology: directions and approaches. Illinois Natural History Survey Special Publ. 2, Champaign.
- Rockström J, W Steffen, K Noone, A Persson, FS Chapin, E Lambin, TM Lenton, M Scheffer, C Folke, HJ Schellnhuber, B Nykvist, CA de Wit, T Hughes, S van der Leeuw, H Rodhe, S Sörlin, PK Snyder, R Costanza, U Svedin, M Falkenmark, L Karlberg, RW Corell, VJ Fabry, J Hansen, B Walker, D Liverman, K Richardson, P Crutzen and J Foley (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14 (2):32.
- Rositano F, M López, P Benzi & DO Ferraro (2012). Servicios de los ecosistemas: un recorrido por los beneficios de la naturaleza. *Agronomía & Ambiente*, 32(1-2): 49-60.
- Sánchez H (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Procuraduría Agraria, Estudios Agrarios*. 93-123.
- Santos M (2000). La naturaleza del espacio: técnica y tiempo, razón y emoción. Ed: Ariel, Barcelona. 348 pp.
- Sarandón SJ (2002). "La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El Impacto de la Agricultura intensiva de la Revolución Verde". En Sarandón SJ (Ed.) *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, La Plata.

- Sarandón SJ, CC Flores, E Abbona, MJ Iermanó, ML Blandi, M Oyhamburu & M Presutti (2015). Subproyecto “Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la Provincia de Buenos Aires”. En: Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires. Mapa de situación e incidencias sobre la salud. Defensor del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires y UNLP.
- Shafer CL (1990). Nature reserves: Island theory and conservation practice. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Steffen W, K Richardson, J Rockström, SE Cornell, I Fetzer, EM Bennett, R Biggs, SR Carpenter, W de Vries, CA de Wit, C Folke, D Gerten, J Heinke, GM Mace, LM Persson, V Ramanathan, B Reyers & S Sörlin (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347 (6223).
- Szlavecz K, P Warren & S Pickett (2011). Biodiversity on the urban landscape. *Human Population*, 75-101.
- Taylor PD, L Fahrig, K Henein & G Merriam (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571-573.
- Turner MG (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 20(1), 171-197.
- Vega E, G Baldi, EG Jobbágy & J Paruelo (2009). Land use change patterns in the Río de la Plata grasslands: The influence of phytogeographic and political boundaries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134 (3–4), 287–292.
- Venier GR (2014). Gestión integral del hábitat en los bordes urbanos rurales (BUR). In XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11), La Plata. Pp. 1026-1037.
- World Bank (2018). Understanding poverty. Land topic. Recuperado de: <http://www.worldbank.org/en/topic/land>. Último acceso: junio de 2019.

CAPÍTULO 12

Biodiversidad funcional: comprensión y evaluación para el manejo agroecológico

*María José Iermanó, María Fernanda Paleologos
y Santiago Javier Sarandón*

Introducción

Uno de los grandes desafíos de las generaciones actuales es lograr un manejo sustentable de los agroecosistemas que compatibilice la producción de alimentos sanos y nutritivos, de forma social y culturalmente aceptable, con la conservación de los bienes comunes. La Agroecología considera que ello es posible a través del incremento de la biodiversidad o agrobiodiversidad funcional, cultivada y/o silvestre, a fin de potenciar y aprovechar ciertas funciones ecológicas, como servicios importantes para los seres humanos, y así disminuir el uso de insumos caros y nocivos. Algunos de los servicios ecológicos esenciales para el manejo de agroecosistemas son la regulación biótica, el ciclado de nutrientes, el mantenimiento del ciclo hidrológico, la polinización, la regulación del microclima, la estabilidad del suelo, la descomposición de la materia orgánica, entre otros. Por ejemplo, un fortalecimiento del servicio ecológico de regulación biótica permitiría reducir la necesidad de uso de plaguicidas. Estos servicios provienen de ciertos procesos ecológicos que ocurren en los ecosistemas, en este caso, los agroecosistemas, los cuales, a su vez, dependen del nivel de biodiversidad funcional presente en nuestro sistema y en el paisaje circundante. Esto la sitúa como la clave del manejo agroecológico. Pero ¿de qué hablamos cuando nos referimos a la biodiversidad funcional? ¿Cómo sabemos si está presente? ¿Cuál es el nivel de biodiversidad que garantiza la provisión de ciertos servicios ecológicos? ¿Con qué ensamblaje?

La biodiversidad o diversidad biológica es la variabilidad de organismos vivos, incluyendo los ecosistemas y los complejos ecológicos de los que forman parte (UNEP, 1992), es decir, los organismos vivos de todos los niveles de organización. Cuando se trata de la biodiversidad de los agroecosistemas hablamos de la diversidad biológica agrícola o agrobiodiversidad que, de acuerdo a la UNEP (2000), comprende la diversidad planeada o cultivada, la diversidad asociada y la diversidad cultural, dado que el nivel de agrobiodiversidad presente y la

complejidad del sistema están determinados por los conocimientos, valoraciones y las prácticas de manejo del agricultor y de la agricultora. Éstos establecen cuál es la superficie de las parcelas, su forma, época de siembra, los cultivos que utilizan, sus acompañantes, la distancia entre plantas, el manejo de la fertilidad, la presencia de ganado, etc. En líneas generales, puede decirse que la biodiversidad funcional es la biodiversidad que determina el funcionamiento del ecosistema, y, por lo tanto, la responsable de la ocurrencia de variados procesos ecológicos individuales y sistémicos. Existen varias definiciones derivadas de distintas áreas o teorías de la ecología, por lo que es fundamental establecer qué se entiende por biodiversidad funcional desde la agroecología y cómo evaluarla. En este capítulo abordaremos el concepto de biodiversidad funcional y su evaluación para el manejo agroecológico, repasando algunos conceptos utilizados en ecología.

Composición, estructura y funcionamiento

Los agroecosistemas son sistemas muy complejos. Son básicamente sistemas ecológicos (ecosistemas modificados), con componentes biológicos distribuidos en el tiempo y espacio, interactuando con componentes socioculturales, como los objetivos, conocimientos, racionalidades y culturas de los agricultores y agricultoras (Sarandón, 2014). Por lo tanto, su abordaje requiere de cierta simplificación para entenderlos, pero manteniendo niveles aceptables de complejidad. El enfoque de sistemas permite enfrentar este desafío, abordar esta complejidad, considerando el agroecosistema como un conjunto, identificando sus límites, componentes, interacciones, flujos, entradas y salidas, para obtener un modelo simplificado de la realidad que sirva de herramienta para un manejo agroecológico, ya que la visión sistémica permite percibir aspectos que, de otra manera, pasarían inadvertidos.

Al igual que cualquier sistema, los ecosistemas y agroecosistemas tienen componentes, estructura y funciones. La estructura está dada por la organización de los componentes bióticos y abióticos. Puede ser muy simple o compleja y depende del número y tipo de componentes y del arreglo entre estos componentes. Los componentes biológicos de los agroecosistemas están constituidos por poblaciones. Una población puede definirse como un conjunto de individuos de la misma especie que viven en un mismo hábitat y tiempo, y que comparten ciertas propiedades biológicas, las que resultan en una afinidad reproductiva y ecológica del grupo. Algunas poblaciones son especies domesticadas, como los cultivos (una población de trigo, de maíz, de papa, de remolacha) o el ganado, mientras que otras corresponden a las poblaciones silvestres que prosperan espontáneamente, como las denominadas malezas y plagas. Estos componentes se relacionan entre sí a través de interacciones biológicas (predación, herbivoría, parasitismo, competencia), organizándose en una determinada estructura, las que junto con otros aspectos determinan el funcionamiento del ecosis-

tema o agroecosistema y, en consecuencia, el grado de cumplimiento de los procesos ecológicos. Por ejemplo, en función al modo en que obtienen los nutrientes, los componentes se pueden agrupar en productores, consumidores y descomponedores. La diversidad de estos dos últimos depende de los productores, ya que con su presencia y características crean las condiciones necesarias para el resto de los eslabones. Por lo tanto, la vegetación es el eslabón que determina la complejidad de las redes tróficas, es la base trófica del sistema.

Asimismo todo sistema tiene niveles jerárquicos, niveles que contienen a otros. En el caso de los ecosistemas y agroecosistemas, se puede hablar de una jerarquía de organización anidada, es decir, sistemas construidos a partir de subsistemas, dando como resultado distintos niveles de organización biológica: genes dentro de células que generan individuos, que se agrupan en poblaciones, estas en comunidades (conjunto de poblaciones), luego ecosistemas (conjunto de comunidades) y biomas (conjunto de ecosistemas) (Smith & Smith, 2007). Toda esta organización es la que determina el nivel de funcionamiento del agroecosistema. Por lo tanto, los “servicios” que pueda proveer, no dependen sólo de las especies presentes (diversidad específica), sino de lo que denominamos su biodiversidad funcional, que no es lo mismo.

Biodiversidad específica vs. biodiversidad funcional

Tradicionalmente, se ha relacionado el funcionamiento de los ecosistemas con la biodiversidad entendida como la cantidad de especies, por lo que la biodiversidad por mucho tiempo fue definida y evaluada por la riqueza específica y su abundancia relativa. Por ello los índices más utilizados son la riqueza específica (S) evaluada a través del número de especies presentes en un ecosistema, o la riqueza y abundancia medida a través del índice de Shannon o Simpson (Moreno, 2001) (Anexo 12.1). Estos índices son de amplia aplicación, relativamente sencillos de obtener y pueden utilizarse en los agroecosistemas para evaluar diferentes aspectos, como la diversidad de cultivos o de hábitats en un paisaje agrícola, pero no aportan mucha información acerca de las funciones ecológicas, ya que no fueron construidos para esto (Stupino *et al.*, 2014). Por ejemplo, si queremos saber si en una finca tenemos suficiente biodiversidad como para asegurar la regulación biótica y entonces no necesitar pesticidas, la aplicación de estos índices puede resultar insuficiente para tomar este tipo de decisiones.

En las últimas décadas, se reconoció que la riqueza específica (número de especies) resulta una medida demasiado simple para evaluar el funcionamiento de los ecosistemas. Al demostrar que la diversidad funcional podría explicar mejor la variación del funcionamiento del ecosistema, la función surgió como un complemento necesario del concepto de biodiversidad (Martín-López *et al.*, 2007).

Anexo 12.1: mediciones frecuentes de la diversidad a partir de la riqueza específica

Índice de Shannon-Wiener: es un índice de equitatividad. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Puede tener valores entre 0 Adquiere valores entre cero (cuando hay una sola especie) y el logaritmo de S (cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos). Se calcula según la siguiente fórmula: $H' = - \sum p_i \ln p_i$

Índice de Simpson: es un índice de dominancia. Expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$D = 1 - \sum p_i^2$$

Para ambos casos, p_i es el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Fuente: Moreno, 2001.

Diversidad Alfa, Beta y Gamma: Una caracterización espacial de la biodiversidad, medida como riqueza específica, es la diversidad Alfa, Beta y Gamma. La diversidad Alfa es la riqueza dentro de un área de referencia local (como una parcela cultivada o un ambiente semi-natural). La diversidad Beta es la tasa de recambio de especies entre hábitats de Alfa diversidades (distintas parcelas cultivadas o ambientes semi-naturales), siendo mayor cuanto más difieran los hábitats entre sí. La diversidad Gamma es la riqueza total de especies en una unidad espacial mayor (un agroecosistema o un paisaje) y contiene las Alfa diversidades. Pongamos el ejemplo simple de dos agroecosistemas extensivos, uno agrícola-ganadero (A) y otro agrícola (B), para comparar la diversidad cultivada. La diversidad alfa es baja en todas las parcelas de ambos agroecosistemas porque son monocultivos, exceptuando la parcela de pastura consociada (policultivo de 3-5 especies) en el agroecosistema A (mayor diversidad Alfa). En el agroecosistema A, la diversidad entre parcelas (Beta) es más alta porque difieren más en las especies cultivadas dentro la parcela (monocultivo versus policultivo). La diversidad Gama es mayor en el agroecosistema A (4 cultivos versus 2 cultivos). Esta medida espacial de la biodiversidad brinda una idea general del grado de heterogeneidad del agroecosistema considerado.



Figura: Esquema simplificado de la diversidad cultivada de dos agroecosistemas extensivos, uno mixto (A) y otro agrícola (B). Modificado de Stupino *et al.* (2014).

Una descripción detallada de los distintos índices de biodiversidad puede encontrarse en Moreno (2001).

Funciones, procesos y servicios ecológicos

Frecuentemente, al hablar de biodiversidad funcional suelen utilizarse los términos función, proceso y servicio de manera indistinta. El concepto de función tiene muchas definiciones e interpretaciones, también relacionadas con los términos procesos y servicios, lo que deriva en la existencia de varias definiciones de biodiversidad funcional. Por lo tanto, para establecer nuestro concepto de biodiversidad funcional necesitamos entender primero las distintas nociones de función y su relación con los procesos y servicios ecológicos.

Se distinguen cuatro usos principales de "función" (Jax, 2005):

1) *procesos a nivel individual* y las relaciones causales que los originan: la función indica lo que sucede entre dos objetos (bióticos o abióticos). Por ejemplo, la asimilación de nutrientes por parte de una planta, un evento de herbivorismo particular, meteorización de la roca, acumulación de materia orgánica, etc. El objeto biótico refiere solo a los organismos (individuos de una población). La función es usada como sinónimo de proceso individual.

2) *procesos sistémicos*: los objetos se visualizan en un contexto más complejo, es decir, dentro de un sistema ecológico. Por ejemplo: el ciclo del nitrógeno, interacciones biológicas, el ciclo de la materia orgánica, las redes tróficas, el flujo de la energía, etc. La función es usada como sinónimo de procesos ecológicos.

3) *rol de los objetos dentro del sistema*: según esta noción de función, el objeto biótico, es decir, los organismos (individuos o las especies a las que pertenecen) se dividen en diferentes grupos funcionales según sus roles individuales. Los grupos se conforman por individuos que comparten un mismo rol dentro del ecosistema. Bajo esta perspectiva los objetos bióticos no son los "protagonistas de los procesos" (planta que absorbe nutrientes) sino que son los "portadores de las funciones" (productores primarios). Por ejemplo: los grupos de productores, consumidores, detritívoros (definidos según su rol en la cadena trófica), fijadores de nitrógeno, etc. La forma de definir estos grupos funcionales también es variable según el objetivo de estudio, aunque actualmente tiene una fuerte asociación con el enfoque de caracteres o rasgos funcionales (Martín-López *et al.*, 2007).

4) *relaciones de un sistema ecológico con los humanos*: la función se entiende como un servicio que se atribuye a un ecosistema, dependiendo de su uso práctico. Requiere de un beneficiario, es una visión antropocéntrica. Tiene una connotación utilitaria, traducéndose en servicios del ecosistema (servicios ecológicos o ecosistémicos). Por ejemplo, secuestro de carbono, purificación del aire, polinización, fijación de nitrógeno, etc.

Según las cuatro nociones de función descritas, podemos ver que en el ecosistema hay distintos tipos de procesos que son diferentes de acuerdo al nivel de organización. Existen procesos individuales que se dan a nivel de organismos o poblaciones (entre los que también se incluyen los grupos funcionales) y procesos sistémicos que se dan a nivel de ecosistema. Ambos tienen que ver con el funcionamiento del ecosistema, pero cuando la función se refiere a una capacidad de las partes de los ecosistemas podríamos hablar sobre las funciones o procesos **en** los ecosistemas (las funciones están "dentro" del ecosistema), mientras que cuando se usa para referirse a una capacidad del ecosistema como un todo podríamos hablar de las funciones o

procesos **de** los ecosistemas (las funciones “emergen” desde los ecosistemas hacia un sistema mayor, son propiedades emergentes del ecosistema) que, en definitiva, también dependen de sus partes y de cómo se organizan (Farnsworth *et al.*, 2017).

Por lo tanto, el funcionamiento del ecosistema o agroecosistema se expresa a través de procesos o características específicas (como la descomposición de la hojarasca, la evapotranspiración, movilización de nutrientes, la interceptación de la luz, forma de crecimiento, tamaño corporal, capacidad de fijación de nitrógeno, contenido de ácidos orgánicos de raíz, etc.) (de Bello *et al.*, 2010) y procesos del ecosistema (como el flujo de energía, el ciclo de nutrientes, el ciclo del agua, la regulación biótica, la sucesión y la evolución) (Lugo & Morris, 1982; Gliessman, 2002; Farnsworth *et al.*, 2017).

Los procesos o funciones que ocurren dentro de un ecosistema en los distintos niveles de organización son biológicos y son propios del ecosistema. En cambio cuando hablamos de servicios ecológicos nos referimos a funciones antrópicas de un ecosistema o un organismo. Según esta noción de función, los procesos ecológicos brindan servicios que el ser humano se atribuye. Se reconocen tres tipos de servicios ecosistémicos: los de abastecimiento o provisión (alimentos, fibras y otras materias primas), los servicios de soporte y regulación (aquellos que aseguran el funcionamiento y la regulación de los ecosistemas) y los culturales (experiencias estéticas, el turismo o el enriquecimiento espiritual) (MEA, 2005; Pérez & Marasas, 2013).

Los servicios de regulación son los que nos interesa potenciar desde el manejo agroecológico, ya que nos permiten, entre otras cosas, disminuir el uso de insumos. Por ejemplo, lo que buscamos es la regulación biótica de las poblaciones para que no se desarrollen plagas o enfermedades, el ciclado de nutrientes para mejorar su retención y minimizar las pérdidas, el almacenamiento de agua para disminuir el riego, etc. Entender de dónde provienen esos servicios nos ayuda a diseñar el agroecosistema de manera de potenciarlos, por lo tanto, debemos comprender, evaluar y manejar la biodiversidad funcional.

Biodiversidad funcional según grupos funcionales

En la búsqueda de un concepto más dinámico de biodiversidad, que supere la riqueza específica, debemos centrarnos en los grupos funcionales. Un grupo funcional se puede definir como un conjunto de especies que desempeñan un rol o un papel ecológico equivalente, es decir, tienen respuestas similares al ambiente y efectos similares sobre los principales procesos ecosistémicos (Díaz *et al.*, 2002; Córdova-Tapia & Zambrano, 2015). Un grupo funcional puede estar definido por el rol trófico (las cadenas tróficas describen las interacciones entre especies) o por caracteres funcionales relevantes para las relaciones del organismo con su entorno biótico y abiótico. La definición de un grupo funcional dependerá de la escala o profundidad del análisis y de los objetivos de estudio. El estudio de los grupos funcionales permite entender cómo los diferentes organismos influyen sobre el funcionamiento del ecosistema o agroecosistema. Una manera de poder evaluar el rol o función que un organismo tiene en el sistema es a través de su carácter o rasgo funcional.

El carácter o rasgo funcional se puede definir como “*aquel rasgo morfológico, fisiológico o fenológico que puede ser medido en un organismo y el cual se encuentra relacionado con un efecto sobre uno o más procesos ecológicos o con una respuesta a uno o más factores ambientales*” (Martín-López *et al.*, 2007:71). En las plantas, los rasgos funcionales incluyen rasgos morfológicos, ecofisiológicos, bioquímicos y de regeneración, incluidos los rasgos demográficos (a nivel de la población), mientras que en los animales, estos rasgos se combinan con rasgos de la historia de la vida, el comportamiento y el hábito de la alimentación (de Bello *et al.*, 2010). Para una misma especie, el carácter funcional puede tener diferentes atributos (valores) a lo largo de diferentes gradientes ambientales o en diferentes momentos, por lo tanto, diferentes individuos, fenotipos o estadíos de una misma especie puedan formar parte de diferentes grupos funcionales. Por ejemplo, algunos artrópodos que son predadores en el estadio larval y en estado adulto se comportan como polinizadores (microhimenópteros). Si bien se ha logrado una base de datos sobre rasgos funcionales de las plantas (Kattge *et al.*, 2011), su aplicación en la agricultura se ha restringido a mejorar la productividad de los cultivos y los incipientes intentos por aplicarlos en un enfoque más amplio como el que propone la Agroecología son escasos (Martin & Isaac, 2018).

Una misma especie puede cumplir más de una función, y a su vez, varias especies pueden realizar una misma función. La presencia de más de una especie dentro de cada grupo funcional se denomina redundancia funcional y es una de las bases del diseño agroecológico. Cuantas más especies hay dentro de un grupo funcional, mayor es la redundancia y la capacidad de adaptarse a los cambios (resiliencia de los ecosistemas), ya que, ante la ausencia de alguna de las especies del grupo su rol lo cumpliría otra especie redundante. Este concepto es fundamental para el manejo de agroecosistemas, ya que los grupos funcionales de interés nos garantizarían las funciones, mientras que la redundancia funcional permitiría la existencia de las funciones aún en condiciones de disturbios o adversidades climáticas. Solo es posible saber si una especie particular es redundante con respecto a una función específica si están explícitas las funciones a las que se refiere la redundancia, por ejemplo, si el rol que una especie desempeña en la descomposición también puede ser cumplido por otras especies presentes en el ecosistema (Jax, 2005). La dificultad radica en que no siempre es posible establecer o definir cuáles son las funciones o procesos, así como asociar a una determinada especie con un proceso (Martin-López *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2014), y muchas veces el uso de los caracteres funcionales resulta demasiado tedioso, por lo que es frecuente utilizar grupos funcionales de acuerdo a roles fácilmente detectables, como el rol trófico, el ciclo de vida, la morfología, etc.

El uso de grupos funcionales es de utilidad para evaluar la biodiversidad funcional, aunque es algo más acotado para el enfoque de la complejidad que pretende la Agroecología, ya que los rasgos funcionales se definen a nivel de organismos o poblaciones, dejando de lado otros niveles de organización y los aspectos relacionados al diseño del agroecosistema. Por lo tanto, se propone su uso en complementación con otros aspectos.

Biodiversidad y Agrobiodiversidad funcional

Desde el enfoque agroecológico, se entiende que es necesario comprender la biodiversidad funcional del sistema ecológico como un todo, por lo tanto, las funciones se corresponden con los procesos sistémicos, que a su vez dependen de los procesos individuales. Los distintos niveles de organización son interdependientes. Esto significa que los niveles más altos de la jerarquía incorporan y limitan el comportamiento de los niveles más bajos, mientras que los niveles de orden inferior contienen los detalles y son la base de muchos patrones de orden superior. Por ejemplo, los genes de una población determinarán ciertos caracteres funcionales, que condicionan la interacción con otras poblaciones de la comunidad y la organización espacial de esa comunidad, que a su vez depende de los factores abióticos. Asimismo, los factores abióticos influirán sobre la fisonomía de una comunidad vegetal, lo cual condicionará las poblaciones de heterótrofos existentes (artrópodos, microorganismos, aves) y las relaciones tróficas que se generen. Un solo nivel de organización (organismo, población, comunidad, ecosistema, etc.) no es suficiente para evaluar la biodiversidad, ya que, de acuerdo al nivel de organización en el que nos situemos tendremos distintas funciones (Farnsworth *et al.*, 2017). Por ejemplo, una célula vegetal cumple la función de convertir energía lumínica en energía química, un organismo tiene la función de absorber nutrientes, una comunidad de descomponedores tiene la función de dejar los nutrientes disponibles, existiendo numerosas funciones que ocurren en los distintos niveles. Por lo tanto, la biodiversidad funcional debe ser interpretada en múltiples niveles de organización, y en múltiples escalas espaciales y temporales de manera simultánea (Noss, 1990). Por ello, desde la Agroecología se considera que la biodiversidad funcional es multinivel, refiriendo a un concepto sistémico, considerando los procesos **en** y **del** ecosistema.

Además, en los agroecosistemas debemos tener en cuenta que la biodiversidad funcional estará atravesada por un fuerte componente sociocultural, ya que el nivel de agrobiodiversidad presente y la complejidad del sistema están determinados por las prácticas de manejo del agricultor/a o de la familia. Éstos establecen cuál es la superficie de las parcelas, el tipo de semilla y los cultivos utilizados, la distancia entre plantas, el manejo de la fertilidad, la presencia de ganado, etc. y eso trae aparejado una cierta diversidad asociada a su manejo (vegetación y artropodofauna espontánea asociada). Por lo tanto, la estructura del agroecosistema está definida en gran medida por las decisiones del agricultor y de la agricultora, sumando otras variables a la interpretación y evaluación de la biodiversidad funcional, lo que nos lleva a hablar de **agrobiodiversidad funcional**.

En este esfuerzo de la Agroecología por entender la agrobiodiversidad funcional como un concepto más amplio, también debemos integrar las diversas áreas de la ecología, considerando el estudio de la diversidad intra-interespecífica (riqueza y abundancia) y distribución de organismos, los grupos funcionales (caracteres o rasgos funcionales, redundancia), las interacciones biológicas, los procesos de los ecosistemas como los flujos de energía y los ciclos de materia, etc. Esto plantea un gran desafío, el de abordar la complejidad e interpretarla (Blandi *et al.*, 2017), considerando, además, que los agroecosistemas son sistemas complejos en donde los componentes biológicos y culturales están en íntima relación (UNEP, 2000; Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

Agrobiodiversidad funcional según dimensiones

Para abordar y entender la agrobiodiversidad funcional desde esta perspectiva, tomamos las caracterizaciones propuestas por Noss (1990) y Gliessman (2002). Noss (1990) menciona tres atributos que determinan y constituyen la biodiversidad de un ecosistema: composición, estructura y función. La composición es la identidad y la variedad de componentes (diversidad específica y genética), la estructura es la disposición espacial de los componentes (desde la complejidad del hábitat hasta el patrón de parches y otros elementos a escala del paisaje) y la función involucra procesos ecológicos y evolutivos (el flujo de genes, el ciclo de los nutrientes, flujo de energía, la sucesión ecológica, etc.).

Por su parte, Gliessman (2002) propone analizar la biodiversidad del ecosistema o diversidad ecológica a partir de dimensiones que permiten entenderla más allá de la riqueza específica, considerando también aspectos de la estructura y el funcionamiento. Estas dimensiones son las siguientes: genética (variabilidad de genes), específica (número de especies), vertical (número de estratos), horizontal (distribución espacial dentro de cada componente), estructural (complejidad de nichos y hábitat), temporal (heterogeneidad temporal) y funcional (grado de cumplimiento de procesos o funciones). Las dimensiones propuestas por Gliessman (2002) contienen a la composición y a la estructura que propone Noss (1990), pero de manera un poco más detallada, lo que nos brinda más elementos para pensar en la evaluación de la agrobiodiversidad funcional (Figura 12.1).

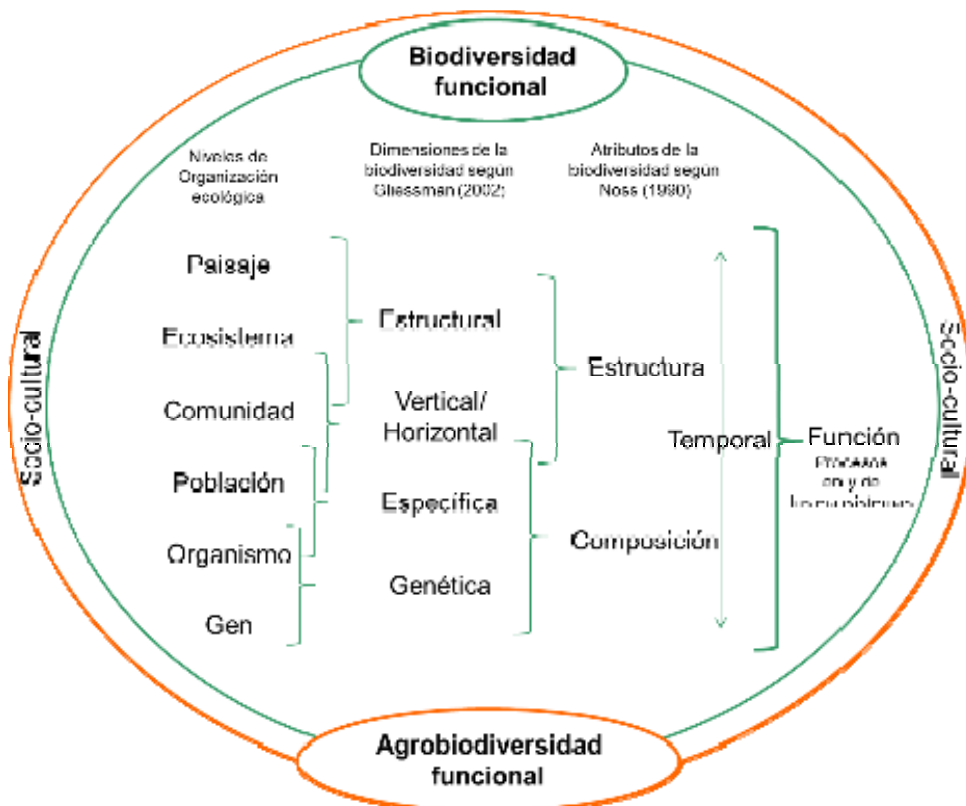


Figura 12.1: esquema representando la relación entre los niveles de organización ecológica, las dimensiones de la biodiversidad de los ecosistemas según por Gliessman (2002) y los atributos de la biodiversidad en los ecosistemas según Noss (1990), que dan como resultado la biodiversidad funcional, denominada agrobiodiversidad funcional cuando se incorpora el aspecto sociocultural propio de los agroecosistemas.

La agrobiodiversidad funcional puede variar en función de sus componentes biológicos (tipo y número de cultivos, vegetación espontánea, herbívoros, predadores, razas de ganado, variedades de semillas, etc.), su disposición espacial (diseño de siembra, distribución de los lotes de pastoreo, parches de vegetación espontánea, estructura trófica, corredores, mosaicos, paisaje circundante, etc.) y temporal (ciclo de cultivo, rotaciones, disturbios) (Paleologos *et al.*, 2017), todo ello influenciado por las decisiones del agricultor o agricultora. Por lo tanto, debemos enfocarnos en los componentes biológicos y cómo se organizan en tiempo y espacio para generar una estructura que cumpla con las funciones (procesos en y del ecosistema).

Los componentes biológicos serían las poblaciones (dimensión específica), que también se pueden organizar en grupos funcionales. Las poblaciones interactúan entre ellas y con los componentes abióticos, por lo que las especies que estén presentes en el agroecosistema determinan la complejidad de las interacciones y los procesos. Además, las especies presentes tendrán variaciones hacia el interior de la población (dimensión genética), a nivel de individuo y a nivel genético, lo que se puede expresar como caracteres funcionales. Esta variabilidad genética o pool genético es lo que otorga a las poblaciones su capacidad de adaptación y, de alguna manera su resiliencia. Por ejemplo, una finca donde se cultive una especie, como maíz, pero con muchas variedades, o ecotipos, tiene una mayor capacidad de resiliencia y estabilidad que una finca donde se cultive una sola variedad o híbrido de una especie. También variará la estructura de esa población, en aspectos espaciales (distribución horizontal y vertical) y temporales (ciclos de desarrollo), todo ello en interacción con el ambiente.

La diversidad genética, como la que existe en las variedades locales, explica la variabilidad hacia el interior de una población, por lo tanto, al haber variabilidad de individuos puede haber variación en los caracteres funcionales. Esas poblaciones van a variar de acuerdo a sus propiedades biológicas (abundancia y densidad de la población, distribución etaria, tasas de natalidad y mortalidad, curvas de crecimiento, etc.) (Paleologos *et al.*, 2017). A su vez, a nivel de comunidad la variación estará dada por la riqueza de las poblaciones, su distribución espacial, dominancia relativa, estructura vertical, etc. A nivel de ecosistema nos interesan los procesos ecológicos como el flujo de energía y nutrientes a través de los roles tróficos. Los factores abióticos intervienen en todos los niveles de organización, determinando los procesos del ecosistema. Muchos procesos individuales se dan en relación a los factores abióticos, que determinan qué tipo de población hay, cuáles son las características de la población, cómo se distribuye en el espacio.

La importancia de considerar los distintos niveles de organización para la evaluación de la agrobiodiversidad funcional se puede observar en aspectos relacionados con las distintas estrategias de manejo. Ejemplo de ello son el tipo de semilla utilizada (variedades locales, híbridos, semillas transgénicas, etc.), el diseño de siembra (surcos, franjas, al azar), el manejo de la vegetación espontánea, la presencia de distintas especies herbáceas o leñosas, el componente animal presente en el sistema, cómo es el manejo de especies potencialmente plagas, el manejo del suelo, entre otros. Todos estos aspectos tienen que ver con varios niveles de organización, por lo tanto, hablar de una agrobiodiversidad funcional que sólo tenga en cuenta los caracteres morfológicos o fisiológicos no es suficiente. Eso no significa que los estudios

ecofisiológicos o morfológicos de caracteres funcionales no sirvan, sino que es necesario complementarlos con otros aspectos. Por todo ello es que el concepto de agrobiodiversidad funcional debe incluir necesariamente los niveles de organización y los aspectos del diseño del sistema o las estrategias de manejo, profundizando o priorizando de acuerdo al objetivo de estudio, al tiempo y recursos disponibles.

Evaluar la agrobiodiversidad funcional: el gran desafío

La decisión de un manejo biodiverso, que minimice el uso de insumos externos nocivos, requiere de la capacidad de interpretar el potencial de un sistema productivo para la provisión de los servicios ecológicos. Posiblemente, muchas veces se recomendó la aplicación de plaguicidas porque no supimos comprender que el potencial de regulación biótica estaba en valores adecuados para que no tuviésemos problemas con las plagas. El aprovechamiento de los procesos y servicios ecológicos depende de la existencia de niveles adecuados de agrobiodiversidad funcional que aseguren su cumplimiento, de herramientas para medirlos y de información acerca de las estrategias de manejo de la agrobiodiversidad en cada tipo de agroecosistema. Por lo tanto, una vez comprendido el concepto amplio de agrobiodiversidad funcional, es necesario contar con herramientas que permitan evaluarla. Como se trata de un concepto complejo, para su evaluación es necesario utilizar una herramienta que mantenga la complejidad y, a la vez, permita analizarla, considerando las múltiples dimensiones de manera sencilla pero sin perder la visión de conjunto.

Esto es posible tomando como base la metodología de indicadores de sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2014), ya que permite evaluar aspectos complejos mediante su simplificación en indicadores que se cuantifican a través de la construcción de una escala, permitiendo la comparación de agroecosistemas similares. La secuencia de armado de indicadores para evaluar aspectos complejos consiste en definir el concepto a evaluar, desagregarlo en componentes, precisar los aspectos a abordar dentro de cada componente y crear los indicadores con sus escalas (Blandi *et al.*, 2017). Para ello, es necesario entender el concepto a evaluar siguiendo un proceso desde lo complejo hasta lo más simple, manteniendo a la vez la noción de multidimensionalidad.

Para evaluar la agrobiodiversidad funcional de un agroecosistema, proponemos partir del concepto definido e interpretado previamente y “desarmarlo” en las dimensiones propuestas por Gliessman (2002) (genética, específica, vertical, horizontal, estructural y temporal), considerando dentro de cada dimensión cuáles serían los aspectos del diseño y manejo de un agroecosistema que las influyen positivamente y, a partir de ello, construir los indicadores con sus escalas. Las dimensiones de la agrobiodiversidad se pueden utilizar entonces para interpretar el funcionamiento de los procesos ecológicos de un sistema productivo y son una guía para establecer qué variables considerar para un determinado agroecosistema. Es necesario establecer de antemano qué se espera averiguar con la evaluación, es decir, si se quiere evaluar algún proceso o servicio en particular o todos en simultáneo, de manera de focalizar los indicadores según el objetivo de estudio. El resultado de la evaluación nos brindará una estimación

del nivel de agrobiodiversidad funcional de un agroecosistema y de su potencial para el aprovechamiento de los procesos o servicios evaluados.

Una vez definidos el/los procesos o servicios a evaluar, se deben considerar en cada dimensión cuáles serían los aspectos que los influyen positivamente para el tipo de agroecosistema estudiado (Tabla 12.1). Los agroecosistemas varían según numerosas variables como la región, actividad productiva, escala, condición climática, dotación de recursos, tipo de manejo, por lo que los aspectos considerados en cada dimensión variarán en función de ellos. De esta manera, será necesario aclarar las características del universo de estudio, por ejemplo, si el universo son los sistemas hortícolas familiares del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, debemos hacer una breve caracterización del tipo de sistemas a comparar que estarán comprendidos dentro de ese universo. Para que los agroecosistemas sean comparables, los aspectos seleccionados en cada dimensión deben ser significativos para todo el universo de estudio, es decir, que habrá que evaluar los aspectos del diseño y manejo que influyen positivamente a la agrobiodiversidad funcional en ese tipo particular de sistemas a comparar.

Tabla 12.1: Dimensiones de la biodiversidad en un agroecosistema y los aspectos a observar en cada una. Basado en Gliessman (2002) y Stupino *et al.* (2014), modificado.

Dimensión	Descripción	¿Qué debemos observar? Algunos ejemplos orientativos
Genética	Grado de variabilidad de información genética en el sistema (intra e inter específica).	Tipo de semilla utilizada (variedades, híbridos), origen de la semilla, diversidad de cultivos, razas animales, presencia de ambientes semi-naturales, etc.
Específica	Número de especies presentes en el sistema.	Cantidad de cultivos, animales de producción, riqueza de artrópodos, riqueza de especies vegetales, etc.
Vertical	Número de estratos o niveles en el sistema.	Arquitectura de los cultivos, presencia de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, estratos del pastizal, etc.
Horizontal	Patrones de distribución espacial de los organismos y/o cultivos.	Diseño de siembra, parcelas para el ganado, tipo de pastoreo, distribución de especies leñosas, parches de ambientes semi-naturales, diseño del sistema, subsistemas productivos, policultivos, etc.
Estructural	Número de hábitats, nichos, papeles tróficos determinantes de la organización del sistema.	Complejidad de las redes tróficas. Grupos funcionales. Abundancia de organismos según los roles tróficos. Tipo de individuos predominantes (estrategas r o K). Presencia de distintos ambientes semi-naturales y cultivados.
Temporal	Grado de heterogeneidad en el tiempo.	Rotaciones, secuencia de cultivos, disturbios (tipo y frecuencia), parches de cultivos perennes o semipermanentes, siembra escalonada, etc.

Fuente: Iermanó *et al.* (2018).

A partir de ese análisis se procede a la selección y construcción de los indicadores. A fin de poder obtener un valor general de la finca, debe ser posible “sumar” o integrar varios indicadores en un solo valor, incluso de diferentes dimensiones. Para ello, se construye una escala (por ejemplo, de 0 a 3) para cada uno de ellos donde los valores más altos representan las situaciones más deseables. La construcción de las escalas de los indicadores requiere de información que describa en qué condiciones el indicador evaluado favorece el cumplimiento de los procesos. Por ejemplo, si se evalúa el indicador “estrategia de manejo de malezas”, habrá que construir una escala que tenga como valor superior a la mejor condición del manejo de malezas que permita la potenciación de los procesos ecológicos y como valor inferior a la peor de las condiciones (Anexo 12.2). Luego será necesario recabar información acerca del manejo de malezas en el agroecosistema estudiado mediante entrevistas y visitas a la finca.

El análisis de la agrobiodiversidad funcional se puede hacer a un nivel más general, evaluando ciertos parámetros sencillos, y también se puede hacer a un nivel más complejo, lo cual requerirá de un grupo de trabajo más grande, tiempo y recursos. La mayor profundidad de la evaluación se podrá realizar en una instancia de investigación, de la cual puedan surgir principios generales para agroecosistemas de una región dada. También se puede dar el caso de evaluaciones específicas de algunos componentes de la biodiversidad en cierta región y que luego se integren a través de la aplicación de esta metodología, como el estudio de los controladores biológicos de una plaga particular que luego brindará información para la cuantificación de los indicadores. Esto permitiría alcanzar un mayor grado de detalle o profundidad en los indicadores. Cuando se busca una evaluación rápida, con fines de manejo o de diagnóstico de un agroecosistema como herramienta para el manejo, los indicadores deberán ser más sencillos y fáciles de recolectar.

Anexo 12.2: Ejemplos de indicadores de agrobiodiversidad funcional.

Estrategia de manejo de malezas (Mjo.Mzas.): se evaluó el tipo de estrategia de manejo utilizada para el control de malezas (mecánica, química, técnicas culturales como densidad de siembra, uso de policultivos, etc.). Para lograr un manejo sustentable de malezas es necesario disminuir el uso de herbicidas, por lo que, una de las alternativas propuestas es el uso de la habilidad competitiva de los cultivos a través de variadas estrategias. Esto permite reducir el crecimiento de las malezas, disminuir la producción de semillas, incrementar su mortalidad y mantener la productividad. Al mismo tiempo, permite mantener un mínimo de vegetación espontánea necesario para la presencia de artrópodos (Sánchez Vallduví & Sarandón, 2014). A menor uso de herbicidas y mayor cantidad de estrategias de manejo utilizadas, mayor potencial de regulación biótica (PRB).

Escala:

3	Combina distintas estrategias de manejo de malezas. Usa herbicidas solo en casos extremos. Uso de labranza convencional, reducida y/o labranza cero.
2	Combina control químico y mecánico. Alterna entre labranza convencional, reducida y labranza cero.
1	Control químico, aplica sólo cuando es necesario (monitoreo). Uso de labranza cero. Controles mecánicos eventuales.
0	Control exclusivamente químico. Aplicación preventiva. Uso de labranza cero.

Presencia de plantas con flor en la bordura (Pls.Flor): se cuantificó la presencia de especies de las familias Fabaceae, Asteraceae y Apiaceae, ya que las flores de estas familias son citadas como favorecedoras de la presencia de enemigos naturales en el sistema (Nicholls, 2008). A mayor número de especies pertenecientes a las familias mencionadas, mayor PRB. Nótese que el indicador corresponde a un grupo funcional, es decir, flores de ciertas familias que cumplen el rol de brindar alimento a los enemigos naturales.

Escala:

3	Presencia de 6 o más especies de plantas con flor pertenecientes a las familias Fabaceae (leguminosas), Asteraceae (compuestas) y Apiaceae (umbelíferas).
2	Presencia de entre 3 y 5 especies de plantas con flor pertenecientes a las familias Fabaceae (leguminosas), Asteraceae (compuestas) y Apiaceae (umbelíferas).
1	Presencia de hasta 2 especies de plantas con flor pertenecientes a las familias Fabaceae (leguminosas), Asteraceae (compuestas) y Apiaceae (umbelíferas).
0	Ausencia de especies de las familias Fabaceae (leguminosas), Asteraceae (compuestas) y Apiaceae (umbelíferas).

Riqueza de especies vegetales en la bordura (Riq.Bor.): La riqueza (número de especies) es uno de los índices clásicos de biodiversidad. Se evaluó la cantidad de especies vegetales en la bordura, muestreando una superficie de 20 m² (Batáry *et al.*, 2012). Varios autores mencionan a la riqueza de angiospermas como un indicador de la conservación de la biodiversidad de artrópodos (Batáry *et al.*, 2012), por lo que, a mayor riqueza, mayor PRB.

3	Presencia de más de 20 especies vegetales.
2	Presencia de entre 14 y 20 especies vegetales.
1	Presencia de entre 7 y 13 especies vegetales.
0	Presencia de menos de 6 especies vegetales.

Fuente: Iermanó *et al.* (2015).

La vegetación es el eslabón que sostiene la complejidad de cada agroecosistema, por lo que el mantenimiento de los servicios ecológicos y de la diversidad total depende, en gran parte, de su presencia y manejo. A través del componente vegetal se puede hacer más sencilla la evaluación de la agrobiodiversidad funcional del agroecosistema. Se sabe que existe una relación positiva entre la diversidad de la vegetación, la complejidad del hábitat y los procesos, y varios estudios compararon parámetros como la abundancia o riqueza del componente vegetal con la

fauna asociada (Ratnadass *et al.*, 2012; Lavorel, 2013). Además, otros aspectos poco tenidos en cuenta, como la estructura vertical, la cobertura y la presencia de mantillo, la existencia de diferentes ambientes vegetales con distinto grado de diversidad, ofrecerían una complejidad microambiental favorable para la presencia de organismos con diferentes hábitos y hábitats de vida, estableciendo estructuras tróficas complejas. Por lo tanto, la evaluación de los aspectos composicionales, estructurales y temporales de la vegetación permitiría estimar la agrobiodiversidad funcional del agroecosistema, sin necesidad de muestreos de consumidores o descomponedores, que suelen ser más dificultosos y requerir más tiempo y recursos.

Para algunos indicadores será necesario usar escalas que requieren de un muestreo y su posterior procesamiento en laboratorio, como por ejemplo, la riqueza o abundancia de la vegetación espontánea o artropodofauna, análisis de suelo, de agua, etc. (Roboredo *et al.*, 2016), lo que muchas veces vuelve a la recolección de datos difícil a los fines prácticos, sobre todo cuando un gran número de indicadores requiere de muestreo. Esto debe ser especialmente considerado en la etapa de construcción de los indicadores, teniendo en cuenta los recursos disponibles para determinar si es posible llevarlos a cabo. Si un gran número de indicadores requiere de muestreo, la recolección de datos se torna inviable a los fines prácticos, particularmente cuando se trata de grupos de trabajo pequeños con limitantes de infraestructura, recursos humanos y/o financiamiento. En caso de necesitar datos precisos se corresponderán muestreos complejos, de lo contrario, si el estudio es general, el muestreo podrá ser más simple. Por ello, los indicadores seleccionados y el contenido de cada nivel de la escala estarán en función de los objetivos y de la profundidad del estudio, así como de los recursos disponibles y las posibilidades de relevamiento de la información.

Una vez relevados los datos en cada sistema productivo, se asignan los valores correspondientes de acuerdo a la escala y se calcula el valor final de biodiversidad funcional. Para ello, se realiza un promedio de todos los indicadores según la siguiente fórmula $BF = \sum(vi/me)/ni$ donde BF es el valor de biodiversidad funcional, vi corresponde a la valoración que se le asignó al indicador, me es el máximo valor de la escala y ni es el número de indicadores. El resultado será un único valor que varía entre 0 y 1, cuanto mayor es el valor mayor será la biodiversidad funcional y la posibilidad de que los procesos del ecosistema generen servicios ecológicos. Además, para la interpretación de los resultados, o comparar fincas, se pueden volcar los valores de los indicadores en un gráfico de tela de araña, lo que permite visualizar los resultados de una forma integral, detectando fortalezas y debilidades.

Agrobiodiversidad funcional en agroecosistemas extensivos: ejemplo de evaluación

Esta metodología se utilizó para estimar la agrobiodiversidad funcional de agroecosistemas extensivos de la región pampeana argentina en relación al proceso de regulación biótica, calculando el índice de potencial de regulación biótica (IPRB) que estima indirectamente el potencial

de un sistema productivo para la regulación de adversidades bióticas (Iermanó *et al.*, 2015). Para ello, se definió un conjunto de indicadores, sencillos de recolectar o medir, para evaluar la agrobiodiversidad funcional, considerando aspectos relacionados con las dimensiones de la biodiversidad, poniendo énfasis en la agrobiodiversidad vegetal y las estrategias de manejo (componente sociocultural de la agrobiodiversidad) (Tabla 12.2).

Tabla 12.2: Indicadores del índice de potencial de regulación biótica (PRB) para sistemas extensivos del sudeste bonaerense (región pampeana argentina).

Indicadores	Denominación	Unidad
Riqueza de especies vegetales en la bordura	Riq. Bor.	n° de especies
Presencia de plantas con flor en la bordura	Pls. Flor	n° de especies
Ancho de las borduras	Ancho Bor.	m
Estratos vegetales en la bordura	Estr. Bor.	n° de estratos
Cobertura de la bordura	Cob. Bor.	%
Estrategia de manejo de la bordura	Mjo. Bor.	---
Diversidad cultivada	Div. Cult.	---
Riqueza de especies vegetales intra parcela	Riq. Parc.	n° de especies
Cobertura intra parcela	Cob. Parc.	%
Estrategia de manejo de malezas	Mjo. Mzas.	---
Relación Perímetro Área	RPA	m/ha
Proximidad	Proxim.	m
Superficie Anual/Perenne	Sup. An/Pn	%
Rotación de cultivos	Rot.	---
Presencia del pastizal natural	Pastiz.	%
Presencia de parches forestales	P. Forest.	n° de parches y %
Alrededores	Alred.	---
Uso de policultivos	Policvovs.	%
Sistema de labranza	Sist. Lab.	---
Estrategia de manejo de plagas	Mjo. Plagas	---

Fuente: Iermanó *et al.* (2015).

Los indicadores relacionados con el control biológico de plagas, tuvieron en cuenta las condiciones de hábitat que favorecen la presencia de los enemigos naturales asociados a las plagas más frecuentes en los cultivos extensivos de la región pampeana, así como los mecanismos disuasivos para las plagas, es decir, parámetros que indican si en el agroecosistema existen condiciones favorables para la presencia de los mecanismos *top-down* (enemigos naturales) y *bottom-up* (menor concentración del recurso), por lo tanto, los indicadores se derivan de esas condiciones.

El “bottom-up” es el control de la población de plaga a través del manejo de la relación entre el componente plaga (herbívoros) y los recursos alimenticios, sitios de apareamiento, refugio, etc. (vegetación cultivada y espontánea), también conocida como hipótesis de la concentración

del recurso (Paleologos & Flores, 2014). Una mayor agrobiodiversidad vegetal cultivada y espontánea, fragmentada en parcelas pequeñas, sembrada como policultivos o asociada con vegetación espontánea, la presencia de ambientes semi-naturales, un paisaje circundante biodiverso, son aspectos que aumentan la biodiversidad en todas sus dimensiones. Esta mayor agrobiodiversidad vegetal permite la desconcentración del recurso alimenticio para las plagas, disminuyendo la posibilidad de una explosión poblacional (Ratnadass *et al.*, 2012).

El “top-down” es el control de la plaga a través de los enemigos naturales (predadores y parasitoides). Para desarrollar esta estrategia se requieren acciones que protejan y mantengan a los enemigos naturales a través del manejo del hábitat (control biológico por conservación) (Paleologos & Flores, 2014). La presencia de ambientes que proveen hábitat, alimentación y refugio funcionan como reservorio de predadores y parasitoides (montes, humedales, parches de vegetación espontánea), posibilitando el incremento de poblaciones efectivas de artrópodos benéficos (Nicholls, 2008). Algunas estrategias de manejo que los favorecen son la presencia de ambientes seminaturales (borduras, pastizales, humedales), la composición y estructura de las borduras y corredores biológicos, la presencia de parches forestales.

Para construir los indicadores, se realizó en primer lugar un listado de las plagas más frecuentemente citadas en los cultivos extensivos y los enemigos naturales asociados. Luego se tuvieron en cuenta las condiciones de hábitat que favorecen la presencia de esas especies o familias, pues de ellas se desprenden las condiciones que debería tener un agroecosistema en su diseño para que sea esperable encontrar a los enemigos naturales y, por lo tanto, el potencial de regulación biótica de plagas.

Los indicadores relacionados con el manejo agroecológico de malezas consideraron las condiciones para el desarrollo de un ambiente que favorece el uso de los recursos por parte del sistema cultivado, mejorando su capacidad competitiva. Son parámetros que dan cuenta de aquellas prácticas agrícolas que favorecen la disminución de la interferencia de las malezas sobre los cultivos y disminuyen la colonización (Sánchez Vallduví & Sarandón, 2014). Se busca manejar la infestación de la maleza y mantenerla en niveles reducidos compatibles con una producción aceptable. Para ello, las estrategias se vinculan a desarrollar un ambiente que favorezca el uso de los recursos por parte del sistema cultivado, mejorando su capacidad competitiva. La fundamentación de los indicadores, las escalas de estandarización y los muestreos pueden consultarse en Iermanó *et al.* (2015).

Los indicadores y el IPRB se aplicaron en la comparación de sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril (superficie menor a 700 ha) y sistemas empresariales puramente agrícolas (superficie mayor a 1000 ha), ubicados en el sudeste bonaerense (región pampeana argentina). Para relevar los datos se requirieron algunos muestreos a campo, entrevistas a productores y realización de cálculos en gabinete. Una vez obtenidos los datos en cada sistema productivo, se asignaron los valores correspondientes de acuerdo a la escala y se calculó el índice de PRB.

Los resultados mostraron mejores valores de IPRB en los sistemas mixtos familiares (0,7 vs. 0,4), permitiendo inferir que la ganadería integrada a la agricultura contribuye al aumento de la

actividad productiva, el tamaño del sistema, el modelo de producción, el manejo, entre otras. Por eso es necesario identificar, para una misma dimensión, los aspectos que se requiere evaluar en cada situación, dado que sirven como orientación o principios generales a seguir en la evaluación de la biodiversidad funcional de un agroecosistema, teniendo en cuenta el aspecto local.

Sistemas productivos con diferentes características o ubicados en distintas regiones, requerirán que se consideren distintos aspectos para la construcción de los indicadores, o considerando indicadores similares adaptar la escala a la zona y al tipo de sistema analizado. Por ejemplo, los sistemas extensivos de la región pampeana argentina (clima templado) son de gran escala (más de 500 ha) y están organizados en parcelas de superficies considerables (20-100 ha), con baja diversidad cultivada y asociada, alto uso de agroquímicos y maquinaria moderna. En estos sistemas, la funcionalidad de la biodiversidad se podría potenciar a través de aspectos como la reducción del tamaño de las parcelas, la siembra de policultivos, la presencia de borduras de vegetación espontánea que actúan como reservorios de artropodofauna y corredores biológicos, todos aspectos del diseño del sistema que se podrían considerar como a nivel de paisaje -aunque se trate de un agroecosistema- debido a la escala del sistema productivo. Asimismo, aspectos del manejo como el monitoreo de plagas y malezas para la reducción de las aplicaciones de agroquímicos, el sistema de labranza, las rotaciones entre cultivos agrícolas y forrajeros, entre otros, también son favorables para el mantenimiento de la biodiversidad funcional. Por lo tanto, los indicadores deberán contemplar estos aspectos. Por ejemplo, el indicador *proximidad* (Iermanó *et al.*, 2015), que mide la distancia desde el centro de un lote hasta el borde más cercano (m), permite inferir la posibilidad de que los artrópodos benéficos puedan desplazarse desde las borduras y estén presentes en toda la superficie de la parcela. Una menor distancia indica un mayor potencial de regulación biótica. Este indicador evalúa la dimensión horizontal de la biodiversidad y favorece el proceso de regulación biótica.



Figura 12.3: a) Parcela con una pastura de gramíneas y leguminosas (policultivo); b) Bordura de un cultivo agrícola. Sistema extensivo de agricultura y ganadería pastoril de la región pampeana argentina. Fotos MJ Iermanó.

Contrariamente, los sistemas familiares de pequeña escala (5-30 ha) de la región noreste argentina (clima subtropical), están destinados al autoconsumo y comercio local, por lo que están integrados por muchos subsistemas de diferentes actividades productivas como huerta, chacra,

animales de granja, monte frutal y ganado vacuno. Debido a la pequeña superficie y la diversificación productiva, en estos sistemas cobra más importancia la biodiversidad a escala de parcela y todos los arreglos que tengan que ver con su manejo. En el caso de la chacra y la huerta, la biodiversidad tiene que ver con los cultivos asociados, intercalados, escalonados en el tiempo, barreras de especies aromáticas, es decir, miramos hacia adentro de cada subsistema. En el caso de un monte frutal podemos observar parámetros más relacionados con la presencia de cortinas rompevientos, la variedades de los frutales, el manejo en las canchas (si hay cultivos, vegetación espontánea o un abono verde), la cobertura del suelo, el uso de abonos orgánicos. La integración de los diferentes subsistemas es fundamental en este tipo de agroecosistemas para potenciar los ciclos internos de regulación, por lo que es necesario considerar también las interacciones y rotaciones entre ellos. Por ejemplo, el indicador *estrategia de manejo de la materia orgánica*, que evalúa la incorporación de materia orgánica al suelo a través de estrategias de manejo de los residuos de cultivo, la aplicación de abonos orgánicos, la utilización de cultivos de cobertura, el manejo de la vegetación espontánea, permite inferir la posibilidad de una mejor calidad de suelo. Este indicador evalúa la dimensión específica y estructural de la biodiversidad (favorece la complejidad de las cadenas tróficas de los descomponedores) y colabora con los procesos de ciclado de nutrientes, ciclo del agua y regulación biótica.



Figura 12.4: a) huerta bajo cubierta con cultivos asociados (intercalados y en franjas); b) chacra con cultivos asociados, previamente abonada con estiércol (uso del suelo como corral, posterior descanso y preparación del suelo). Sistema familiar biodiverso de la región noreste argentina. Fotos MJ Iermanó.

En definitiva, la comprensión de la biodiversidad funcional en una región dada, deberá ir acompañada de preguntas del tipo ¿Cuáles son los cultivos más frecuentes? ¿Cuáles son las plagas más frecuentes? ¿Cuáles son los controladores más frecuentes, tanto nativos como exóticos? ¿Cómo es la dinámica de las poblaciones en relación con su ambiente? Estos aspectos, que son propios de la biodiversidad local, tal vez requieran investigaciones más específicas, que luego puedan integrarse a través de la evaluación de la biodiversidad funcional, incorporando esos datos locales a las escalas.

Anexo 12.3: ¿Es posible evaluar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad a través de la biodiversidad funcional?

La evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas, comúnmente tiene en cuenta tres dimensiones: ecológica, económica y social (Sarandón *et al.*, 2014). En particular, la dimensión ecológico-productiva busca evaluar el funcionamiento del agroecosistema analizando si el manejo conserva la base de los recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad). Sin embargo, este abordaje brinda pocos indicios acerca de cómo potenciar los procesos ecológicos para favorecer un manejo agroecológico. Iermanó *et al.* (2018) proponen integrar ambas cuestiones a través de la evaluación de la biodiversidad funcional mediante el uso de indicadores.

Al considerar los aspectos del manejo que favorecen a la biodiversidad y la ocurrencia de procesos ecológicos, estamos evaluando también a los otros recursos comúnmente evaluados (suelo y agua), ya que la biodiversidad atraviesa directa o indirectamente todos los aspectos considerados. Por ejemplo, la biodiversidad incide en la calidad del suelo, a través de aspectos como el aporte de materia orgánica de diferentes orígenes, la diversidad de organismos de suelo, el manejo de malezas, entre otros. De la misma manera, la captación y almacenamiento de agua depende de la vegetación que la intercepta, de la cobertura del suelo, de la cantidad de materia orgánica, que a su vez dependen de los aspectos que los favorecen. Entonces, las estrategias de manejo que permiten la preservación de los recursos naturales están íntimamente relacionadas entre sí y con el manejo de la biodiversidad.

Por otra parte, la evaluación de la biodiversidad funcional permite estimar indirectamente la presencia de los procesos ecológicos que favorecen la regulación del agroecosistema. Por ejemplo, la relación entre la superficie anual y perenne en el agroecosistema evalúa indirectamente el proceso de sucesión ecológica (parches en distintas etapas sucesionales) y el de regulación biótica (los parches perennes brindan ambientes estables). El ciclo de nutrientes tiene que ver con los indicadores que se relacionan con los aportes de materia orgánica de diverso origen, la cobertura que disminuye las pérdidas, las condiciones que favorecen a la diversidad de organismos que descompongan la materia orgánica, los aportes externos al sistema que compensen las salidas, entre otros. El ciclo del agua se relaciona con todo aquello que influye sobre la vegetación que intercepta, la materia orgánica que retiene y que posibilite una estructura de suelo capaz de almacenar e infiltrar, evitando la erosión hídrica. Finalmente el flujo de energía, que circula a través de los distintos eslabones de la cadena trófica, se relaciona con todos los aspectos que favorecen la productividad del agroecosistema.

De esta manera, al evaluar la biodiversidad funcional de un agroecosistema, estamos evaluando simultáneamente la presión sobre los recursos naturales y los procesos ecológicos. Esto nos permite una visión más integradora y utilitaria de la evaluación de la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad.

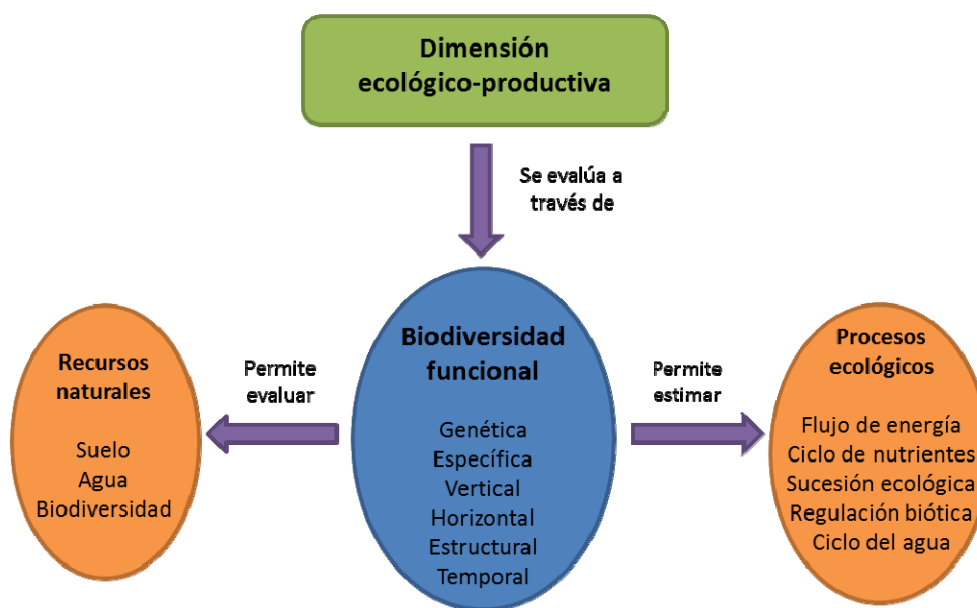


Figura: Esquema simplificado de la evaluación de la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad a partir de la biodiversidad funcional. Fuente: Iermanó *et al.* (2018).

Algunos desafíos que aún se nos presentan

La herramienta aquí presentada es un avance en la evaluación de la agrobiodiversidad funcional de un agroecosistema, ya que nos permite visualizarla con un enfoque más integral, a la vez que ayuda al diseño de estrategias de manejo. Permite, por otro lado, brindar elementos que permitan la toma de decisiones, algo fundamental en el manejo y diseño de agroecosistemas sustentables. Aun así, quedan muchos desafíos por afrontar. El manejo de la biodiversidad para lograr agroecosistemas sustentables requiere que la misma esté presente en cierta cantidad y correctamente ensamblada, lo que no resulta una tarea sencilla de evaluar. Por ejemplo, necesitamos aún entender mejor cómo la biodiversidad interviene en los procesos, cómo aprovecharla para el manejo agroecológico, cuál es el nivel de biodiversidad que necesitamos, de qué cosas, en qué tipo de arreglo o diseño. Y estas preguntas no siempre han estado en la agenda de las instituciones de investigación ni de los investigadores de las ciencias agropecuarias. Aunque puedan construirse indicadores para estimarla, no es simple establecer cuáles serían los valores apropiados de biodiversidad que favorecerían los procesos ecológicos en un agroecosistema, sólo es posible estimarlo. En estos sistemas complejos, hay que entender y asumir que sólo es posible manejar la incertidumbre, no eliminarla (Sarandón, 2019). Se sabe que mayor cantidad de componentes en un agroecosistema favorece más interacciones y procesos específicos, que complejizan las cadenas tróficas y potencian los procesos del ecosistema. Pero no se sabe cuál es la diversidad mínima que necesita un agroecosistema para funcionar “agroecológicamente” o cómo debe estar ensamblada para cumplir con las funciones, lo cual a su vez se complejiza por la condición sitio dependiente, que hace que muchas de las situaciones exitosas sean difícilmente extrapolables. Aquí es dónde se pone en juego el conocimiento ambiental local.

A pesar de todo lo que aún queda por conocer, los grandes avances que se han realizado hasta ahora son la base para futuras investigaciones que permitan comprender estos interrogantes. Por un lado, debemos integrar las investigaciones ya existentes y resignificarlas bajo el nuevo enfoque, integrándolas a estudios más holísticos sobre la agrobiodiversidad funcional. Por otro lado, debemos generar investigaciones que respondan a estos interrogantes con principios generales aplicables a distintas circunstancias y que sean la base para la investigación local. Debemos tener en cuenta que hay un nivel de incertidumbre que es inevitable, con el que debemos aprender a convivir, ya que la abstracción que implican la agrobiodiversidad funcional y los procesos ecológicos, y la propia complejidad de los agroecosistemas y la escala local, nos impiden tener recetas certeras. Justamente, de eso se trata la agroecología, de no tener recetas, sino tomar lo que tenemos y resignificarlo. La evaluación de la biodiversidad funcional es un buen ejemplo de ello.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué es la biodiversidad?*
2. *¿Por qué hablamos de agrobiodiversidad? ¿Qué aspecto incorpora en relación a la biodiversidad?*
3. *¿Cuáles son los componentes de un ecosistema o agroecosistema?*
4. *¿A qué nos referimos con la estructura y funcionamiento de un ecosistema o agroecosistema?*
5. *¿Qué es la biodiversidad funcional?*
6. *¿Cuáles son los niveles jerárquicos de un ecosistema o agroecosistema?*
7. *¿Con qué tipo de biodiversidad se relacionaba antes el funcionamiento de los ecosistemas o agroecosistemas?*
8. *¿Cuáles son las cuatro nociones de función? ¿Cuál es la importancia de entender estas diferencias?*
9. *¿Es lo mismo función y proceso?*
10. *¿A qué nos referimos cuando hablamos de procesos ecológicos?*
11. *¿Por qué hablamos de procesos individuales y procesos sistémicos?*
12. *¿Qué son los servicios ecológicos?*
13. *¿Qué tipo de servicios ecológicos nos interesa potenciar para un manejo agroecológico?*
14. *¿Qué son los grupos funcionales?*
15. *¿Cómo pueden armarse los grupos funcionales?*
16. *¿Qué es y por qué es importante la redundancia funcional?*
17. *¿Por qué se habla de una agrobiodiversidad funcional multinivel?*
18. *¿Cuáles son las dimensiones de la agrobiodiversidad funcional?*
19. *¿Cuál es el inconveniente de evaluar la agrobiodiversidad funcional empleando los índices clásicos de biodiversidad?*
20. *¿Por qué los indicadores permiten una evaluación más completa de la agrobiodiversidad funcional?*
21. *¿Cómo las dimensiones nos permiten evaluar la agrobiodiversidad funcional?*
22. *¿Por qué se puede evaluar la agrobiodiversidad funcional a través del componente vegetal?*
23. *¿Cuál es la importancia del aspecto sitio específico?*
24. *¿Cómo tenemos en cuenta el aspecto sitio-específico de la biodiversidad? ¿Qué debemos observar?*
25. *¿Es posible evaluar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad a través de la biodiversidad funcional?*
26. *¿Cuáles son los desafíos de evaluar la agrobiodiversidad funcional?*

Referencias

- Batáry P, A Holzschuh, K Márk Orci, F Samu & T Tschardtke (2012) Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146: 130-136.
- Blandi ML, NA Gargoloff, MJ Iermanó & SJ Sarandón (2017) Lineamientos para abordar aspectos complejos con indicadores. Una mirada desde el enfoque de la Agroecología. *Actas de las X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinas y Latinoamericanas*. 20pp. Disponible en <http://www.ciea.com.ar/actas-jornadas-anteriores/>
- Córdova-Tapia F & L Zambrano (2015) La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, 24(3): 78-87. doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-3.10
- de Bello F, S Lavorel, S Díaz, R Harrington, J Cornelissen, R Bardgett, M Berg, P Cipriotti, C Feld, D Hering, P Martins da Silva, S Potts, L Sandin, J Sousa, J Storkey, D Wardle & P Harrison (2010) Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity & Conservation*, 19: 2873-2893.
- Díaz S, DE Gurvich, N Pérez Harguindeguy & M Cabido (2002) ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 37: 135-140.
- Farnsworth KD, L Albantakis & T Caruso (2017) Unifying concepts of biological function from molecules to ecosystems. *Oikos*, 126: 1367–1376. doi: 10.1111/oik.04171
- Gargoloff NA, MM Bonicatto, SJ Sarandón & C Albadalejo (2009) Análisis del Conocimiento y Manejo de la Agrobiodiversidad en Horticultores Capitalizados, Familiares y Orgánicos de La Plata, Argentina. *Rev. Bras. de Agroecología*, 4(2): 5 pp.
- Gliessman SR (2002) *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 359 pp.
- Iermanó MJ, NA Gargoloff, SJ Sarandón & C Almada (2018) Análisis de la biodiversidad funcional: un instrumento para abordar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad. *Cadernos de Agroecología* 13(1): 5pp.
- Iermanó MJ, SJ Sarandón, LN Tamagno & AD Maggio (2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114 (número especial 1):1-14.
- Jax K (2005) Function and "functioning" in ecology: what does it mean? *Oikos* 3:641-648.
- Kattge J, S Diaz, S Lavorel, C Prentice, P Leadley, G Bonisch, *et al.* (2011) TRY-A global database of plant traits. *Global Change Biology*, 17: 2905–2935.
- Lavorel S (2013). Plant functional effects on ecosystem services. *Journal of Ecology*, 101:4–8.
- Lugo AE & YGL Morris (1982) *Los sistemas ecológicos y la humanidad*. Monografía N° 23. Serie de Biología OEA. 82 pp.
- Martin AR & ME Isaac (2018) Functional traits in agroecology: Advancing description and prediction in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 55:5-11.
- Martín-López B, JA González, S Díaz, I Castro & M García Llorente (2007) Biodiversidad y Bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*, 16(3): p. 69-80.

- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005) *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C. 155pp. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> Último acceso: 11 de octubre de 2019.
- Moreno C (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. vol.1, Zaragoza. 84 pp.
- Nicholls CI (2008) *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 282p.
- Noss RF (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- Paleologos MF & CC Flores (2014) Principios para el manejo ecológico de plagas. La biodiversidad en los agroecosistemas. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 10: 260-285). Edulp, La Plata.
- Paleologos MF, MJ Iermanó, ML Blandi & SJ Sarandón (2017) Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *REDES, Revista do Desenvolvimento Regional*, 22(2):92-115. doi: 10.17058/re-des.v22i2.9346
- Pérez M & M Marasas (2013) Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Revista Ecosistemas*, 22(1): 36-43.
- Ratnadass A, P Fernandes, J Avelino & R Habib (2012) Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agron. Sustain. Dev.*, 32: 273–303.
- Roboredo D, SMPP Bergamasco & ME Bleich (2016) Aggregate index of social–environmental sustainability to evaluate the social–environmental quality in a watershed in the Southern Amazon. *Ecological Indicators*, 63: 337–345.
- Rollin O, N Pérez-Méndez, V Bretagnolle & M Henry (2019) Preserving habitat quality at local and landscape scales increases wild bee diversity in intensive farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275: 73-80.
- Sánchez Vallduví GE & SJ Sarandón (2014) Principios de manejo ecológico de malezas. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 11: 286-313). Edulp, La Plata.
- Sarandón SJ (2014) El agroecosistema: Un ecosistema modificado. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 4: 100-130). Edulp, La Plata.
- Sarandón SJ (2019) Potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como nuevo paradigma en las ciencias agrarias. *Revista Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Cuyo*, Dossier Agroecología, 51 (1): 383-394.

- Sarandon SJ, CC Flores, NA Gargoloff & ML Blandi (2014) Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 14: 375-410). Edulp, La Plata.
- Smith TM & RL Smith (2007) *Ecología*. 6ª Edición. Pearson, Madrid.
- Song Y, P Wang, G Li & D Zhou (2014) Relationships between functional diversity and ecosystem functioning: A review. *Acta Ecologica Sinica*, 34: 85–91.
- Stupino S, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 5: 131-158). Edulp, La Plata.
- Toledo VM & N Barrera-Bassols (2008) *La memoria biocultural, la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria editorial. 230 pp.
- UNEP (1992) *Convention on Biological Diversity*. UNEP – Environmental Law and Institutions Program Activity Centre, Nairobi. Recuperado de <http://www.cdb.int>. Último acceso: septiembre de 2013.
- UNEP/CDB/COP/5 (2000) *The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión*. Apéndice. Nairobi, 15-26 de mayo 2000.

CAPÍTULO 13

Agrobiodiversidad y Conocimiento Ambiental Local

Natalia Agustina Gargoloff y María Lelia Pochettino

Reconocer y recuperar la memoria biocultural de la humanidad es una tarea esencial, necesaria, urgente y obligada. Ello permitirá la visualización, construcción y puesta en práctica de una modernidad alternativa, de una modernidad que no destruya la tradición, sino que conviva, coopere y coevolucione con ella.

VÍCTOR M. TOLEDO Y NARCISO BARRERA- BASSOLS, La memoria biocultural.

La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales

El componente cultural de la agrobiodiversidad

Para un manejo sustentable y resiliente de los agroecosistemas se requiere una mejor comprensión de la agrobiodiversidad presente. En este sentido, la agrobiodiversidad se constituye de componentes biológicos: productores, herbívoros, descomponedores, polinizadores, predadores y parasitoides. La biodiversidad funcional es el resultado de su adecuado ensamblaje e interacciones, y es capaz de proveer las funciones ecológicas necesarias para disminuir la necesidad de uso de insumos externos. Sin embargo, la planificación del diseño y manejo de estos componentes es local y la realizan los/las agricultores/as; por lo tanto, la agrobiodiversidad lleva impreso un fuerte componente cultural que muchas veces es menospreciado o desatendido. Son ellos y ellas quienes administran la agrobiodiversidad a través del diseño de los cultivos, la selección de variedades y razas animales, el manejo de adversidades y otras prácticas culturales utilizadas. Esto se basa en el conocimiento ambiental local que permite situar y adecuar ese manejo a las necesidades y limitaciones locales, así como a los criterios, económicos, sociales y ecológicos del propio agroecosistema y de la familia (Gargoloff, 2018).

Por lo tanto, no hay dudas del carácter local de la agrobiodiversidad y, más aún, de sus funciones y el vínculo con el conocimiento y valoración de productores/as. Entender este conocimiento es entonces fundamental.

Importancia para la Agroecología y para el manejo sustentable de los agroecosistemas

En América Latina, la Agroecología tuvo su mayor desarrollo en sistemas de tipo campesino e indígena también llamados sistemas de agricultura tradicional, ya que los proyectos iniciales fueron realizados por estos agricultores, acompañados por organizaciones comunitarias y no gubernamentales (Guzmán Casado & Morales Hernández, 2012). Los y las agricultoras tradicionales transmiten sus conocimientos y prácticas sobre los recursos naturales de generación en generación posibilitando la reproducción social y ecológica de sus agroecosistemas. El estudio de estos sistemas ha permitido aportes fundamentales para el desarrollo de la propuesta agroecológica. En este sentido, la creciente necesidad de diseño de agroecosistemas sustentables menos dependientes de insumos externos ha despertado el interés por comprender las prácticas y los conocimientos de los y las agricultoras tradicionales (UNEP, 2000; McKenna *et al.*, 2008; Gargoloff *et al.*, 2010; Ianni *et al.*, 2015). La agricultura tradicional resulta en una particular diversidad biológica y cultural. Algunos ejemplos son el manejo y uso de la biodiversidad entre los mayas yucatecos de México, la agricultura de anillos concéntricos entre los mossi de Burkina Faso, las chinampas de México, el sistema tradicional agropastoril de los Alpes Suizos (ejemplos ampliados en Toledo & Barrera Bassols, 2008). El estudio de los principios ecológicos que subyacen en estas estrategias es fundamental para la agroecología por su aporte potencial en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables y resilientes, y resulta de un enorme valor para comprender el presente y configurar un futuro alternativo (Toledo & Barrera Bassols, 2008).

La importancia del conocimiento local en el manejo sustentable de los recursos naturales, entre ellos la agrobiodiversidad es reconocida también por organizaciones como la UNESCO y Convenios internacionales como el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) (UNEP, 2000).

Estos aspectos han sido ampliamente desarrollados y estudiados en sistemas de tipo campesino o de pequeña escala, pero no en sistemas de agricultura familiar con una historia agrícola mucho más reciente y un contexto diferente como pueden ser los agroecosistemas hortícolas, los sistemas familiares pampeanos, más extensivos, de nuestro país, y de otras realidades similares. Ese conocimiento tradicional que nutre la agroecología desde sus inicios y que está ampliamente estudiado, sienta las bases para abordar el conocimiento local, en un espacio y tiempo que es propio. A su vez, el desafío es reconocer cuáles son los elementos que lo caracterizan y aportan a una producción de base agroecológica. Para ello, en los próximos párrafos abordamos la definición de Conocimiento Ambiental Local (CAL) y sus rasgos principales.

Conocimiento Ambiental Local

La literatura que trata esta temática plantea una discusión acerca de los términos “Conocimiento Ambiental Indígena” (CAI), “Conocimiento Ambiental Local” (CAL), y “Conocimiento Ambiental Tradicional” (CAT) pues considera que son términos ambiguos.

Berkes *et al.*, (2000) entienden el conocimiento ambiental tradicional como un atributo de las sociedades no industriales o sociedades tecnológicamente menos avanzadas, muchas de ellas indígenas o tribales. Estos autores lo definen como un *“cuerpo acumulativo de conocimientos, práctica, y creencia, que evoluciona a través de los procesos adaptativos y es transmitido de generación en generación, sobre la relación de los seres vivos (Incluidos los seres humanos) entre sí y con su medio ambiente”* (Berkes *et al.*, 2000, p. 1252). En este sentido, plantean que el análisis de muchos sistemas ecológicos de conocimiento tradicional muestra que hay un componente de conocimiento observacional de las especies locales y otros fenómenos ambientales, un componente de la práctica en la forma de llevar a cabo sus actividades de uso de recursos y, un componente de creencia con respecto a cómo las personas integran o se relacionan con los ecosistemas. Por otra parte, autores como Toledo (1992) y Altieri (1991) destacan la existencia de una racionalidad ecológica implícita en los sistemas de conocimiento tradicional cuyos rasgos característicos están basados en los sistemas nativos de clasificación de animales y plantas, la diversificación de los productos obtenidos, la estrategia de uso múltiple: uso de la variedad, una mínima dependencia de insumos externos (autosuficiencia) y la integración de prácticas productivas (policultivos, rotaciones), entre otros.

En este capítulo, usamos el término **conocimiento ambiental local** (CAL), ya que la palabra “local” conserva, de manera clara, la idea de que un agricultor/a elabora conocimientos genuinos e implementa prácticas adecuadas en sus interacciones cotidianas y concretas, en su comunidad y en su ambiente biofísico inmediato. No hay un conocimiento universal, no es posible respecto de la biodiversidad. A su vez, el uso de la palabra “local” permite evadir la ambigüedad de la discusión sobre lo que es un conocimiento “tradicional” o sobre el supuesto tiempo de interacción entre varias generaciones que debería tener un/a agricultor/a con el ambiente para lograr conocimientos o prácticas que se puedan definir como tradicional. La definición que adoptamos de CAL está íntimamente relacionada a la agrobiodiversidad porque entendemos que es a partir del conocimiento y manejo de dicho recurso que el sistema, como un todo, puede aportar al manejo sustentable y resiliente. Por eso, queda definido como *“el conocimiento y la valoración que tienen los agricultores y las agricultoras acerca de los componentes, usos y funciones de la agrobiodiversidad (Saber) y el manejo ecológicamente adecuado de dicho componente (Hacer)”* (Gargoloff, 2018).

Rasgos principales del CAL

Los rasgos principales que aportan elementos para aproximarnos al CAL son conceptos como cogestión adaptativa, hibridación del conocimiento, resiliencia socioambiental, transmisión del conocimiento, edad, género, entre otros. Ellos pueden colaborar a entender cómo se constituye dicho conocimiento en sistemas locales.

Cómo se generan nuevos saberes

Berkes & Turner (2006) explican el concepto de **cogestión adaptativa de los recursos naturales** como el proceso de aprendizaje a través de la práctica a partir del cual se readaptan o generan nuevos conocimientos en torno a la conservación de un recurso (biodiversidad, suelo, semillas, agua). Estos autores plantean dos mecanismos, que funcionan integrados, a partir de los cuales comienza un proceso de aprendizaje. Uno está dado por la crisis de un recurso, donde su agotamiento genera nuevo conocimiento y el segundo pone énfasis en la comprensión del ecosistema en el que habitan agricultores/as; es a partir de esa compleja y mejor comprensión del ambiente que se genera nuevo conocimiento. Por ejemplo, una variable en el control de malezas es la distancia de siembra entre hileras de los cultivos a fin de sombrear más temprano, y aquí, la comprensión y el conocimiento del agricultor/a de su sistema, permiten adecuar esta práctica a las necesidades específicas. Como se muestra en el estudio de Tamagno *et al.*, (2018), un productor familiar mixto de la región pampeana de Argentina (agricultura, cría e invernada) que siembra soja a 21cm entre hileras menciona “*a mí me gusta sembrar a 21cm porque cubre mejor el surco y controla mejor las malezas, se reparte mejor en el suelo*”. Este caso da cuenta de la capacidad de adaptar el manejo, es decir, de generar una práctica a partir de la cual se genera nuevo conocimiento.

Este proceso de aprendizaje también puede iniciarse por la existencia de algún tipo de perturbación ambiental o social tal que se produzca un cambio que altere la relación humana-medio ambiente. Este es el argumento del enfoque de la **resiliencia socio ambiental** definida como la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones ambientales, sociales, culturales y reorganizarse. Esto le otorga flexibilidad al sistema frente a los cambios y es un atributo de los agroecosistemas sustentables (Altieri & Nicholls, 2013). El proceso de cogestión adaptativa tiene el potencial de aumentar la capacidad de las comunidades y las sociedades para hacer frente a los choques y tensiones, haciéndolos más robustos a los cambios (Berkes & Turner, 2006). Esto se observa en sistemas familiares mixtos pampeanos donde han adecuado diversas prácticas como el uso de la maquinaria, las siembras consociadas o intercultivos a las condiciones propias de sus sistemas, lo que contribuye a la resiliencia del agroecosistema (Tamagno *et al.*, 2018).

Lema & Pochettino, (2008) sostienen que el CAL se genera también por la incorporación de información de otras fuentes, incluyendo el conocimiento científico. Sears *et al.* (2008) definen la **hibridación de conocimientos** como “*la habilidad de las poblaciones locales de integrar el conocimiento local con el científico*”. Lema (2006) estudió huertos de altura en la puna jujeña. Esta autora observó que desde la década de 1980 se construyeron huertos en invernadero con el

aporte, si bien en forma irregular, de distintos organismos estatales de desarrollo, los cuales suelen proveer las semillas de algunas especies y los plásticos y maderas necesarios para el armado de la estructura. Sin embargo, estos invernaderos no presentan las características tradicionales sino que se adecuaron a las condiciones locales, por ejemplo, elevada insolación en verano, razón por la cual se les instalan ventanas o se reemplazan los plásticos del techo por mallas metálicas que dejan pasar el aire. Por su parte, Nosedá (2018) señala que, en Colonia Delicia, Misiones, algunos conocimientos del agricultor/a provienen del intercambio con otros/as agricultores/as o con los técnicos/as que los acompañan. Por esta razón, han incorporado prácticas que identifican adecuadas como, por ejemplo, el balanceado casero, o el pastoreo rotativo con uso de boyero eléctrico. Es decir, las prácticas se prueban, se adaptan si es necesario y luego son incorporadas.

Como co- evolucionan los saberes

Toledo & Barrera- Bassols (2008) sostienen que –si proyectamos en el espacio- el cuerpo de conocimiento, se puede apreciar en la expresión de la unidad familiar (UF), la comunidad rural y la región a la que pertenece el agricultor/a (Figura 13.1). Tomando como ejemplo una variedad local del cinturón verde de La Plata como el tomate platense, durante las épocas de mayor difusión comercial, existieron en el área hasta quince poblaciones localizadas en puntos geográficos diferentes, reconocidas según el apellido del horticultor responsable de su selección y conservación (Ahumada *et al.*, 2009). Es así que este cultivo caracteriza a un grupo de productores que comparten el valor simbólico en su producción y consumo, pero cada familia conservó la variedad de acuerdo a los gustos propios y recetas en las que se usa, entre otros criterios, constituyendo un reservorio de la variedad vegetal y de prácticas culturales de manejo vinculadas a un saber local (May *et al.*, 2018).

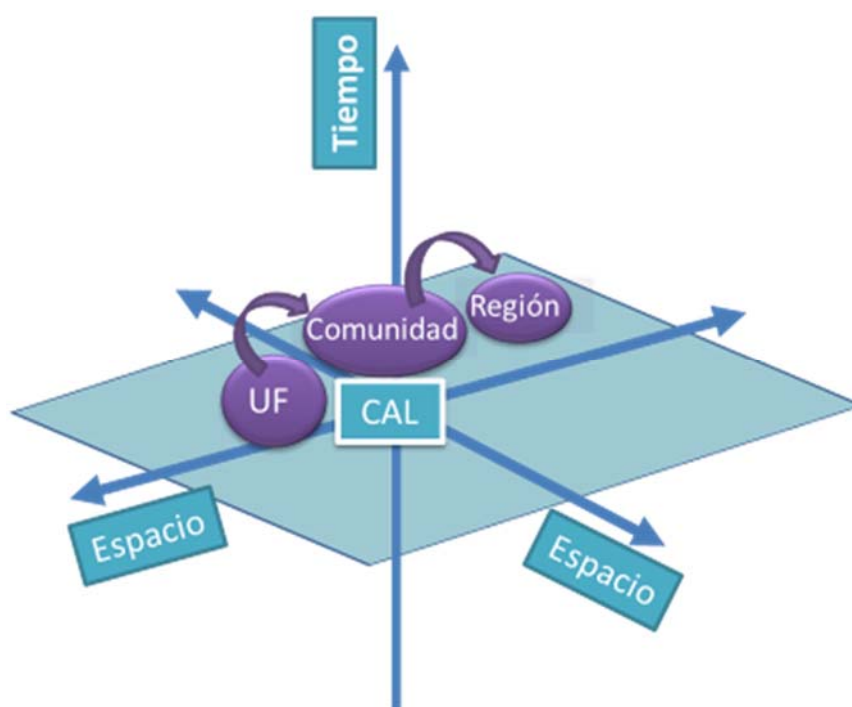


Figura 13.1: Dimensión espacial y temporal del Conocimiento Ambiental Local (CAL). Donde UF es la Unidad Familiar. Fuente: Gargoloff (2018) a partir de Toledo & Barrera- Bassols (2008).

La dimensión temporal (o histórica) abarca la gestación, reproducción y transformación del CAL a lo largo de las generaciones (Lema & Pochettino, 2008). El conocimiento contenido en el/la agricultor/a es la síntesis de: a) la experiencia acumulada a través de la historia y transmitida de manera oral, por transmisión vertical, cuando se transmite de padres/madres a hijos/as, b) transmisión horizontal cuando la experiencia es compartida por el grupo social en una generación por ejemplo entre productores/as, técnicos/as y, c) la experiencia personal de cada productor/a y su familia, adquirida a través de la experimentación en cada ciclo productivo (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). En el estudio de Nosedá (2018) se puede ver la síntesis de dicho conocimiento a partir de las prácticas que forman la base fundamental de su producción: cultivar en diversidad, guardar semillas, conservar variedades e intercambiarlas, asociar cultivos, dejar en “capuera” o descanso el suelo, regirse por las fases de la luna, dejar el maíz en pie, realizar doble siembra de maíz en un solo lote, las han aprendido de “la cuna” (transmisión vertical) y, en menor medida, en vínculo con otros productores/as y técnicos/as (transmisión horizontal). En este sentido, la mayoría de los agricultores/as manifestó que estas prácticas son probadas y revalidadas en su chacra (experiencia en cada ciclo).

Pueden darse también situaciones de transmisión vertical inversa donde los hijos enseñan y entrenan a sus padres en estrategias novedosas (Eyssartier *et al.*, 2015) (ver recuadro *El papel de la edad y la historia familiar en el CAL en el cinturón hortícola de La Plata*). En este sentido, el vínculo o contacto con los recursos naturales está atravesado por la historia familiar o familiaridad. Diferentes autores explican cuestiones de la familiaridad través de conceptos como la transmisión cultural definida como “un proceso de adquisición de comportamientos, actitudes, valores, etc., a través del acondicionamiento, imitación, enseñanza, y el aprendizaje activo o cualquier combinación de estos” (Lozada *et al.*, 2006). Estas autoras describen en su estudio la transmisión cultural del conocimiento sobre las plantas silvestres y sus usos alimenticios y medicinales en una comunidad de Neuquén, Argentina. Encontraron que los habitantes de esta comunidad aprenden acerca de la utilidad de las plantas silvestres por transmisión vertical a través de la familia, donde las madres juegan un papel predominante. Este conocimiento es adquirido por medio de la imitación, la instrucción, durante actividades de colaboración, en el “hacer”, es decir durante la percepción y el uso de las plantas silvestres. Estos aspectos que hacen al rol de la mujer y su vínculo con la biodiversidad se abordan en el capítulo 14. En la zona hortícola de La Plata se encontraron variedades hortícolas locales que fueron conservadas a través de generaciones por agricultores/as de inmigración europea (Ahumada *et al.*, 2011). Por ejemplo, la nabiza (*Brassica napus*) es una especie de la familia de las crucíferas y llegó a la Región de La Plata hace más de 50 años. Ahumada *et al.*, (2011) relatan la experiencia de agricultores/as de la localidad de Gorina que la mantienen en su quinta hace 25 años. Por su parte, Bonicatto (2018) encontró que la conservación de semillas se vincula, en mayor medida, con las tradiciones culinarias, los afectos y la actitud innovadora de los agricultores y agricultoras.

Del mismo modo McKenna *et al.*, (2008) describen que, para pescadores del lago Neagh, Irlanda del Norte, la clave vital para la transmisión de todos los aspectos del conocimiento sobre la pesca es la tradición de la misma en grupos familiares. De hecho, incluso antes de ir el lago,

un niño/a sabe mucho sobre él, simplemente porque vive en una familia y en una comunidad en la cual la pesca es fundamental para la vida cotidiana.

A diferencia del conocimiento científico, caracterizado como universal, abstracto y teórico, el CAL es una forma de sabiduría, individual o colectiva, **situada** en un contexto social, histórico, político. Es decir, que es específico, no solo de la persona, sino también del lugar preciso donde ha sido producido. De aquí se deduce que difiere según las distintas comunidades de agricultores de acuerdo a sus características ambientales, técnicas y socioculturales. Por ello, todo conocimiento cobra sentido únicamente cuando está precisamente situado en su relación concreta con el medio biofísico y social donde se despliega (Lave, 1988). El conocimiento local es entonces de “aquí” y “ahora” (Gargoloff *et al.*, 2011). El lugar, los objetos, las circunstancias, las creencias, las otras personas presentes en el momento de la acción influyen sobre la práctica efectivamente implementada pero también sobre el conocimiento asociado a ella.

La **edad** también se considera, en general, una importante y válida base del Conocimiento Ambiental Local. Existen estudios que documentan la edad como un factor importante en el conocimiento de los recursos naturales. Algunos autores han encontrado un mayor conocimiento sobre plantas en general, y variedades locales en particular en personas de mayor edad. Sin embargo, en la zona hortícola de La Plata, se encontró que son los agricultores jóvenes quienes tienen un mayor conocimiento de algunos aspectos de la agrobiodiversidad (Gargoloff, 2018). Vicente & Sarandón (2013) en el CHLP encontraron que los agricultores de edad intermedia (39-60) manifestaron un mayor conocimiento de la vegetación espontánea que los menores de 39 y que los mayores de 60 años, aunque señalan que el estudio no mostró una tendencia clara. Martínez & Pochettino (1999) en un estudio sobre el conocimiento de niños y jóvenes acerca de plantas medicinales en Valles Calchaquíes, Región Norte de la Argentina, pudieron demostrar su vigencia desde el punto de vista del conocimiento sobre las especies medicinales (qué plantas servían para curar cuales dolencias) si bien los niños aún no referían a aspectos más complejos como la combinación de plantas y otros elementos en las recetas terapéuticas.

El papel de la edad y la historia familiar en el CAL en el cinturón hortícola de La Plata

En sistemas hortícolas de La Plata, Argentina, los agricultores jóvenes (menores a 50 años) con tradición familiar en la actividad tienen un mayor conocimiento de algunos aspectos de la agrobiodiversidad (reconocen que aumentar el número de cultivos, distribuirlos en franjas y hacer rotaciones tiene un beneficio ecológico) que los agricultores de mayor edad. Esto puede ser explicado desde la historia familiar en la actividad que brinda las bases para que el CAL se exprese en un menor tiempo en los agricultores más jóvenes. En este sentido, los aprendizajes, transformaciones y puesta en práctica del conocimiento sobre el entorno vegetal pueden darse en lapsos breves de tiempo cuando existe una experimentación directa sobre el entorno. El conocimiento en el seno de la familia es compartido entre el individuo y sus padres y abuelos (hacia el pasado)

y con sus hijos y nietos hacia el futuro. Debemos considerar además que el conocimiento es la expresión producto del accionar de cada unidad familiar, comunidad rural y región a la que pertenece el agricultor/ra. El modo en el cual se inserta un agricultor/a en el contexto y los cambios que se den a nivel de comunidad o región van a influir en el CAL. En este sentido, se observó una mayor permeabilidad al contexto (sociocultural, político, espacial referido al territorio) en los agricultores jóvenes que en los agricultores de edad avanzada. Son los jóvenes quienes tienen una mayor participación en encuentros entre productores u organizados por instituciones, ferias locales y de intercambio de semillas y, quienes demostraron tener un contacto más permanente, con investigadores, técnicos y programas para la agricultura familiar. Podemos sugerir entonces que esta mayor permeabilidad encontrada en los agricultores jóvenes por su mayor vínculo con el contexto podría influir en la mayor acumulación de conocimientos en esta franja etaria. Dicha permeabilidad ofrece las condiciones para que ese conocimiento local hibride con otros tipos de conocimiento, por ejemplo, el científico.

Tipos de conocimientos locales

Dentro del CAL existen varios tipos de conocimientos: acerca de los componentes biológicos o elementos de la naturaleza, las relaciones que se establecen entre ellos, los procesos o dinámicas y su potencial utilitario. De esta manera, se constituyen en el saber local conocimientos acerca de cultivos, insectos, suelos, vegetación, aguas, o sobre procesos como el ciclado de nutrientes, germinación, floración, fructificación, ciclos climáticos. Sin embargo, es importante señalar que en la mente del agricultor/a, cada tipo de conocimiento aparece siempre referido al contexto espacial- temporal. Las circunstancias, la percepción y organización mental sobre el mundo natural no es fija ni estática, sino polisémica, multidimensional y polivalente. Los múltiples niveles de organización mental sobre el mundo dependen de las circunstancias y las necesidades individuales, familiares y comunitarias (Toledo & Barrera Bassols, 2008). Por lo mismo, el abordaje de cada tipo básico de conocimiento que se hace a continuación, tomado de manera separada, es a modo explicativo y, como parte necesaria de su abordaje, en un intento de acercarnos a entender la complejidad que ello implica, pero sin perder de vista que en la mente del agricultor/a son parte de un sistema cognoscitivo que ya existe de manera articulado e inextricable.

Conocimiento biológico

El conocimiento biológico es referido a las plantas silvestres y cultivadas, animales y hongos. Son estos componentes de los agroecosistemas los más fácilmente identificables en el saber local. Qué plantas se encuentran, cómo se llaman los animales de la zona, como se clasifica el mundo natural, son algunos ejemplos. La etnobotánica como disciplina científica que aborda la relación entre las personas y las plantas, es, sin duda, el área donde está ampliamente docu-

mentado este saber local. Distintos grupos de investigación se han ocupado de los saberes situados en distintas regiones de la Argentina. Como ejemplo, se puede citar el trabajo de Lambaré & Pochettino (2012) quienes identificaron la diversidad de duraznos reconocida y mantenida como cultivo local por los pobladores de la Quebrada de Humahuaca. Otros estudios aproximan al conocimiento biológico desde la nomenclatura, como, por ejemplo, los trabajos de Martínez & Cúneo (2009) sobre las denominaciones en lengua quom sobre el entorno natural chaqueño, o Ladio (2011) quien aborda la problemática del conocimiento sobre plantas nativas y exóticas en Patagonia. Trabajos más recientes se han realizado en áreas protegidas de la Provincia de Buenos Aires acerca de la percepción del cambio ambiental a través de la disponibilidad de plantas útiles (Stampella *et al.* 2016). Además de estos ejemplos referidos a conocimiento botánico, también son frecuentes los trabajos sobre conocimiento zoológico como los de Zamudio & Hilgert (2012) sobre clasificaciones locales de las abejas sin aguijón, o el de Medrano & Ceballos (2017) sobre los anfibios y su relación con los humanos.

Conocimiento utilitario

La mayoría de los trabajos citados previamente explican para qué se usan localmente las especies tratadas. Según Almeida Aguiar (2007) cada grupo social percibe de un modo diferente la biodiversidad que lo rodea, identificando, nombrando, manejando y utilizando esa riqueza de especies de acuerdo con su modo de pensar y sus conocimientos. De acuerdo con Stupino *et al.* (2014) el manejo de la biodiversidad suele estar asociado a un valor de uso vinculado a su conocimiento utilitario.

Como ya se definió en este libro (Ver capítulo 1) los valores de la biodiversidad pueden ser diversos. La vegetación espontánea, además de poseer un valor intrínseco, posee un valor de uso directo, referido al uso de dicho recurso en sus diferentes formas: alimenticio, medicinal, ornamental, alimento para animales, limpieza, artesanías, tintóreas (Swift *et al.*, 2004).

En el estudio realizado por Gargoloff (2018) todos los agricultores reconocieron alguna propiedad alimenticia, biocida, cosmética y/o medicinal de las plantas. Sin embargo, solo dos agricultores señalaron que utilizaban determinada especie para consumo. Tal como fue expresado en las propias palabras de horticultores con historia familiar en la actividad (Gargoloff, 2018, p. 125):

“En Italia se conocen todos los yuyos para comer...nosotros comemos fideos con hinojo, la hoja de adentro. Nosotros comemos los pastos, y hay pastos que son muchos mejores de lo que piensa la gente...”

“La ortiga...mi mamá te hace unos raviolos de ortiga que te chupas los dedos...”

Esto muestra, por un lado, que si determinado uso está arraigado a una fuerte tradición familiar, por ejemplo culinaria, podríamos pensar que es posible que se conserve esa especie. Ciertos cultivos y variedades son específicos para alguna comida, como el caso del maíz blanco para la sopa paraguaya o para la humita. Por otra parte, Pochettino (2005) señala que en “quintas” de horticultores y agricultores de la zona pampeana argentina (provincias de Buenos Aires y Santa

Fe) la pérdida del conocimiento acerca del medio ambiente es atribuida al abandono –por su desprestigio- de las prácticas referidas al manejo y uso de los recursos naturales silvestres. En este sentido, plantea que se conoce el potencial alimenticio de las especies vegetales que crecen de manera espontánea, pero que las mismas no son utilizadas, al contrario son molestas porque el valor del espacio está dado por su capacidad para ser cultivado.

En chacras de Colonia Delicia, Misiones, dejan un espacio de monte y /o árboles nativos dispersos y otras especies espontáneas no arbóreas. Dicha conservación está relacionada a los diferentes usos. Todos/as los agricultores hacen recolección y uso de plantas medicinales, algunos lo usan para el ganado, también lo vinculan a la recolección de especies silvestres con valor para los animales y todos/as realizan extracción de madera para la construcción (Noseda, 2018).

Conocimiento funcional

El valor funcional de la agrobiodiversidad se refiere a los servicios ecológicos que contribuyen al sostenimiento de la vida. Estos procesos ecológicos o funciones son la sucesión, la regulación biótica, el ciclado de nutrientes, el flujo de energía y la regulación del ciclo del agua, que se ven favorecidos cuanto más compleja sea la diversidad en cada una de sus dimensiones (específica, genética, vertical, horizontal, temporal y estructural) (Gliesmann, 2002)

En sistemas familiares mixtos pampeanos existen vastos ejemplos del valor funcional que los agricultores le otorgan a las siembras consociadas o intercultivos. En algunos casos siembran trigo (*Triticum aestivum* L.) consociado con trébol rojo (*Trifolium pratense* L.). Luego de la cosecha del trigo, el trébol rojo entra en el circuito de la ganadería utilizado como forraje. Sin embargo, además de su importante aporte como forraje, el agricultor reconoce, en el trébol rojo, el valioso aporte que hace a la fijación de nitrógeno por su condición de leguminosa. En otros casos, el intercultivo colabora en el manejo de plagas, por ejemplo “*la avena [se siembra] como cultivo protector [de las pasturas] porque ayuda en el primer pastoreo...si hay pulgones prefieren la avena, entonces protegen un poco más a las gramíneas [de la pastura] que son más chiquitas*”⁵ (Tamagno *et al.*, 2018, p. 13)

En sistemas hortícolas, algunos agricultores realizan *inter siembras*. Al aire libre, por ejemplo, asocian haba (*Vicia faba* L.) y cebolla de verdeo (*Allium fistulosum* L.) y en el invernáculo chaucha (*Phaseolus vulgaris* L.) y grilo (*Brassica napus* L.). Este agricultor explica que, en el invernáculo, la *inter siembra* de chaucha y grilo ayuda porque *la plaga tiene menos protección* “...*Porque, al tener más aire, antes estaba muy boscoso y ahí el bicho se protege más, al tener más aire, tiene menos protección*” [frente a posibles enemigos naturales o aplicaciones de agroquímicos]. En otro caso, *sembrar intercalado* [inter siembra] haba y cebolla de verdeo responde a varios criterios: para *mantener limpio ese surco*, de lo contrario tendría que manejar los *yuyos* que crecen en su lugar. Otra razón que expone es que la realiza para *aprovechar el surco* “...*porque la*

⁵ Todas las expresiones en itálicas son conceptos propios de los entrevistados. Lo que aparece entre paréntesis [] son interpretaciones agronómicas propias de autor/a.

haba... se crece mucho más grande la planta y siempre necesita un surco para hacer la cosecha, para que quede espacio para la cosecha, pero hasta que salga la haba, le transplante verdeo, cosa de que salga antes de que cosechen, entonces aprovechas el surco...". Por último, cuenta que también esta asociación sirve *como protección del cultivo frente a las plagas*. Estos ejemplos dan cuenta que existe un conocimiento funcional implícito en el manejo de la biodiversidad, específicamente en la práctica de la siembra intercalada. Este conocimiento permite adecuar la práctica de siembra intercalada a las necesidades y limitaciones específicas de cada caso, no sólo ecológicas sino también económicas y socioculturales (Gargoloff, 2018). Desde un enfoque explicativo (propio de las ciencias) los cultivos asociados tendrán un mejor comportamiento frente a la vegetación espontánea porque, al utilizar intensivamente el suelo, éste se cubrirá más rápido y, en consecuencia, estas tendrán menos espacio y recursos para crecer. Otro de los beneficios atribuidos a los cultivos intercalados es el de una mejor regulación biótica que permite manejar las plagas. Flores & Sarandón (2014) señalan que este beneficio se vincula a los cambios que ocurren en el medio físico, al producir ocultamiento, sombreado, y alteración del color o a nivel de una interferencia biológica por la presencia de estímulos químicos adversos, todo lo cual dificulta la localización del alimento por parte de la plaga y así evitan un aumento en la densidad de la misma. Por lo tanto, es fundamental entender los principios ecológicos en que se basan los policultivos y que es una práctica sitio específico (las combinaciones de especies no pueden extrapolarse linealmente de un sitio a otro) pero, a su vez, es de igual importancia poner en valor este conocimiento funcional para poder desarrollar con éxito dicha práctica. Es a través de la observación, y la experimentación activa que realizan los agricultores a través del ensayo y error, que el CAL y las prácticas se van adecuando. Ese conocimiento ayuda a monitorear, interpretar y responder a los cambios dinámicos que suceden en los agroecosistemas.

Sin embargo, su abordaje no es sencillo, debido a la propia complejidad del CAL. Almeida Aguiar (2007) señala que la relación sociedad- naturaleza y las diferentes formas de uso de los recursos naturales a través de la agricultura expresan complejidad y la necesidad de ser abordadas desde miradas distintas. Por lo tanto, se requiere desarrollar abordajes con un enfoque holístico y sistémico. El desafío es poder mejorar nuestra comprensión y evaluación de estos procesos manteniendo la riqueza de esta complejidad.

¿Cómo abordamos la complejidad que implica el CAL?

La importancia de incluir las perspectivas de la comunidad en el diseño y manejo de los recursos naturales ha fomentado el desarrollo de una gama de enfoques y metodologías para lograrlo. Las ciencias naturales y las disciplinas aplicadas derivadas producen conocimiento sobre el medio natural, sin embargo, estas investigaciones no incluyen las percepciones y saberes locales. Este campo, es decir, la producción de conocimiento sobre el conocimiento ambiental local, ha sido reclamado por un conjunto de abordajes interdisciplinarios, reconocidos generalmente como etnociencias (etnobiología, etnoecología, etnoastronomía) que se caracterizan por

una metodología que integra aportes de la etnografía y de las propias ciencias naturales, reconociendo siempre el carácter situado de estos saberes. Es decir, que se debe documentar el Conocimiento Ambiental Local en su contexto. Como ya se mencionó, el Conocimiento Ambiental Local (CAL) es un concepto complejo y multidimensional que no ha sido ampliamente estudiado en sistemas locales con una historia agrícola (incluido hortícola) o ganadera más reciente. Esta realidad compleja debe ser abordada con un enfoque holístico e integrador. En un estudio realizado por Gargoloff (2018) se abordó el Conocimiento Ambiental Local de la agrobiodiversidad en agricultores del Cinturón Hortícola de La Plata (CHLP) desde dos visiones: comprensiva y explicativa (Figura 13.2). Entendiendo que estas visiones son diferentes modos de validación y de razonamiento científico, se utilizaron de manera complementaria. Se adoptó, por un lado, una mirada explicativa, a través de una metodología cuantitativa, como es el uso de indicadores (Sarandón & Flores, 2009; Sarandón, *et al.*, 2014). Por otra parte, una visión comprensiva, a través de la propuesta metodológica de entrevista paisajística y cualitativa como es el análisis estructural (Albaladejo, 1994; Demazières & Dubar, 2010), para representar los modos de gestión o la lógica de los agricultores y las agricultoras de la agrobiodiversidad. De este modo, se logró contemplar, desde una perspectiva más amplia, el escenario completo de miradas que conviven en el territorio. Este análisis posibilitó crear puentes entre las concepciones de los/las agricultores/as y de los/las agrónomos/as. El diálogo de saberes entre el Conocimiento Ambiental Local y la ciencia y su traducción en prácticas de manejo puede ayudar a la co-gestión en el uso sostenible de la agrobiodiversidad.

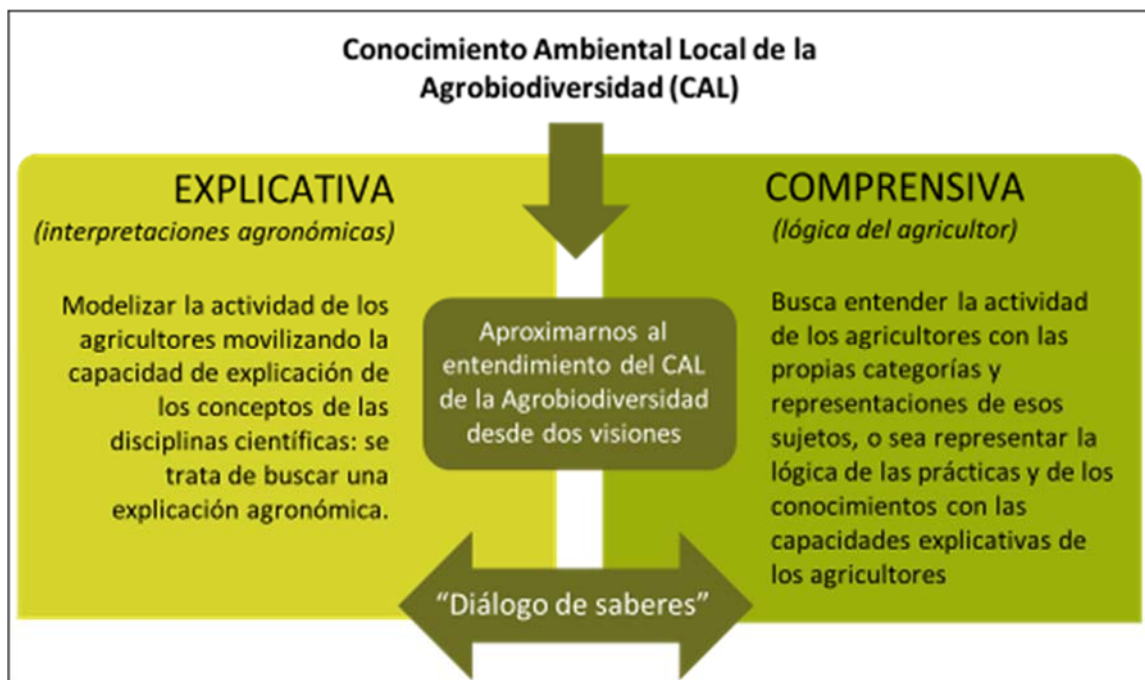


Figura 13.2: Síntesis de visiones complementarias con las cuales se documentó el CAL de la agrobiodiversidad en horticultores de la zona de La Plata. Fuente Gargoloff (2018).

La visión explicativa de la Agrobiodiversidad: El uso de indicadores

Algunos desafíos planteados en la literatura acerca de los estudios del conocimiento se basan en que se abordan separados de las prácticas y, a su vez, dentro del cuerpo cognitivo, se ha estudiado de manera fraccionada (plantas, animales, suelos). Baraona (1987, citado por Toledo, 1992) señala que es complejo encontrar una comprensión completa de estos sistemas cognitivos cuando se los estudia separados de las prácticas.

Al igual que el concepto de sustentabilidad, el Conocimiento Ambiental Local (CAL) de la agrobiodiversidad es un concepto multidimensional por lo que debe ser abordado con un enfoque complejo y multidimensional. Es necesario, entonces, transformar las variables de naturaleza compleja en valores claros, sencillos de interpretar, para poder sintetizar la multidimensionalidad y comparar agroecosistemas. El uso de indicadores ha sido ampliamente empleado en metodologías que evalúan la sustentabilidad de sistemas agrícolas (Lefroy, 2000; Abbona *et al.*, 2007; Sarandón & Flores, 2009). No obstante, también demostró ser adecuada para evaluar otros aspectos complejos, en agricultores del CHLP, tales como la racionalidad ecológica (Gargoloff *et al.*, 2010) y la conducta sustentable (Blandi, 2016).

El análisis del manejo de la agrobiodiversidad y su conocimiento y valoración asociados (Conocimiento Ambiental Local) que los/las agricultores/as poseen sobre la composición, usos y funciones de la misma, se realizó en el estudio de Gargoloff (2018), en parte, mediante la construcción y aplicación de un conjunto de indicadores.

Como primer paso, se definió el Conocimiento Ambiental Local de la agrobiodiversidad (CAL) como el conocimiento y la valoración que tienen los agricultores acerca de los componentes, usos y funciones de la agrobiodiversidad “**Saber**” y el manejo ecológicamente adecuado de dicho componente “**Hacer**”. Como **hipótesis de trabajo (Paso 2)** se consideró que el CAL está vinculado a la sustentabilidad de los agroecosistemas “*La realización de un manejo sustentable de la agrobiodiversidad por horticultores familiares de La Plata, se vincula estrechamente con su conocimiento y valoración sobre la composición, uso y funciones de la misma*”. De acuerdo al concepto de CAL de la agrobiodiversidad desarrollado, se **definieron dos dimensiones de análisis**: “Saber” y “Hacer” (**Paso 3**). La dimensión “Saber” contempló el conocimiento de los agricultores en cuanto a la agrobiodiversidad (Tabla 13.1). La dimensión “Hacer” contempló el posible impacto del manejo que realizan los agricultores, sobre la conservación de dicho recurso natural (Tabla 13.2).

Para la **definición de ámbitos, categorías y descriptores de análisis (Paso 4)** se plantearon, dentro de la dimensión “**Saber**” tres ámbitos de análisis y cinco categorías. Los mismos consideran: a) el reconocimiento del componente vegetal (cultivado y espontáneo) y animal (entomológico), b) el valor de uso directo que le otorgan los agricultores al componente vegetal espontáneo (de consumo, productivo, culinario, reproducción de semillas, ornamental, medicinal, etc.) y c) el valor de uso funcional de los componentes (indicadores que reflejen el conocimiento que tienen los agricultores acerca de beneficios de aumentar la diversidad cultivada a través del tiempo, espacio y número; y beneficios de conservar la diversidad vegetal espontánea y animal por el rol ecológico que cumplen).

La dimensión “**Hacer**” fue abordada en un ámbito y tres categorías. Se consideró para analizar el impacto que las técnicas hortícolas pueden ocasionar sobre la composición y función de la agrobiodiversidad aspectos relacionados con el manejo de los componentes. De allí que las tres categorías sean: a) vegetal cultivado (por ejemplo, número de cultivos, rotaciones, asociaciones), b) vegetal espontáneo (por ejemplo, estrategia de control o manejo, relación área cultivada/ ambiente semi-natural, distribución y ubicación de ambientes seminaturales,) y, c) animal (artrópodos) (por ejemplo, estrategia de manejo de plagas).

Tabla 13.1: Ámbitos, categorías e indicadores empleados en la Dimensión Saber: indicadores que contemplan el conocimiento y la valoración que los agricultores tienen de los componentes, usos y funciones de la agrobiodiversidad.

ÁMBITO	CATEGORÍA	INDICADORES
Conocimiento de los componentes de la diversidad	Vegetal cultivado	Conocimiento de los cultivos que realiza
	Vegetal espontáneo	Reconocimiento de la vegetación espontánea
Valor de uso directo del componente vegetal	Vegetal espontáneo	Usos de las especies
Valor funcional de los Componentes de la diversidad	Vegetal cultivado	Motivos de conservación de semillas Número de especies cultivadas Distribución espacial de los cultivos Asociación de cultivos Rotaciones
	Vegetal espontáneo	Rol ecológico
	Animal (artrópodos)	Rol ecológico

Tabla 13.2: Ámbito, categorías e indicadores construidos en la Dimensión “Hacer”: Indicadores que analizan el manejo de la agrobiodiversidad.

ÁMBITO	CATEGORÍA	INDICADORES
Componentes	Vegetal cultivado	Número de especies cultivadas Asociación de cultivos Rotaciones Equitabilidad de las especies cultivadas
	Vegetal espontáneo	Relación área cultivada/ ambiente seminatural Clase de ambiente semi natural Estrategia de manejo de la vegetación espontánea Estrategia de manejo del componente animal
	Animal (artrópodos)	Estrategia de manejo del componente animal

Para cada categoría y descriptor se **definieron indicadores de análisis (Paso 5)**. Se desarrollaron un conjunto de 19 indicadores. De los cuales 11 corresponden a la dimensión “Saber” (Tabla 1) y 8 indicadores a la dimensión “Hacer” (Tabla 2).

Cada indicador se fundamentó y estandarizó en una escala de 0 a 3, siendo 0 el valor menos deseable y 3 el valor óptimo. Luego, los indicadores de la dimensión “Hacer” se ponderaron. En cambio, en la dimensión “Saber”, a todos los indicadores se les otorgó la misma importancia.

El uso del conjunto de indicadores permitió detectar diferencias entre agricultores en diferentes aspectos del Conocimiento Ambiental Local (CAL), tanto en el “Saber” como en el “Hacer”, algunas de las cuales hemos ido desarrollando a lo largo del capítulo. Estas diferencias estuvieron asociadas a: 1) vínculo entre el CAL y la historia familiar en la horticultura, 2) vínculo entre el CAL y la edad de los agricultores y, 3) valor de uso y valor funcional de la agrobiodiversidad.

La visión comprensiva de la Agrobiodiversidad: La entrevista paisajística

Se desarrolló la “entrevista paisajística” (designada por Albaladejo, 1994) como técnica a través de la cual es posible documentar el Conocimiento Ambiental Local (CAL), es decir, describir los conocimientos del agricultor/a recolectando el discurso de éste sobre sus propias prácticas y sobre el contexto ecológico y técnico de acción. El desarrollo de la técnica se basa en dos principios (Figura 13.3).



Figura 13.3: Principios teóricos de la entrevista paisajística que guían el desarrollo de la técnica en tres pasos metodológicos.

El primer principio incluye la noción que **el CAL es un cuerpo de conocimiento situado en un contexto biofísico particular**. Autores como Landais & Deffontaines (1988) mostraron la importancia de tener en cuenta el micro-contexto preciso en el cual han sido realizadas las prácticas concretas de los agricultores y las agricultoras. En este sentido, establecen una

diferencia importante entre las “técnicas” y las “prácticas”. Las técnicas son los principios generales que se aplican para el cumplimiento de un proceso de producción, en cambio, las prácticas son la manera singular y única con la cual se realizó este proceso en un tiempo y un lugar determinado (Landais & Deffontaines, 1988). Por ejemplo, el laboreo del suelo con cincel es una técnica, pero que un agricultor/a decida pasar el implemento con determinado porcentaje de humedad en el suelo y a determinada profundidad es la práctica. Así, el conocimiento no reside en el individuo aislado, fuera de contexto, sino en el conjunto de individuos involucrados en la acción, así como en los objetos y el contexto que participa en esta acción. Es la razón por la cual el discurso que realiza una persona, en situación de acción, fuera de contexto es muy general, a lo mejor unas consideraciones sobre las técnicas utilizadas, pero nunca sobre sus prácticas. Esta contextualización de los conocimientos del agricultor/a, situados a su propia realidad biofísica (agroecosistema), es uno de los pilares para desarrollar prácticas de manejo que se adapten a ese micro-contexto particular y que conserven o mejoren la calidad de los recursos naturales.

Por otra parte, el segundo principio que guía la técnica se refiere a que **el CAL es un cuerpo de conocimiento situado en un contexto semántico preciso**. El conocimiento se debe entender en un sistema de pensamiento que es, ante todo, un sistema semántico: es fundamental entender el sentido que el informante da a su discurso y este sentido se puede percibir en un sistema de pensamiento propio del interlocutor, reflejado primero en un conjunto de palabras más estructurantes que utiliza y que constituyen un sistema conceptual (Blanc Pamard & Milleville, 1985; Darré, 1985). El lenguaje es ambiguo, ya que cada sujeto interpreta la comunicación, hablada o escrita, desde su propia experiencia personal y punto de vista. Es importante prestar especial atención a la terminología específica que emplea el informante y el sentido que cobra cada término en el sistema de pensamiento local. Por lo tanto, para comprender y antes que nada evidenciar las lógicas locales de los actores, es necesario entender que sus palabras sólo cobran sentido en el contexto de las otras palabras movilizadas y de forma general del discurso situado producido. Por ejemplo, el término “invernáculo” puede no significar lo mismo para un agricultor/a que para un agrónomo/a o incluso puede tener diferentes representaciones entre agricultores (Figura 13.4).

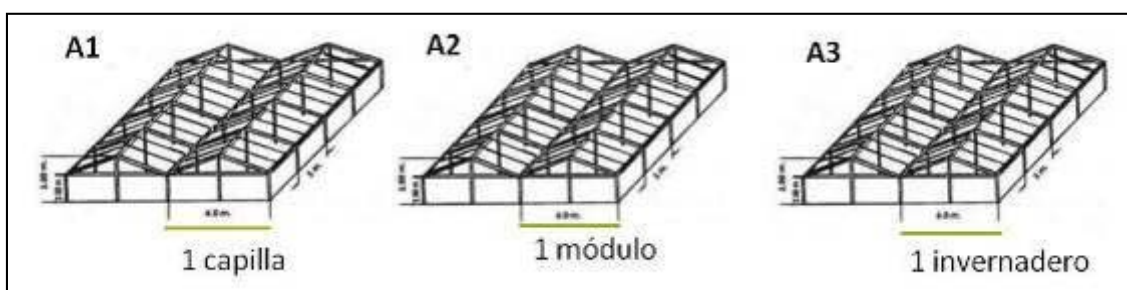


Figura 13.4: Diferencias de significados de una misma unidad de gestión entre agricultores. Donde A1 es agricultor 1; A2 agricultor 2 y A3 agricultor 3.

Además de la propia complejidad para abordar estos temas, surgen a lo largo de la literatura discusiones referidas al CAL. En este sentido, la condición estática (conservadurismo) versus la capacidad de cambio del CAL ha sido ampliamente abordado. Los estudios etnobiológicos han demostrado que el CAL no sólo no es estático o funcional en el pasado, sino que está en continuo proceso de cambio en consonancia con las cuestiones que plantea el propio ambiente, entendido en su completa significación de conjunto de factores de diversa índole (naturales y socioculturales, intrínsecos y extrínsecos) que afectan y condicionan especialmente las circunstancias de vida de una comunidad (Lema & Pochettino 2008).

¿Cómo impacta el modelo de horticultura sobre la diversidad biocultural?

Al igual que en muchas regiones rurales y periurbanas del país, los sistemas hortícolas de la zona de La Plata enfrentan la pérdida de autosuficiencia y el deterioro de los recursos naturales.

El proceso de modernización tecnológica ocurrido en la horticultura durante la década del 90, con una fuerte adopción de invernáculos y la aplicación conjunta de un paquete de tecnologías de insumos (fertirriego, maquinaria adaptada al trabajo dentro del invernáculo, semillas híbridas) se ha traducido, entre otras cosas, en la degradación de los recursos naturales en general, y, en particular, en una fuerte pérdida de agrobiodiversidad y saberes asociados a su manejo. El invernáculo ha llevado al extremo el grado de artificialización de los agroecosistemas y su impacto negativo sobre la sustentabilidad (Blandi, 2016). Esto ha producido transformaciones en la forma de producir (qué, cómo, cuánto y cómo). Se observan agroecosistemas con una o pocas especies en producción que, usualmente, son genéticamente homogéneas y, grandes superficies en el paisaje destinadas a la producción bajo cubierta con un manejo vinculado a la producción de unos pocos cultivos y con pocas áreas no cultivadas.

En este contexto, donde el modelo dominante operó fuertemente, se encuentran casos donde se adoptó de manera completa el paquete tecnológico. En estos casos, el mayor grado de artificialización ha llevado a un alejamiento del agricultor/a de su sistema productivo al depender más de las tecnologías de insumos (ej. plaguicidas) y el asesoramiento técnico para la toma de decisiones (ej. dosis de aplicación) y menos de sus conocimientos de las dinámicas y cambios de los sistemas (ej. conocimiento acerca del rol ecológico de la vegetación y los enemigos naturales) (Gargoloff *et al.*, 2009).

En otros casos, permanece un conocimiento local de la agrobiodiversidad, que no se traduce, muchas veces, en las prácticas que se realizan. Gargoloff (2018) encontró que agricultores con tradición familiar en la horticultura le otorgan a la vegetación espontánea una valoración funcional por el rol ecológico que cumple dicho componente en el agroecosistema, al considerar que su presencia colabora en mantener la humedad del suelo y así beneficia al cultivo junto al cual crece, especialmente en verano. Sin embargo, al momento de manejar dicha vegetación se re-

curre al uso de herbicidas. Algo similar ocurre con el manejo de las poblaciones de plagas. Algunos horticultores tienen prácticas que aumentan la agrobiodiversidad del sistema, como asociar en el mismo surco dos especies y rotar las especies entre familias botánicas diferentes, prácticas que son movilizadas a partir de un conocimiento local vinculado, en parte, a aspectos ecológicos, como la protección del/los cultivos contra las plagas. Sin embargo, al momento de elegir la estrategia para manejar las poblaciones de plagas prevalece la idea de controlar y aplicar productos químicos de síntesis. En esto juega un papel fundamental el contexto (Ver capítulo 16) donde se abordan los factores internos y externos que condicionan el manejo de la biodiversidad). Las empresas que producen semillas y agroquímicos, las casas de venta de insumos y el mercado, son actores con marcado peso en el sector hortícola y para los cuales prevalece un criterio productivista por sobre otros valores como el funcional que colaboran a que prevalezcan las tecnologías de insumos por sobre las tecnologías de procesos basadas en recursos, entre ellos la agrobiodiversidad, y los saberes locales asociados a su manejo. A esto se le debe sumar la falta de políticas públicas que acompañen estos procesos de cambio.

Esta reducción de la agrobiodiversidad también se manifiesta en las variedades de semillas utilizadas (Ver capítulo 5). A pesar de los importantes roles que cumple la agrobiodiversidad conservada “in situ”, existe un proceso mundial de homogeneización de los hábitos de consumo y alimentación, cuyo espejo es la simplificación de la diversidad de hortalizas cultivadas. El Cinturón Verde de La Plata, al ser uno de los principales productores de hortalizas del país, no está ajeno a esta tendencia. Bonicatto (2018) asume que aquellas variedades hortícolas que no tienen lugar en el mercado para comercializarse, tienden a desaparecer o a restringirse al autoconsumo.

¿Qué sucedió en sistemas extensivos de la Región Pampeana? Su impacto sobre la diversidad biocultural

En la región pampeana argentina, el modelo tecnológico que impulsa la agricultura moderna se caracteriza por el incremento del uso de siembra directa, incorporación de nuevos cultivares con alto potencial de rendimiento, cultivos transgénicos y el incremento en el uso de agroquímicos. Estas tecnologías, junto con una aparente rentabilidad positiva en el corto plazo, determinaron el reemplazo de las producciones tradicionales por el cultivo de soja transgénica RR (*Glycine max* L.) (proceso conocido como “sojización”) y la conversión de producciones ganaderas y mixtas a sistemas exclusivamente agrícolas (“agriculturización”). Esto trajo aparejado, por un lado, una fuerte concentración productiva que se expresó en la disminución de los establecimientos de menor tamaño, casi la mitad de las explotaciones familiares desaparecieron al no poder adaptarse a estas nuevas tecnologías. Por otra parte, los productores que permanecieron, en algunos casos adoptaron de manera completa el paquete tecnológico y su lógica, ampliando la escala y utilizando tecnología “de punta” y, en otros casos, desarrollaron una hibridación tecnológica de resistencia, adoptando el paquete tecnológico incompleto con una menor utilización de insumos (Tamagno *et al.*, 2018).

En este escenario, uno de los impactos negativos del modelo se evidencia en que algunos saberes locales se dejaron de poner en práctica por el proceso de “agriculturización” y “sojización”, tal como fue expresado en las propias palabras de agricultores familiares mixtos en el trabajo de Tamagno (2018):

“Hoy en día está lleno de pooles; no hace falta el conocimiento del agricultor tradicional, que se va perdiendo” (Tamagno, 2018, p. 6).

“El girasol es un lindo cultivo, hay que saber hacerlo, no como la soja; el girasol lo hace un productor, no lo hace un pool” (Tamagno, 2018, p. 10).

Por otra parte, hay saberes que se readaptaron o, como lo llamaron Tamagno *et al* (2018) se produjo una hibridación tecnológica en agricultores familiares mixtos pampeanos al perdurar lógicas productivas tradicionales, muchas veces consideradas un signo de atraso, que conviven con las nuevas tecnologías. En estos agricultores prevalece la estrategia de “filtrar”, a través de sus saberes y lógicas, lo que es bueno para su situación y adaptarlo localmente. En estos sistemas se observa una mayor complejidad y diversidad de estrategias tecnológico- productivas. Estas autoras citan ejemplos como el menor uso de agroquímicos en los sistemas mixtos (aún con rendimientos iguales del área agrícola) frente a los sistemas exclusivamente agrícolas, y plantean que esto podría responder a una mayor agrobiodiversidad presente en la actividad ganadera (ambientes seminaturales de los sistemas pastoriles) lo que disminuye la necesidad de aplicaciones (Iermanó, 2015), y sitúa a la ganadería en una estrategia tecnológico- productiva de adaptación que otorga mayor resiliencia al agroecosistema.

En este contexto pampeano Bonillo (2005) señala la importancia de considerar los saberes locales como alternativas tecnológicas basadas en procesos y no tanto en insumos. Queda claro como señalan en el estudio de Tamagno *et al.*, (2018) que las diferentes estrategias desarrolladas por agricultores familiares mixtos pampeanos, vinculadas con la diversificación productiva, deben ser consideradas de importancia para el desarrollo de zonas rurales y para un manejo sustentable de los recursos.

Al igual que en la producción hortícola, los agricultores familiares extensivos no están exentos de la presión que ejerce el modelo dominante del agronegocio a través de la restricción tecnológica (en la disponibilidad de semillas y otros insumos, así como de maquinaria adecuada) y de la imposición de nuevas tecnologías.

Conclusiones

El capítulo recorre el vínculo entre Conocimiento Ambiental Local (CAL) y Agrobiodiversidad, entendida como toda forma de vida, incluidas las culturas que la manejan y determinan a través de los diferentes usos, conocimientos y valores que le otorgan. Queda claro, en los vastos ejemplos de la agricultura tradicional, el fuerte vínculo entre diversidad biológica y cultural que ocurre

a través del tiempo y del espacio, y, que ha logrado la sustentabilidad de los sistemas en los que habitan. En el último tiempo adquiere cada vez más relevancia entender que sucede con este saber y su vínculo con la agrobiodiversidad en sistemas locales, sin tiempos milenarios de interacción entre las sociedades rurales y el ambiente.

La Agroecología, como enfoque integrador y holístico, plantea como uno de sus pilares la necesidad de compatibilizar el uso y la conservación de la agrobiodiversidad, con la finalidad de disminuir el uso de insumos, para ello, es imprescindible el conocimiento ambiental local y el diálogo de saberes.

En este sentido, queda expresado en el capítulo la necesidad de entender el CAL como una forma de sabiduría, individual o colectiva, que se debe entender en el “aquí y ahora”, es decir, es un saber situado a la realidad propia de cada agricultor/a, determinado entonces por su contexto histórico, ambiental, socioeconómico y político. A su vez, se hace necesario prestar atención al contenido semántico de ese saber local. Es decir, a la terminología específica que se emplea y el sentido que cobra cada término en el sistema de pensamiento local. En síntesis, el conocimiento ambiental local aparece siempre referido al contexto espacial- temporal. Por lo cual no es fijo ni estático, sino dinámico, polisémico, multidimensional y polivalente.

Por un lado, esto trae complejidad en su abordaje o aproximación. El desafío es incluir el saber local, en el diseño, manejo y evaluación de los agroecosistemas, basado en compatibilizar el uso y la conservación de la agrobiodiversidad, y, poder mejorar nuestra comprensión y evaluación de estos procesos manteniendo la riqueza de esta complejidad. En el capítulo se ha presentado una propuesta metodológica a partir de la complementariedad de miradas. Una mirada explicativa, propia de las ciencias, a través del uso de indicadores y una visión comprensiva, para representar los modos de gestión o la lógica de los agricultores y las agricultoras de la agrobiodiversidad a través de la entrevista paisajística y el análisis estructural del discurso. Este análisis permitió crear puentes entre las concepciones de los/las agricultores y de los/las agrónomos.

Por otra parte, la condición de dinamismo del CAL plantea la necesidad de visualizar cuál ha sido y es el impacto del modelo hegemónico de producción de bienes sobre el CAL, para aproximarnos a entender cómo se configura el CAL en contextos locales.

Reflexión

Es muy difícil pensar los aspectos desarrollados haciendo una abstracción del actual contexto de crisis socioeconómica y política que atraviesa la Argentina y en particular el sector de la Agricultura Familiar, Campesina e Indígena. En los últimos años las políticas neoliberales han llevado a un retroceso en materia del reconocimiento de la Agricultura Familiar, Campesina e Indígena a partir de no implementar de manera plena la Ley Nacional de Reparación Histórica de la Agricultura Familiar para la Construcción de una Nueva Ruralidad en la Argentina (Ley 27.118), a partir de la desarticulación de políticas públicas para el sector así como la notable reducción de

inversión en ciencia y tecnología y la desfinanciación de las Universidades públicas. A la falta de apoyo con políticas públicas se le suma la crisis económica que se expresa en los costos y condiciones de alquileres inaccesibles, el valor de los insumos en dólares y la venta de los productos en el mercado interno a valor peso. Estos aspectos son algunos de los factores que traccionan hacia la insustentabilidad, en un escenario donde las condiciones contextuales sean más favorables para la Agricultura Familiar, Campesina e Indígena, sería más factible la posibilidad de avanzar hacia el logro de un manejo ecológico de la agrobiodiversidad y el respeto por los saberes locales asociados a dicho recurso.

Agradecimientos

A las y los agricultores por sus enseñanzas y momentos de aprendizajes compartidos. A Santiago Sarandón y Christophe Albadalejo por motivarme y guiarme en este camino.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué es la diversidad biocultural? ¿Cómo se vincula con el conocimiento ambiental local (CAL)?*
2. *¿Por qué es importante el CAL para el manejo sustentable de los agroecosistemas?*
3. *¿Cuál es la relación entre la agrobiodiversidad y el conocimiento local?*
4. *¿Qué significa la hibridación de conocimientos?*
5. *¿Cómo se incorporan los nuevos conocimientos? ¿Se incorporan o es algo estático? ¿Se pueden erosionar estos conocimientos?*
6. *Reflexione sobre la variable temporal y su incidencia en el CAL.*
7. *En sistemas abiertos a la información y permeables como los modernos, (oferta de semillas, tecnologías, productos, accesos internet, propagandas, reuniones demostrativas, etc.) ¿cómo se mantiene el CAL y cómo incorpora estas novedades? ¿representan amenazas?*
8. *¿Cómo se vincula el CAL con factores como la edad, la historia familiar o la tecnología?*
9. *¿Cuáles son los dos enfoques que se describen en este capítulo para abordar el CAL como un aspecto de la diversidad biocultural? ¿en qué consiste cada uno de ellos?*
10. *¿Cuál es la importancia de tener en cuenta el significado de las expresiones lingüísticas (terminología) que el/la agricultor/a utiliza?*

Referencias

- Abbona EA, SJ Sarandón, M Marasas & M Astier (2007) Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119(3–4): 335-345.
- Ahumada A, F Mainella, MM Bonicatto, ML Pérez, ML Pochettino, M Marasas, M Moricz, M Pérez, N Anglese, P Domínguez & V Parmigiani (2009) Segunda Feria Provincial de Semillas Nativas y Criollas “Sembrando Esperanza”. Editor responsable CYTED- Programa Iberoamericano Ciencia y tecnología para el Desarrollo. Jujuy, Argentina. 67 pp.
- Ahumada A, J Otero & JJ Garat (2011) Las Hortalizas Típicas del Cinturón Verde de La Plata. La Plata: UNLP. 72 pp.
- Albaladejo C (1994) Un enfoque comprensivo de la agricultura de una colectividad local: Hacia una "agronomía comprensiva". *Seminario: resultados de enfoques sistémicos aplicados al estudio de la diversidad agropecuaria: experiencias en el Cono Sur*, Mar del Plata, AR. pp. 307-324.
- Almeida Aguiar MV (2007) El aporte del conocimiento local para el desarrollo rural: Un estudio de caso sobre el uso de la biodiversidad en dos comunidades campesinas tradicionales del Estado de Mato Grosso- Brasil. *M. Sc. Tesis Doctoral en Agroecología, Sociología y Desarrollo Rural Sostenible. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Escuela Técnica superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. España.* 691 pp.
- Altieri MA & CI Nicholls (2013) Agroecología y Resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *En: Agroecología y Cambio climático*. Nicholls, C.I. y Altieri, M.A. (Eds). 8 (1):7-20.
- Altieri MA (1991) ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? *Agroecología y Desarrollo*. CLADES. 1: 16-24.
- Berkes F & NJ Turner (2006) Knowledge, Learning and the Evolution of Conservation Practice for Social-Ecological System Resilience. *Human Ecology*, 34 (4): 479-494.
- Berkes F, J Colding & C Folke (2000) Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management. *Ecological Applications*, 10 (5): 1251-1262.
- Blanc-Pamard C & P Milleville (1985) Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire. *In A travers champs, agronomes et géographes*, ed. Orstom, Paris, 101-132 pp.
- Blandi ML (2016) Tecnología del invernáculo en el Cinturón Hortícola Platense: análisis de la sustentabilidad y los factores que condicionan su adopción por parte de los productores. *Tesis de doctorado en Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata.* 303 pp.
- Bonicatto MM (2018) Sustentabilidad y Agrobiodiversidad: Análisis de la conservación de semillas y conocimientos asociados en agroecosistemas familiares del Cinturón Hortícola Platense. *M. Sc. Tesis Doctoral Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata.* 260 pp.
- Darré JP (1985) La parole et la technique. *L'Harmattan*, Paris, 192 pp.
- Demazière D & C Dubar (2010) Analyser les entretiensbiographiques. L'exemple de récitsd'insertion. *Questions Vives*. 7 (14): 177-179.

- Eyssartier C, ML Pochettino & M Lozada (2015) ¿Qué saben y en qué contextos aprenden sobre plantas niños entre 11 y 12 años? Un estudio desde el enfoque de la cognición corporizada. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Ensenada, Argentina. 15 pp.
- Flores CC & SJ Sarandón (2014) Manejo de la Biodiversidad en Agroecosistemas. En Edulp Editorial. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón SJ y CC Flores Editores (342-373).
- Gargoloff NA (2018) Manejo, conocimiento y valoración de la agrobiodiversidad en fincas familiares de la plata. Su relación con un manejo sustentable de los agroecosistemas. *M. Sc. Tesis Doctoral Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata*. 297 pp.
- Gargoloff NA, EA Abbona & SJ Sarandón (2010) Análisis de la Racionalidad Ecológica en agricultores hortícolas de La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 5 (2): 288-302
- Gargoloff NA, C Albaladejo & SJ Sarandón (2011) La entrevista paisajística: un método para situar las prácticas y saberes de los agricultores. *Cadernos de Agroecología* 6(2): 1-5.
- Gargoloff NA, MM Bonicatto, SJ Sarandón & C Albaladejo (2009) Análisis del conocimiento y manejo de la agrobiodiversidad en horticultores capitalizados, familiares y orgánicos de La Plata, Argentina. *VI Congreso Brasileño de Agroecología*. 5pp.
- Gliessman SR (2002) Agroecología. *Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Guzmán Casado G & J Morales Hernández (2012) Agroecología y agricultura ecológica. Aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. *Agroecología* 6: 55-62.
- Ianni E, D Geneletti & M Ciolli (2015) Revitalizing Traditional Ecological Knowledge: A Study in an Alpine Rural Community. *Environmental Management* 56(1): 144.
- Iermanó MJ (2015) Sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril de la Región Pampeana: eficiencia en el uso de la energía y rol funcional de la agrobiodiversidad. *M. Sc. Tesis Doctoral Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata*. 307 pp
- Ladio A (2011) Traditional knowledge of edible wild native and exotic plants in the context of cultural change in human populations of arid Patagonia. *Bioremediation, Biodiversity and Bio-availability*. 5:60-64.
- Lambaré DA & ML Pochettino (2012) Diversidad local y prácticas agrícolas asociadas al cultivo tradicional de duraznos, *prunus persica* (rosaceae), en el Noroeste de Argentina. *DARWINIANA*. 50:174–186.
- Landais E & JP Deffontaines (1988) Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant de la recherche agronomique. *Etudes Rurales*, 109:125-158.
- Lave J (1988) Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life. Cambridge University Press. Cambridge. 214pp.
- Lefroy RDB, HD Bechstedt & M Rais (2000) Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand. *Agric. Ecosyst. Environ.* 81:137–146.
- Lema VS (2006) Huertos de altura: el manejo humano de especies vegetales en la Puna argentina. *Revista de Antropología XII*. pp 173-186.

- Lema VS & ML Pochettino (2008) La variable tiempo en la caracterización del conocimiento botánico tradicional. *DARWINIANA* 46(2): 227-239.
- Lozada, Ladio & Weigandt (2006) Cultural transmission of ethnobotanical knowledge in a rural community of northwestern Patagonia. *Economic Botany* 60(4):374-385.
- Martínez MR & ML Pochettino (1999) El valor del conocimiento etnobotánico local: Aporte a la curricula educativa en el área de biología en las escuelas de Molinos. Valles Calchaquíes, Provincia de Salta. *Cuadernos del INAPL* (Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano) 18pp.
- Martínez GJ & P Cúneo (2009) Las denominaciones vernáculas y el conocimiento toba del entorno vegetal. *Revista de dialectología y tradiciones populares*. vol. LXIV. 18pp.
- May MP, J Otero, A Ahumada, MM Bonicatto & NA Gargoloff (2018) Cultivos tradicionales en contextos actuales: variedades locales en el cinturón hortícola de La Plata, Argentina. *X Congreso de Sociología Rural*, ALASRU.
- McKenna J, RJ Quinn, DJ Donnelly & JAG Cooper (2008) Accurate mental maps as an aspect of local ecological knowledge (CAL): a case study from Lough Neagh, Northern Ireland. *Ecology and Society*, 13(1):13.
- Medrano MC & I Ceballos (2017) Etno-herpetología: los anfibios y el hombre. Anfibios de Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral. pp 183 – 196.
- Noseda NL (2018) Lógica y saberes campesinos en la zona Norte del Alto Paraná, Misiones y su aporte a una propuesta de Desarrollo Rural Sostenible. *Tesis de MAGISTER scientiae en procesos locales de innovación y desarrollo rural (PLIDER)*. FCAyF. UNLP. 419 pp.
- Pochettino ML (2005) Verduras en Europa, yuyos en América: prácticas y conocimientos sobre malezas comestibles. *Congreso argentino de inmigración. IV Congreso de Historia de los pueblos de la provincia de Santa Fe*. Esperanza, Santa Fe, 16 pp.
- Sarandón SJ & CC Flores (2009) Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Revista Agroecología*, 4: 19-28.
- Sarandón SJ, CC Flores, NA Gargoloff & ML Blandi (2014) Análisis y Evaluación en Agroecosistemas: Construcción y aplicación de indicadores. En Edulp Editorial. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón SJ y CC Flores Editores (375-410).
- Sears R, C Padoch & M Pinedo-Vasquez (2008) Amazon Forestry Transformed: Integrating Knowledge for Smallholder Timber Management in Eastern Brazil. *Human Ecology*. 36 (1): 147-147.
- Stampella PC, MB Doumecq, M Vojkovic & I Laborda (2016) Valoración del cambio ambiental según los "junqueros" y "leñateros" en el sector sur de la región rioplatense (Argentina). *Bonplandia* 25(1): 17-31.
- Stupino SA, MJ Iermanó, NA Gargoloff & MM Bonicatto (2014) La biodiversidad en los agroecosistemas. En Edulp Editorial. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Sarandón SJ y CC Flores Editores (131- 158).

- Swift MJ, I Amn & M Van Noordwijk (2004) Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 113-134.
- Tamagno LN, MJ Iermanó & SJ Sarandón (2018) Los saberes y decisiones productivo-tecnológicas en la agricultura familiar pampeana: Un mecanismo de resistencia al modelo de agricultura industrial. *Mundo Agrario*, 19(42), e100.
- Toledo VM & N Barrera-Bassols (2008) La memoria biocultural, la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria editorial. pp 230.
- Toledo VM (1992) La racionalidad ecológica de la producción campesina. Ecología, campesinado e historia. Sevilla Guzmán, E. y Gonzáles de Molina, M. (Editores). Editorial La Piqueta. Madrid. España. pp 197-218.
- UNEP/CDB/COP (2000) The Biodiversity Agenda. *Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión*. Apéndice. Nairobi 15-26 de mayo 2000.
- Vicente L & SJ Sarandón (2013) Conocimiento y valoración de la vegetación espontánea por agricultores hortícolas de la plata. Su importancia para la conservación de la agrobiodiversidad. *Revista Brasileira de Agroecología*. 8(3): 57-71.
- Zamudio F & NI Hilgert (2012) Descriptive attributes used in the characterization of stingless bees (Apidae: Meliponini) in rural populations of the Atlantic forest (Misiones-Argentina). *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 8: 1-10.

CAPÍTULO 14

Incorporación del enfoque de género en el conocimiento sobre la biodiversidad

Viviana Blanco

Introducción

A partir de un cuestionamiento a la revolución verde, surge la Agroecología que parte del reconocimiento de que ese paradigma de la agricultura, hasta hoy hegemónico, generó importantes consecuencias negativas en términos de exclusión social, degradación del medioambiente, y dependencia económica. La Agroecología, como enfoque multidisciplinar y pluriepistemológico, surge como el paradigma adecuado para intentar resolver los problemas ecológicos y sociales ocasionados por la revolución verde.

Desde este nuevo paradigma, se busca reemplazar las tecnologías insumo-dependientes de la revolución verde por otras basadas en procesos ecológicos. Esto se consigue a través del rediseño de los agroecosistemas hacia modelos de base agroecológica. Para ello, uno de los elementos centrales es el conocimiento y el manejo de la agrobiodiversidad así como de la biodiversidad espontánea, cuyo rol es brindar bienes y servicios ecológicos para el reciclado de nutrientes, control de plagas y enfermedades y mantener una amplia disponibilidad de genes, aspectos que resultan especialmente importante para la pequeña agricultura, fundamentalmente, porque les confiere un alto grado de autonomía frente al poder de las empresas proveedoras de insumos.

Teniendo como objetivo el rediseño de los sistemas productivos, la Agroecología, que se autodefine como práctica, ciencia y movimiento, apunta, entre otras cosas, al rescate de los saberes de los agricultores familiares, campesinos e indígenas. Estos conocimientos son de carácter local, situado y, en general, ecológicamente sustentables están asociados a formas de producción y de organización que buscan el equilibrio entre tres dimensiones, la socioeconómica y cultural, la ecológica y la política.

Sin embargo, y producto de una visión androcentrista, cuando pensamos en saberes, pensamos en agricultores, varones y adultos, desconociendo e invisibilizando un cúmulo de valores y conocimientos acumulados por las mujeres y transmitidos de manera horizontal y vertical entre ellas. Por eso, este capítulo pretende abordar las complejas tramas de relaciones con aristas sociales, culturales, económicas y políticas, que se establecen entre varones y mujeres en los territorios. Relaciones de carácter asimétrico y jerárquicas que valoran de manera diferencial las

tareas realizadas por varones y mujeres. Así, a partir de estas jerarquías se justifica y reproduce el acceso diferencial de ellas al uso y control de los recursos productivos, a la asistencia técnica, a la capacitación, los servicios financieros, a participar de los beneficios que su trabajo genera, así como a la posibilidad de tomar decisiones dentro y fuera de la unidad de producción.

Y esto tiene consecuencias muy concretas, sociales, políticas, económicas y productivas. Si lo que saben, lo que hacen las mujeres, y las motivaciones que las impulsan no son considerados, si cuando hablamos de diálogo de saberes, sólo pensamos en los varones y sólo con ellos compartimos esos saberes, entonces nos estaremos perdiendo todo lo que la otra mitad, las mujeres, pueden aportar; conocimientos que muchas veces son diferentes y complementarios al de los varones. Y en los temas vinculados al manejo y conservación de la agrobiodiversidad, las mujeres tienen un rol clave, el cual ha sido reconocido por la FAO, y ratificado en el marco de la XII COP del Convenio de diversidad biológica, reunido en Corea en 2014, en el que se aprobó un Plan de Acción de Género 2014-2020, que lleva entre sus objetivos trabajar por la igualdad de género. Además, hay muchos registros, sobre todo en el denominado tercer mundo, que dan cuenta de la participación de las mujeres en la domesticación de especies, la conservación in situ de variedades locales, y el mejoramiento animal y vegetal.

Es así que, si persistimos en no registrar a las mujeres, tanto ellas, como sus conocimientos y sus prácticas, con todo el potencial que contienen quedarán excluidas del diseño y manejo de los sistemas productivos, y de la agrobiodiversidad. Sosteniendo por otro lado, su invisibilización y su posición subalterna respecto de los varones.

Por otra parte, este capítulo hará un análisis sobre las resistencias ocultas dentro de las prácticas cotidianas de los y las agentes de instituciones públicas, que dificultan y demoran el cambio de paradigma y la incorporación del enfoque de género en la ciencia, la tecnología y la extensión.

Por último, hacia el final del capítulo, se ofrecen algunas herramientas para el trabajo con perspectiva de género.

El reconocimiento de la cultura en manejo de la Agrobiodiversidad

Son muchos los estudios demuestran el rol que la biodiversidad cumple en los ecosistemas, y la utilidad que éste tiene para la humanidad. Nuestra supervivencia como especie depende de ello, a tal punto que en el marco de las Naciones Unidas (ONU), el 5 de junio de 1992 se firmó el Convenio de diversidad biológica, que apunta justamente a, conservar la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios que deriven de su utilización.

La Conferencia de las partes (COP V), realizada en el año 2000 en Nairobi, definió la Agrobiodiversidad o diversidad agrícola como un tipo de diversidad que nace de la intersección de la diversidad biológica y cultural. Además, definió cómo está compuesta, y destacó el lugar que tiene la cultura en el conocimiento, manejo y preservación de la agrobiodiversidad (ver Cáp. 1).

A partir de esta conceptualización, toda vez que hablemos del rol de la cultura, en su domesticación, manejo y conservación para la alimentación, estaremos hablando de Agrobiodiversidad.

La pregunta que cabría es ¿por qué debemos considerar los aspectos culturales en la conservación de la agrobiodiversidad? La respuesta es clara, porque todo lo que se hace, cómo se hace, para qué se hace, y quién hace en los agroecosistemas, está determinado por la cultura propia, particular, de cada tiempo y lugar. Esto marca una profunda diferencia con el funcionamiento de los ecosistemas naturales.

El convenio de diversidad biológica reconoce la coevolución, a veces milenaria, o de siglos, entre la diversidad biológica y el conocimiento tradicional local de los agricultores y agricultoras, las comunidades campesinas y originarias. Esta coevolución ha permitido la adaptación de las especies a su entorno, por un lado, junto a un conocimiento asociado a ese proceso, que permanece en manos de las comunidades por el otro. En este devenir, que está en continua transformación, las comunidades han podido desarrollar prácticas e innovaciones, generadas a partir de la experiencia acumulada durante tantos años.

La Agroecología, que reconoce la existencia de una estrecha relación entre la dimensión cultural y biológica, reconoce y acepta que el conocimiento sobre las funciones, el manejo y la conservación de la agrobiodiversidad está, no sólo en la academia, sino también en mano de los agricultores y agricultoras. Y, además, propone que para poder rescatar ese conocimiento es necesario construir una relación dialógica entre la academia, técnicos y profesionales, junto a productores y productoras, y comunidades originarias y campesinas, cuyas vivencias, saberes y valoraciones sobre agrobiodiversidad, resultan fundamental para diseñar y manejar agroecosistema de manera sustentable. Este conocimiento, al menos de manera teórica ha comenzado a ser reconocido y comprendido por la Agroecología. Sin embargo, llevarlo a la práctica no siempre resulta sencillo, hace falta deconstruir nuestro sesgo androcéntrico, junto con el etnocentrismo y el antropocentrismo, pero también conocer y disponer de las herramientas necesarias para hacerlo.

Para poder avanzar lo que la experiencia nos indica es que a partir de una visión androcéntrica⁶ del mundo, que invisibiliza a las mujeres y niega la mirada femenina, este diálogo epistemológico entre el saber científico, universal y teórico, con el conocimiento de campesino, empírico y anclado localmente lleva, en general, a identificar como “productores portadores de saberes”, sólo a los varones, ocultando y desconociendo todo el bagaje que tienen las mujeres.

Avanzando en comprender más acabadamente lo que ocurre en los espacios rurales, incorporamos al análisis el aporte conceptual-metodológico del enfoque de género, entendiendo que, en el marco de procesos agroproductivos, varones y mujeres en relación directa con su entorno natural generan estrategias y prácticas en las que ponen en juego sus conocimientos y sus saberes, algunos compartidos y otros diferenciados por género. Sin embargo, para poder comprender, e identificar estos aspectos de manera acabada, debemos aclarar primero algunos conceptos.

⁶ El androcéntrismo es la visión parcial del mundo, que sitúa al hombre como centro de todas las cosas. “Es la visión a través de la cual se cree que todo lo que ha realizado la humanidad ha sido realizado por los hombres, es creer que la experiencia masculina incluye y es medida de las experiencias humanas”. (Meana Suarez 2002:2)

¿De qué hablamos cuando hablamos de género?

En primer lugar, género no es lo mismo que sexo, ni tampoco hablar de género es hablar solamente de mujeres. Reconociendo que lo que sigue representa una explicación binaria y biologicista, y que existen otras más complejas pero que exceden el alcance de esta publicación, hablamos de sexo (ver Figura 14.1), cuando nos referimos a las características que vienen dadas por la naturaleza, y que dividen a la humanidad, prácticamente en dos categorías: macho/hembra, hombre/mujer.

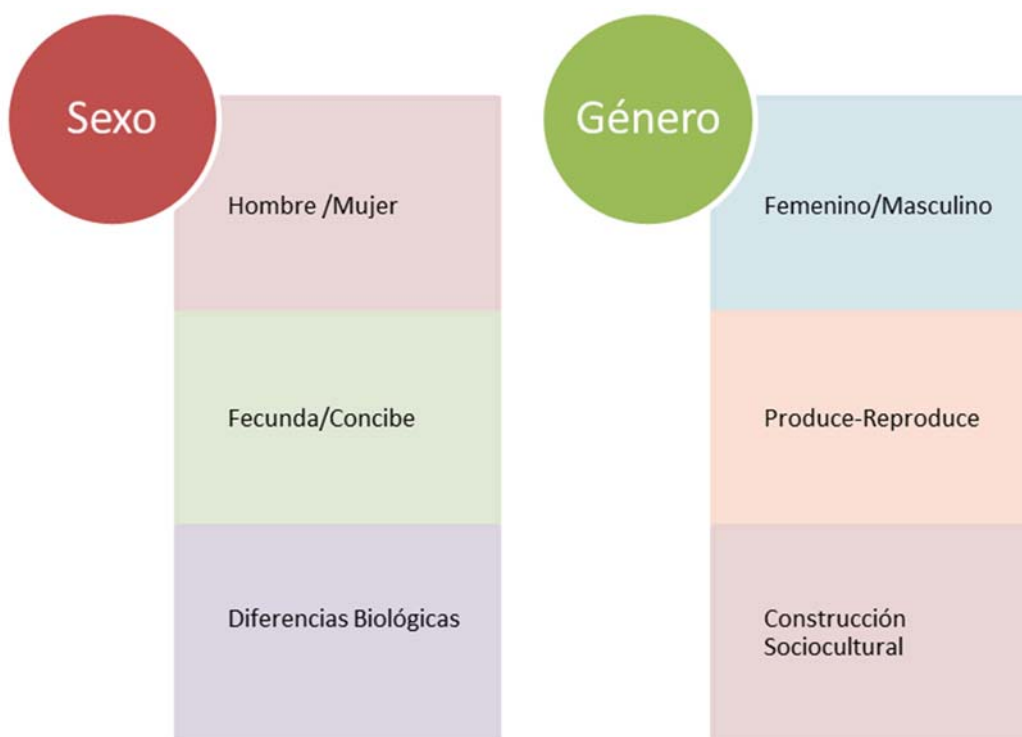


Figura 14.1: Relación Sexo – Género, construcción social de las diferencias. Elaboración Propia

En cambio, cuando hablamos de género nos referimos a relaciones construidas culturalmente. Estas relaciones son situadas en lugar y tiempo, y determinan lo que se espera de hombres y mujeres para ser aceptados por esa sociedad; son, en definitiva, el producto de ese cúmulo de cualidades que adquirimos en nuestro proceso de socialización, en el que aprendemos e incorporamos, las mujeres: “lo femenino”, y los varones: “lo masculino”. Este proceso se refleja en la construcción social de los estereotipos de género, que luego se van a corresponder con los roles y funciones asignados a cada género (Cuadro 14.1).

Mujeres			Varones		
Estereotipo	Rol	Función asignada	Estereotipo	Rol	Función asignada
Sumisa, frágil, afectuosa, tierna, emocional, maternal, cálida, amorosa	Pasivo- reproductivo (esposa, madre, hija), decide dentro de la casa. Lo productivo como extensión de lo doméstico.	Tareas del cuidado y la alimentación. Profesiones feminizadas. Decide al interior del hogar.	Fuerte, valiente, osado, seguro, racional, duro.	Activo-productivo, Sostén económico de familia. Participación y representación en la vida política, económica y comunitaria	Proveedor, decisor, decide fuera del hogar, en el trabajo, la comunidad, en la política, en la organización.

Cuadro 14.1: Estereotipos, roles y funciones en la ruralidad. Elaboración propia

Ahora bien ¿es ésto un problema? Si, lo es, en primer lugar, porque esta construcción representa un orden binario que desconoce otras opciones, otros cuerpos, otras afectividades, subjetividades e identidades, negando la diversidad, muchas veces, condenándola socialmente y ejerciendo violencias sobre ellas.

Por otro lado, y aceptando por un momento el orden binario establecido, la construcción social de las relaciones de género está basada en las diferencias biológicas entre los sexos, y es a partir de estas diferencias que se construyen los estereotipos de género, los cuales derivan en la asignación de roles y funciones diferenciados por género, y en la división sexual del trabajo.

Así, la división sexual del trabajo nos propone que para las tareas del cuidado y la reproducción hacen falta ciertas cualidades que sólo las mujeres portan porque la naturaleza se las ha otorgado. Mientras que las tareas de producción y representación política requieren cualidades que poseen sólo los varones, a los que la naturaleza se las ha otorgado. Es decir, hay una “naturalización” de los estereotipos de género (femenino y masculino), una negación del origen cultural de esta construcción, y una determinación de que esas cualidades vienen dadas por la biología, junto a los caracteres sexuales.

Por otro lado, ocurre que los roles y funciones asignados a los varones, vinculados a lo económico-productivo, a la representación política y al espacio público están, social y económicamente valorados positivamente, mientras que los asignados a las mujeres, vinculados al espacio privado, lo reproductivo y las tareas del cuidado, están invisibilizados y no tienen reconocimiento social ni económico.

Estas tareas, diferenciadas por géneros, que tienen una valoración asimétrica y jerarquizada, son el soporte que justifica y sostiene las desigualdades de género, que colocan a las mujeres en una posición subalterna respecto de los varones.

Las desigualdades de género se expresan en lo que se conoce como “brechas de género”, que consisten en el acceso diferencial de varones y mujeres, a las oportunidades económicas, sociales, políticas, culturales, educativas, en definitiva, brechas en el acceso y ejercicio de los derechos de las mujeres (Figura 14.2), porque no basta con la enunciación de los derechos de las mujeres, ellas deben tener también garantizadas las oportunidades para ejercerlos libremente.



Figura 14.2: relación entre estereotipos de género y brechas de acceso diferenciadas por género.

A partir del proceso de socialización en el que se “naturalizan” los estereotipos y sus consecuencias, las sociedades reproducen, justifican y legitiman mecanismos de exclusión y dominación social, cultural, económica y política sobre las mujeres (Lamas, 1996), dando como resultado, “relaciones jerárquicas y desiguales de poder”.

Estas jerarquías atraviesan transversalmente a las sociedades, y en los espacios rurales en particular, pueden estar acompañadas por otras opresiones como las de clase, raza o etnia, esto implica que una persona va a sufrir más opresiones si, además de mujeres es pobre, o es pobre y migrante, o es pobre y originaria.

Vemos entonces que al hablar de género debemos considerar dos dimensiones de análisis: una cultural, en donde se construyen y reproducen las relaciones de género, y otra política, sobre las que se manifiestan las desigualdades de género. Estas dimensiones, se expresan juntas, son complementarias, y pueden medirse a través de las brechas de género.

¿Cómo se expresan estas jerarquías en el medio rural?

Para comenzar, debemos considerar que las ideas que propondremos se restringen a la experiencia acumulada en los modelos de agricultura familiar, campesina e indígena en Argentina, pero que probablemente no difieren demasiado de lo que ocurre en otras partes de Latinoamérica.

La particularidad de estos sistemas, a diferencia de los empresariales más capitalizados, es que, en aquellos, el ámbito de lo productivo y lo reproductivo (doméstico) se solapan, porque el lugar de trabajo, la unidad de producción, es también el sitio donde vive la familia, donde sus integrantes realizan el trabajo productivo, sin distinción de sexo y edad, pero donde se asigna las tareas de cuidado (trabajo reproductivo), exclusivamente a la responsabilidad de las mujeres de la familia.

En estos sistemas, y desde la mirada convencional, teñida por el androcentrismo y atravesada por las relaciones de género, tanto para la ciencia, para la academia, para los servicios de extensión, y aún dentro de las mismas organizaciones del sector, la idea que prevalece sobre quién es “productor”, es la de un varón adulto; luego, los jóvenes varones trabajan, y las mujeres jóvenes y adultas “ayudan”.

Este concepto, coloca la participación de las mujeres en el plano de lo colaborativo, invisibilizando el trabajo productivo de ellas, muchas veces igual en tiempo de ocupación y responsabilidad al de los varones. Cuando esto ocurre, todo aquello que las mujeres hacen, no es valorado ni reconocido, quedando su aporte reducido a una “extensión del trabajo doméstico-reproductivo”, aunque vaya más allá del cuidado del huerto, las plantas de traspatio, y los animales de granja. Tan es así, que ni las mismas mujeres se reconocen como productoras, y suelen decir de ellas mismas: *“yo no trabajo, el que trabaja es mi marido (o en tal caso el hijo), ...yo solo ayudo...”*

Así, en las relaciones económico-productivas que se dan en la ruralidad, se llega a dialogar sólo con los varones, y a responder sólo a sus demandas y necesidades, desconociendo tanto las necesidades de las mujeres como sus intereses estratégicos. De esta manera, se obtiene una visión parcial pero que pensamos un todo, la visión del “productor”. Así, serán los productores varones los consultados, aunque las actividades motivo de consultas las realicen mujeres, o sean ellas las que utilicen determinados productos, o las que sepan cómo y por qué se hacen algunas prácticas. Por ejemplo, en Misiones, Argentina, la decisión comercial de cultivar un solo tipo de mandioca (la que compra la industria transformadora), es tomada por los varones, mientras que en la cocina hogareña las mujeres usan más de cinco tipos diferentes de este cultivo en sus recetas. Esta manera de proceder se explica porque en el ámbito de las relaciones de género, éstas son jerárquicas, y las decisiones de qué producir para el mercado, en general la toman los varones. Otro ejemplo se da en el trabajo rural, donde es común que las mujeres se ocupen de las tareas de poda o raleo de frutales, sin embargo, a las capacitaciones sobre esos temas asisten los varones.

Estas prácticas llevadas a cabo por agentes que participan en las dinámicas socioproductivas de los espacios rurales, llevan a reproducir y sostener situaciones de desigualdad, que se expresan en “brechas de acceso” (ver Figura 14.3).

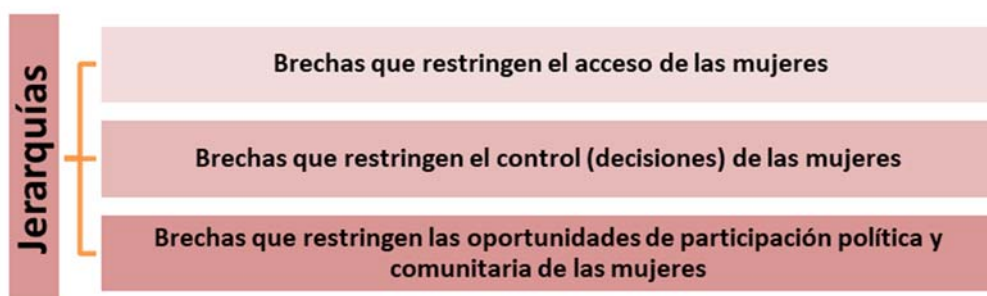


Figura 14.3: Relación entre jerarquías de género y desigualdades de acceso y participación

Las brechas se manifiestan en las diferencias de oportunidades de las mujeres, respecto al acceso al uso y/o control (decisión), sobre la tierra, las herramientas, la agrobiodiversidad, el agua, la tecnología, la producción, la comercialización, los beneficios obtenidos a partir de su trabajo (porque además está invisibilizado), y el derecho a la participación política y comunitaria. Las brechas de acceso expresan en,

- a) La restricción de las mujeres para acceder al uso de los bienes comunes, en particular la tierra y todo aquello que está en ella; a los servicios financieros, a los servicios de asistencia técnica, y con ello a aportar con sus saberes al diseño de agroecosistemas biodiversos; y a una remuneración por su trabajo;
- b) La restricción de las mujeres para decidir sobre las cuestiones productivas. Qué producir, cuánto, cómo, son decisiones que ocurren en función de objetivos, y éstos suelen estar claramente diferenciados por género, por ejemplo los móviles dominantes de los varones están relacionados con los productos, los cultivos, y el ganado destinado al mercado (producen lo que el mercado demanda), a diferencia de las mujeres que ponen en sus decisiones cuestiones que van desde garantizar la alimentación familiar, lo medicinal, lo estético, hasta el intercambio de excedentes con otras mujeres, lo que en general redundaría en sistemas más biodiversos, más estables y resilientes.
- c) Restricciones sobre decisiones comerciales, qué, cómo, cuánto, a quién vender, y en qué condiciones; financieras, y de inversión; sobre el destino de los ingresos generados en las unidades productivas, en donde ellas “también trabajan”. En este sentido, las preocupaciones sobre en qué gastar de las mujeres, están generalmente relacionadas al buen vivir de la familia, mientras que las de los varones, en mejorar e intensificar la producción.
- d) La restricción a las posibilidades de participación política y comunitaria de las mujeres, y sus oportunidades de ejercer la representación de sus pares, de elegir y ser elegida. En este sentido, es interesante el cambio que se está dando dentro de los movimientos sociales vinculados a la ruralidad, en donde, a partir de la participación de las mujeres, son ellas las que promueven, incursionan y difunden las prácticas agroecológicas basadas en el conocimiento y manejo de la agrobiodiversidad.

Las brechas de acceso se reflejan también en situaciones de exclusión de las mujeres respecto de la herencia de la tierra, por ejemplo, en Argentina, la ley de herencia es igualitaria para con todos los descendientes directos, es decir, hijas e hijos heredan por igual. Sin embargo, los usos y costumbres respecto de la herencia hacen que el acceso a la tierra esté restringido para las hijas mujeres, en cambio, uno o varios de los hijos varones se quedarán con uso y control de los bienes productivos provenientes de dicha herencia. Esta exclusión de las mujeres las lleva, en general, a buscar trabajos en las zonas urbanas, el pueblo o la ciudad, desencadenando un proceso de erosión y pérdida de todos aquellos saberes sobre agrobiodiversidad que ellas portan.

De igual manera, las mujeres no son beneficiadas por las políticas de extensión e investigación que valoren sus conocimientos sobre manejo y conservación de la agrobiodiversidad, ni mucho menos participan de los beneficios económicos, ni de reconocimiento a la hora de “patentar” sus obtenciones mejoradas o domesticadas.

Entonces, si las mujeres no son identificadas, miradas, consideradas y valoradas como productoras, ellas van a tener restringido el acceso al uso y control (las decisiones) sobre los recursos productivos (la tierra y toda la biodiversidad asociada a ella), así como a los ingresos que su trabajo genera. De esta manera, tampoco serán identificadas como destinatarias de los servicios de asistencia técnica, ámbito en el que tanto sus necesidades como los valores, los conocimientos y el saber-hacer que las mujeres portan en general, y en particular sobre la agrobiodiversidad, serán desconocidos y desperdiciados.

Y es aquí donde debemos poner especial atención ya que, desde el paradigma agroecológico, se reconoce la importancia del enfoque de género como herramienta teórico-metodológica de aproximación a la realidad de los territorios rurales. Sin embargo, en la práctica se percibe que la Agroecología aún está en una etapa incipiente de su utilización, y esto se debe en parte, a dificultades metodológicas para el abordaje del enfoque de género en la ruralidad. Pero también, y sobre todo, a que somos producto de una sociedad que nos formó culturalmente, para vivir, aceptar y reproducir esas brechas y jerarquías.

La pregunta entonces es, ¿por qué funcionan, y cómo se reproducen las jerarquías en las relaciones de dominación? ¿Por qué opresores y oprimidas, las aceptamos como jerarquías “naturales”?

Los aportes teóricos del sociólogo francés Pierre Bourdieu, nos brindan algunos elementos para comprender mejor estos procesos de reproducción social de las desigualdades. Para este autor, existen en el mundo social, estructuras objetivas, independientes de la conciencia y de la voluntad de las personas, que orientan y coaccionan nuestras prácticas, nuestro modo de percibir, de pensar y de actuar. Estas estructuras, son las que nos van mostrando, en nuestro proceso de socialización, qué se espera de nosotras/os, en cada ocasión, de acuerdo al lugar o posición que ocupamos. Es decir, son estructuras de génesis social, a la vez que estructuras estructurantes, de lo individual. La mediación entre lo social (la estructura), y lo individual (la estructuración), es lo que el autor define como *habitus*⁷.

Es a través de un conjunto de *habitus* aprendidos, que vamos desarrollando un conjunto de disposiciones, de respuestas, de modos de actuar frente a determinadas situaciones. Y el *habitus*, en nuestras sociedades, está “generizado”, y como tal “generiza” los grupos sociales, la comunicación, los cuerpos, y las instituciones. Es decir, crecemos y aprendemos a socializar a través de *habitus* (que luego reproducimos como tales), impregnados de sesgos de género.

En su obra, “La dominación masculina”, Bourdieu (2000), expresa cómo se construyen las relaciones jerárquicas, a partir de las diferencias sexuales entre hombres y mujeres:

⁷ El *habitus* se define como un sistema de disposiciones durables y transferibles -estructuras estructuradas predispuestas a funcionar como estructuras estructurantes- que integran todas las experiencias pasadas y funciona en cada momento como matriz estructurante de las percepciones, las apreciaciones y las acciones de los agentes cara a una coyuntura o acontecimiento y que él contribuye a producir” (Bourdieu, 1972: 178, en Diccionario crítico de ciencias sociales).

Son las diferencias visibles entre el cuerpo femenino y el cuerpo masculino las que, al ser percibidas y construidas de acuerdo con los esquemas prácticos de la visión androcéntrica, se convierten en el garante más indiscutible de significaciones y de valores que concuerdan con los principios de esta visión del mundo (...) esta visión del mundo, al estar organizada de acuerdo con la división de género relacionales, masculino y femenino, puede instituir el falo, y la diferencia entre los cuerpos biológicos, en fundamentos objetivos de la diferencia entre los sexos, en el sentido de géneros construidos como **dos esencias sociales jerarquizadas** (Bourdieu 2000: 20).

Para Bourdieu, la dominación masculina es una forma de violencia simbólica, que se reproduce y se acepta, también por las dominadas, porque se aprehende y se legitima en los habitus de socialización.

Por lo tanto, si éstas relaciones sociales han sido construidas de esa manera, podemos reconocerlas, problematizarlas, desnaturalizarlas y cambiarlas, y para ello necesitamos un cambio cultural, debemos vencer ciertas resistencias que permanecen ocultas y naturalizadas, las que se expresan en discurso y actitudes que tienden a mantener el statu quo.

Diferenciación de género en el conocimiento local de la agrobiodiversidad

Uno de los postulados más fuertes de la conservación de la biodiversidad, indica que ésta no sólo debe ser ex-situ, sino que es fundamental promover su conservación in-situ (ver capítulo 1). Esto se debe a que en las especies cultivadas hay también una coevolución, un aprendizaje, un reconocimiento establecido entre el hombre, la mujer, y la naturaleza, y este saber, que es su patrimonio, que está en sus manos, nos permite conocer, por ejemplo, qué usos se le puede dar a la biodiversidad, cómo se cultiva, cómo se reproduce, cuánto dura su ciclo, cuándo florece, qué insectos la visitan, con qué asociación de cultivos se “lleva mejor”, cómo se comporta cuando hay eventos extremos de temperatura y humedad, qué plagas las afectan.

Cuando hablamos del componente cultural de la biodiversidad, nos referimos a esto. Sin embargo, y aunque parezca obvio, es necesario indicar que ese componente, se refiere a los saberes adquiridos en una compleja trama de coevolución entre la naturaleza y el hombre, pero también entre la naturaleza y las mujeres.

Entonces, aceptando que esto es así, debemos asumir que cuando hablamos de conocimiento local sobre agrobiodiversidad, nos referimos al que poseen agricultores y agricultoras, campesinos y campesinas, así como hombres y mujeres pertenecientes a comunidades originarias. Y esto es tan efectivamente así, que la COP 12 del CDB realizada en Corea en octubre de 2014, aprobó el “Plan de acción de género 2015-2020 (PAG 2015-2020), en el marco del Convenio sobre Diversidad biológica”.

El PAG 2015-2020:

Define la función que la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica desempeñará, en esfuerzos de estimulación y facilitación, tanto internos como de socios y Estados Parte a nivel nacional, regional y mundial, para aprovechar oportunidades de promoción de la igualdad entre los géneros en su propia labor y vencer las limitaciones que la obstaculizan (UNEP/CBD/COP/DEC/XII/7, 2014:2).

El documento presenta cuatro objetivos estratégicos del PAG (Figura 14.4), para integrar las consideraciones de género en la aplicación del CDB, ellos son,

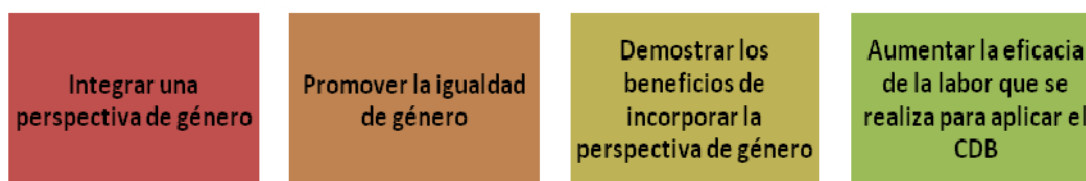


Figura 14.4 Objetivos del PAG-CDB

Cómo se observa, el PAG 2015-2020 propone en su tercer objetivo estratégico, “*demostrar los beneficios de la incorporación de la perspectiva de género*”, y en el texto, completa con la necesidad de garantizar para las mujeres “*la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.*”

En la evaluación del progreso del PAG 2015-2020 realizada por el marco de la reunión del Órgano subsidiario de aplicación reunido en Montreal en julio del 2018, no sólo se reconoce la importancia de promover políticas de igualdad de género para la conservación de la diversidad biológica, sino que además se asegura la necesidad de dar continuidad a este tipo de incentivos, en lo que podría ser el Marco mundial para diversidad biológica, posterior al 2020.

Las declaraciones de sucesivas COP, así como la materialización del PAG en el marco del CDB, así como los resultados de su evaluación, no hacen más que confirmar la necesidad de diseñar políticas, estrategias, metodologías, instrumentos y acciones adecuadas para visibilizar a las mujeres, sus conocimientos, sus destrezas, sus valores, en definitiva, la mirada respecto del manejo y la conservación de la agrobiodiversidad, que ellas tienen. Y lo hacen a sabiendas de que mujeres y varones tienen miradas diferentes y quizás complementarias respecto a la agrobiodiversidad.

Algunos ejemplos

Si bien sobre este tema hay mucho escrito, nos interesa en este punto tomar los aportes de Husinga⁸ (1993), quien, describió cuatro diferenciaciones de género sobre el conocimiento local para el manejo de sistemas biológicos:

⁸ Husinga, N (2001) “Indigenous agricultural knowledge and gender issues in Third World Agricultural Development, cited in Food And Agriculture Organization of the United Nations, Socio-Economic and Gender Analysis Programme, FAO. Roma.

1. Los varones y las mujeres tienen conocimientos sobre cosas diferentes.
2. Los varones y las mujeres tienen conocimientos diferentes sobre las mismas cosas,
3. Los varones y las mujeres pueden estructurar sus conocimientos de maneras diferentes
4. Los varones y las mujeres pueden recibir y transmitir sus conocimientos utilizando diferentes medios.

Los cuatro elementos señalados por Husinga, se reflejan en la práctica cotidiana de agricultores y agricultoras, y población originaria. Por ejemplo, el manejo de la pequeña agricultura diversificada, el huerto familiar y de los animales de granja, en general es parte del trabajo de las mujeres, o mientras los varones pueden referirse a determinados productos comerciales por su productividad, ellas lo pueden hacer en referencia a sus cualidades culinarias o facilidad de manejo.

Por otra parte, la FAO reconoce que las mujeres tienen y tuvieron un rol fundamental en la recolección de plantas silvestres, su domesticación, y preservación de las semillas. Esta función es muy importante, porque más allá del valor de la conservación ex situ, hoy se reconoce la necesidad de la conservación in situ, y este tipo de conservación de la agrobiodiversidad está determinado por factores culturales.

Es así como, desde esta perspectiva, se rescata el valor que tiene el mantenimiento del “pool” genético, pero, además, se reconoce el valor del conocimiento asociado a él. Es decir, cada especie domesticada, adaptada y conservada es acompañada de un conjunto de saberes respecto de sus usos, propiedades y utilidad, duración de su ciclo, fechas de siembra y cosecha, sus particularidades morfológicas y fisiológicas, cómo se cultiva, consociaciones más adecuadas, cómo interactúa con otros cultivos y con los polinizadores y predadores, entre otros conocimientos.

Otro ejemplo es el rol que cumplen las mujeres en la conservación e intercambio de las semillas de variedades nativas, y/o localmente adaptadas. En este caso, la FAO reconoce que las mujeres producen, seleccionan y almacenan hasta el 90 por ciento de las semillas y el germoplasma que es utilizado como material de siembra por los(as) pequeños(as) agricultores(as). En nuestro país es reconocida su participación activa en las ferias de semillas, donde exponen e intercambian sus saberes sobre las simientes que ofrecen.

La FAO también da cuenta de los diferentes conocimientos y preferencias que tienen varones y mujeres acerca de la biodiversidad y su uso. Por ejemplo, las mujeres reconocen en la agrobiodiversidad una fuente de provisión de alimentos para el autoconsumo, de plantas medicinales y aromáticas para la salud, el aseo y la cocina, y de color y estética en sus jardines. También es destacable el conocimiento que ellas tienen sobre el manejo y la selección de los animales de granja y de la pequeña ganadería.

Lorena Aguilar (Aguilar, 2019), refiere que en Sierra Leona, las mujeres nombraron 31 usos diferentes para los árboles, mientras que los hombres nombraron solo ocho, por otra parte en India, las mujeres obtienen de un 33% a un 45% de sus ingresos de los bosques, mientras que para los varones sólo el 13 % de sus ingresos provenían de él.

El conocimiento sobre medicamentos a base de hierbas por lo general es transmitido entre mujeres, y por la vía materna, la misma autora (Aguilar, 2019), afirma que en Venezuela

se pudo identificar que el origen de la mayor parte de las plantas medicinales provenía de los patios de las casas.

Otros estudios con mujeres han observado que los cultivos de plantas medicinales son realizados por ellas en espacios que resultan de la ampliación de los huertos familiares, y que el conocimiento sobre el cultivo y uso de las plantas medicinales está relacionado al rol del cuidado (prevención y tratamiento de enfermedades), asignado a las mujeres dentro de las familias (Marques, 2008), y transmitido de madres a hijas de manera práctica y oral.

En las áreas marginadas de Argentina, donde la población rural no accede a servicios, son las mujeres las que dedican entre dos y cinco horas por día en recolectar agua y leña que será usada como combustible para cocinar y calefaccionar la vivienda, es por ello, por el valor que otorga la escasez, que ellas seleccionan animales y plantas para el consumo, no sólo por su sabor, o por conservar las tradiciones, sino fundamentalmente por el tiempo de cocción que insumen, la facilidad con que se producen y cosechan, y el tiempo de preparación y preservación entre otras cualidades. Esto marca una sustancial diferencia con los varones, para quienes es más común que a la hora de disponer sobre la agrobiodiversidad, pongan su atención en aquellos elementos vinculados a lo productivo, el rendimiento, y lo comercial.

Además de los elementos planteados hasta aquí, también es relevante plantear que varones y mujeres tienen valoraciones y percepciones diferentes sobre la agrobiodiversidad, como también son diferentes los tiempos y los cuerpos de los que disponen para trabajar.

En este sentido, las mujeres desarrollan una multiplicidad de tareas productivas y reproductivas, pero ocurre que producto del androcentrismo de la ciencia y la tecnología, que piensa al agricultor como un “varón”, las mujeres no cuentan con herramientas adecuadas, pensadas y diseñadas respondiendo a sus necesidades, y para ser utilizadas por ellas. Esta situación las lleva a tomar decisiones sobre qué y cómo producir, y a seleccionar variedades y fenotipos, adecuados al manejo que sus cuerpos y sus tiempos requieren.

Por ejemplo, en la producción lechera caprina, actividad fuertemente feminizada en el norte argentino, la facilidad de ordeño y mansedumbre de las cabras constituyen elementos claves para la selección de hembras para reposición. Cuando las cabras, y también ovejas, son utilizadas para obtención de fibra y lana para hilado manual, son ellas las que van seleccionando animales adecuados para ese fin.

Otra práctica común en las zonas hortícolas, donde las mujeres aportan mano de obra familiar, o tienen que asumir las tareas productivas cuando los varones migran con trabajos temporarios a otras zonas, es la de diseñar sistemas biodiversos, basados en variedad de verduras de hoja y otras hortalizas livianas (que implican un menor esfuerzo en la cosecha y embalaje), como una alternativa, ante a las limitaciones que ofrecen los cuerpos también diversos.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, por lo general, los productos de base agroecológica se comercializan en circuitos cortos, como las ferias francas, basadas en una relación directa y cercana entre productoras/es y consumidores/as. Los puestos de las ferias francas mayoritariamente están atendidos por las mujeres, y en esta relación de cercanía que se establece con consumidores, ellas reciben las demandas y sugerencias sobre sus productos. Es así que luego,

a la hora de diseñar sus espacios productivos, parcelas o fincas, estas sugerencias son tenidas en cuenta, a veces, más allá de cuestiones estrictamente comerciales. Por ejemplo, hemos llegado a identificar decisiones basadas en criterios estéticos de las hortalizas, acordados entre consumidores/as y productoras. Un ejemplo de ellos fue la introducción en la zona hortícola de Viedma, provincia de Río Nero en Argentina, de una variedad de brócoli, el romanesco, cuyo aspecto es tan curioso que se ha transformado en uno de los favorito de la zona

Por otro lado, también existe en los territorios rurales una dimensión simbólica de la tecnología, un conjunto de creencias, valores, rituales, significados, e ideología, que confieren un estatus, un reconocimiento, a aquellas personas que acceden a ella, deciden sobre ella, y la manejan. Por lo tanto, la tecnología en la ruralidad es una cuestión de varones, lo cual desplaza a las mujeres hacia la búsqueda de alternativas productivas y tecnológicas, ya que ni las maquinarias, ni los equipos, los híbridos, y los agroquímicos son una opción para ellas.

Otro hecho que debemos mencionar es que en muchos países se está dando un proceso liderado por mujeres, de transición hacia modelos de base agroecológica. Son ellas las que se animan a probar, a veces comenzando con una pequeña parcela, y al tener acceso limitado a los paquetes tecnológicos convencionales, recurren a su conocimiento sobre agrobiodiversidad, experimentan y diseñan sistemas usando variedades locales, combinando cultivos, y sin agroquímicos. Cuando todo funciona, el varón se suma. Entendemos que esta situación, también es una cuestión de géneros, porque el fracaso no le está permitido al varón, en cambio de las mujeres, sólo se espera que sean frágiles, y si “les va mal”, no es grave, después de todo es lo que se espera para ellas.

Por último, un tema que debemos abordar, por sus características propias, es el de las mujeres pertenecientes a comunidades originarias, que no sólo están atravesadas por las discriminaciones propias del género, sino que además suman opresiones por ser pobres y originarias. Ellas en sus comunidades, dependiendo del pueblo al que pertenezcan, suelen tener limitada su participación pública, y muchas veces también la palabra, por lo cual es muy importante tener estrategias y herramientas apropiadas para interactuar con ellas (por ejemplo, contar con alguien de confianza de la comunidad, para que habilite el diálogo), y así acceder a lo que estas mujeres saben sobre la agrobiodiversidad, para qué sirven, cómo se usan y los modos en que se preparan.

La importancia de revisar las prácticas

El principal punto de partida para comenzar a trabajar con enfoque de género es problematizar sobre nuestras prácticas (reflejos de los habitus), identificando aquellos elementos sedimentados en ellas que nos llevan a reproducir la invisibilización de las mujeres como productoras, a no considerar ni valorar sus cosmovisiones, sus saberes, sus prácticas, y a no identificar sus necesidades y sus propósitos.

Revisar estas prácticas implica un trabajo intenso, a veces doloroso de reconocimiento de que en ellas se expresan resistencias ocultas, sustentadas en prejuicios aprehendidos en el proceso

de socialización, de asignación social de roles y funciones diferenciados por género, y de construcción y legitimación colectiva de los privilegios que portan los varones por sobre las mujeres.

La UNICEF (García Prince, 2003), nos propone una clasificación de estas resistencias, que si bien fueron elaboradas para la evaluación de políticas públicas, su utilización nos permite una aproximación al reconocimiento de resistencias en nuestras prácticas cotidianas.

El esquema UNICEF, se basa en la siguiente descripción de las resistencias:

Negación: Basada en prácticas de negación absoluta de la existencia de la discriminación o de sesgos o brechas de género. Algunas de las expresiones que se escucha, son: “eso ya no pasa, es de otra época”, “no hay discriminación, eso es cosa de nuestros abuelos”.

Inversión: Basada en prácticas en las que se responsabiliza de la exclusión a las propias mujeres. Un ejemplo de este criterio es, “no hay discriminación, son las mujeres las que no participan, ellas prefieren decidir en la casa”.

Dilución: Basada en argumentos que admiten la existencia de ciertas brechas, pero niegan que haya una razón vinculada a discriminación de los hombres contra las mujeres o las niñas.

Selección: Implica acciones que enfatizan en la familia y el bienestar; los temas de género son omitidos en la selección. En este sentido, hemos registrado la preferencia de trabajar con “la familia rural”, omitiendo o desconociendo las asimetrías que hay dentro de ella.

Subversión: Toma en cuenta las cuestiones de género de forma tal que no signifiquen mayores progresos, por ejemplo, incluyendo una charla sobre género, nada más.

Cajoneo: Se trata de posponer, olvidar o detener las acciones de género, las cuales se “archivan”. Esta resistencia es muy común en la gestión de proyectos y programas que deben incorporar las cuestiones de género desde su diseño, pero que sin embargo lo postergan (hasta el infinito), priorizando la ejecución, porque lo “importante” es lo productivo.

Retórica: Implica la verbalización entusiasta de iniciativas de género, sin consecuencias concretas, lo que implica sostener el “hagamos algo”, que nunca se materializa en hechos concretos.

Compartimentalización: implica asignar el tema a un grupo o comisión que carece de conexión y sin capacidad de incidencia. Esta resistencia es también muy común, ella presupone que nombrar a una persona que se encargue del tema alcanza para transformar la realidad, sin embargo, no se la provee de presupuestos y medios adecuados a tal fin.

Simbolización: Tener una mujer es la prueba de que se están tomando en cuenta los asuntos de género y que las mujeres son consultadas. Esto es muy utilizado a partir de ejemplos como, “no hay discriminación, si tuvimos una mujer presidenta”

Investigación: Se invoca la necesidad de conocer más y mejor el antes de decidir. En este sentido, apelar al “no problema sabemos cómo encararlo, y cómo hacer para que las familias no se rompan”, es algo frecuente entre técnicos/as en los territorios.

Modificado de García Prince, 2003

Estas resistencias, en general, están ocultas, no las tenemos identificadas como tales, pero ellas se manifiestan en nuestras prácticas, y expresan una tendencia conservadora que nos impiden admitir nuestros sesgos androcéntricos, así como admitir que, en definitiva, estamos reproduciendo el patriarcado.

Por lo tanto, es necesario repensar y cuestionar nuestras prácticas, para así, desaprender y renunciar a los privilegios de género, como paso indispensable en el trabajo con enfoque de género.

Cómo trabajar con enfoque de género

Entonces, si revisamos nuestras prácticas, y a partir del reconocimiento de nuestras resistencias expresadas en ellas, queremos trabajar con enfoque de género, transversalizando esta mirada en todas nuestras acciones, podemos hacer uso de algunas herramientas que aquí proponemos.

Una cuestión que es indispensable, para la Agroecología en general, y en particular en el trabajo con enfoque de género, es la *transdisciplina*, tratar de conformar equipos horizontales, democráticos cuyos integrantes provengan de diferentes áreas de conocimiento, permitirá abordar la complejidad del territorio, y de las relaciones entre agentes de manera más acabada.

Esto se potencia si se conforman equipos mixtos, donde las visiones que ofrecen integrantes *de identidades y culturas diversas* enriquecen los análisis, y pueden proveer alternativas antes no imaginadas para la resolución de problemas. En este sentido, es muy interesante el aporte que puede significar sumar a los equipos de trabajo, mujeres de comunidades originarias en el diálogo intercultural (un tema que sólo fue enunciado en este capítulo, que tiene sus propias complejidades, pero que no se puede dejar de mencionar).

Por otro lado, trabajar con enfoque de género para eliminar las desigualdades, implica una mirada sistémica, totalizadora, que tenga como estrategia transversalizar esta perspectiva en todas las actividades y acciones que llevamos adelante. Eso requiere un proceso de identificación, problematización y deconstrucción de la ideología patriarcal, para centrarnos en las dinámicas estructurales de la reproducción de las desigualdades. Para ello, se debe proponer una serie de dispositivos que contemplen herramientas para la transformación de las relaciones de género, incluyendo la construcción de nuevas masculinidades, el empoderamiento de las mujeres, así como cerrar todas las brechas de género.

En este sentido, es indispensable asumir que transversalizar el enfoque de género implica, desde asumir un lenguaje inclusivo (todo lo que no se nombra no existe), hasta pensar presupuestos sensibles al género, ya que de nada sirven los instrumentos sin los recursos asociados. Así mismo, garantizar a las mujeres el acceso a la tierra, a la tecnología, y a los beneficios económicos a partir de las obtenciones de especies domesticadas, mejoradas, o localmente adaptadas, es indispensable para cerrar las brechas existentes y alcanzar la igualdad de género en los aspectos vinculados a la agrobiodiversidad.

Con estas consideraciones previas, proponemos a continuación algunos elementos de los que podemos hacer uso para el trabajo con enfoque de género,

Al organizar visitas y recorridas de campo,

- Invitar explícitamente a las mujeres a participar, visitarlas en sus fincas, hablando con ellas
- Cuando se convoque a grupos mixtos, puede utilizarse lo que se denomina, “acciones afirmativas”, es decir medidas que promueven la participación de las mujeres, por ejemplo, poniendo cupos mínimos de participación de mujeres; financiando la participación igualitaria de varones y mujeres; etc.
- Utilizar un lenguaje que nombre explícitamente a las mujeres, cuando las invitaciones se hagan mediante folletos, comunicados radiales, o por terceras personas, indicar claramente que se está convocando a las mujeres.
- Prever cómo y con quién llegarán hasta el lugar, y volverán a sus fincas, este punto es fundamental para garantizar la participación de las mujeres y evitar conflictos dentro y fuera de la casa.
- Acordar previamente con las mujeres el mejor horario, aquel que garantice que ellas podrán participar, para que no coincidan con los momentos en que ellas están absorbidas por las tareas de cuidado.
- Prever un lugar adecuado para la permanencia de niñas/os, y, en lo posible, contar con alguna persona que les cuide, para evitar que las madres dejen de participar o estén preocupadas por sus hijos/as,
- Si se servirá comida, garantizar que sea preparada entre varones y mujeres, o en todo caso, que no afecte la participación de las mujeres en la jornada a la cual fue convocada.

Al hacer las recorridas promover que las mujeres,

- muestren qué cosas hacen y cómo las hacen, ya que muchas veces existe una extraordinaria riqueza en esas prácticas, que pueden quedar desdibujadas si sólo son relatadas.
- muestren sus conocimientos sobre la agrobiodiversidad, cómo y por qué hacen lo que hacen.
- pregunten a otras mujeres qué y cómo lo hacen ellas/os, y por qué lo hacen de esa manera.
- cuenten sus iniciativas, experimentación, y expectativas sobre cultivos, ganadería, prácticas de manejo, intercambio con otras productoras, relación con sus pares y con los consumidores, entre otras cosas.

Al participar de la elaboración de conclusiones y propuestas, promover,

- la circulación de la palabra, atendiendo en particular a aquellas mujeres que no han hablado, y sobre todo evitar que técnicos y técnicas hablen por ellas o hagan interpretaciones de lo que ellas dijeron
- que las mujeres se expresen, dando tiempo para que lo hagan
- que las mujeres sean escuchadas, sobre todo en grupos mixtos, pone atención a las actitudes de los varones (técnicos, productores o funcionarios), e intervenir si es necesario.

- evitar que los varones hablen por ellas, o reinterpreten lo que ellas expresaron
- que las mujeres tomen decisiones y que éstas sean respetadas
- que puedan elegir sus referentes/es y ser elegidas como tales, evitando los sesgos de género
- el acceso a capacitaciones y formación, en condiciones igualitarias respecto de los varones
- que sean ellas las que brinden sus conocimientos y saberes, sin mediaciones o reinterpretaciones de parte de técnicos/as, ni de agricultores varones.

Entonces, ¿cómo saber si trabajamos con enfoque de género? Para responder a esta pregunta, podemos hacer algunas reflexiones (Figura 14.5), lo primero es identificar a las mujeres como agentes diferenciados dentro de la ruralidad, con necesidades e intereses particulares. Luego, aceptar que esas mujeres, sufren algún tipo de desigualdad u opresión, que las condicionan negativamente. Si hemos podido identificar esas desigualdades, debemos buscar las causas socioculturales, políticas y económicas que le dan sustento, las reproducen y las usufructúan. Por último, si llegamos hasta este punto, entonces debemos incluir en nuestro trabajo estrategias y herramientas que permitan, en un trabajo colectivo, horizontal, democrático, político y transformador, erradicar todas las formas de opresión, discriminación y desigualdades.

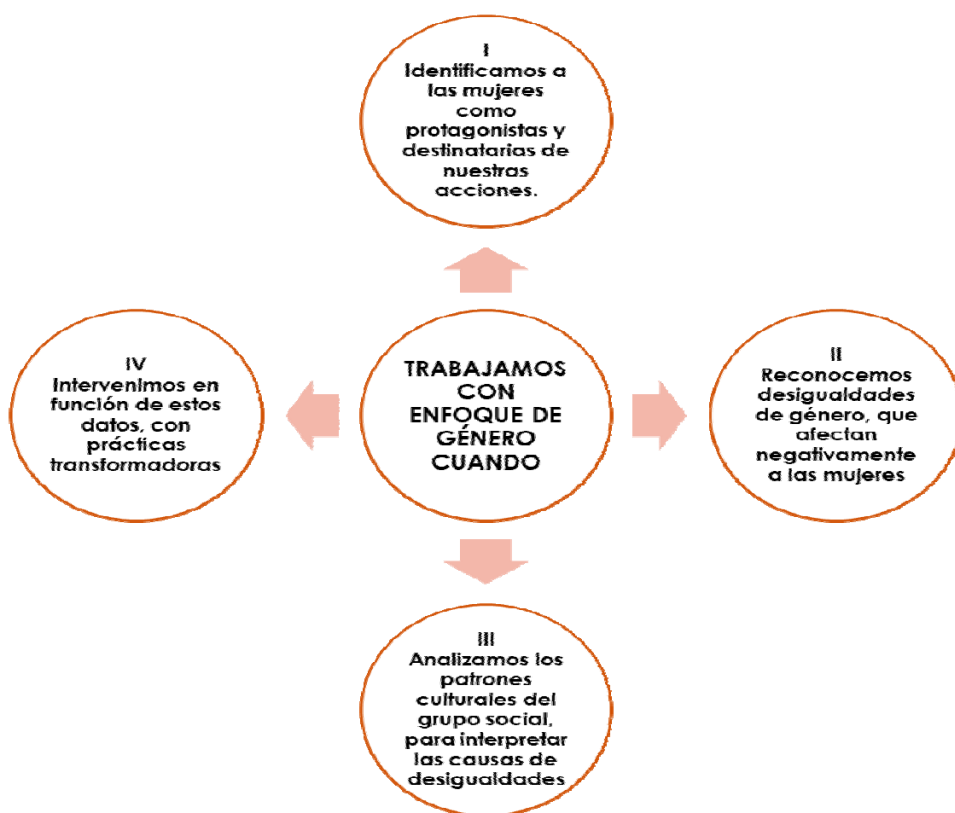


Figura 14.5 Trabajo con enfoque de género.

Algunas alertas frente al trabajo con enfoque de género

En el trabajo con enfoque de género, es necesario identificar algunas alertas, que se dan frecuentemente en el trabajo en los territorios. En primer lugar, las relaciones de género se reproducen en todos los ámbitos, también en las instituciones y organizaciones, en sus dirigentes y cuadros jerárquicos, así como en los equipos técnicos, sin diferencias de edades, de sexo, o profesiones. Esto quiere decir que puede haber mujeres, jóvenes, y profesionales aún de las ciencias sociales que reproduzcan las asimetrías de género, invisibilicen a las mujeres y pongan en marcha prácticas que manifiesten resistencias al género. Este punto es importante, porque no basta con conformar equipos mixtos (varones y mujeres), e interdisciplinarios para trabajar con enfoque de género, es necesario trabajar hacia adentro de los mismos equipos las opresiones y jerarquías de género, identificar cómo se expresan y reproducen, para luego, erradicarlas.

En el trabajo con enfoque de género, tampoco alcanza con conformar equipos mixtos, si ello supone poner mujeres a hablar con mujeres, en encuentros que se darán en las cocinas de las casas de las productoras, mientras los varones, técnicos y productores, se “ocupan” de lo productivo-comercial, porque ello legitima la exclusión de las productoras de las instancias de decisión sobre el manejo de la agrobiodiversidad.

Otra cuestión que es central radica en comprender que los aportes de las mujeres en el diseño y manejo de la agrobiodiversidad no debe circunscribirse ni limitarse a la extensión de su trabajo doméstico, ellas pueden ir más allá del huerto familiar y los animales de granja, ya que ese bagaje de conocimientos que portan las mujeres puede acompañar, complementar al que están en poder de los varones.

Por último, así como es esperable que los agricultores dejen de apropiarse de la voz de las agricultoras, es indispensable ejercer una vigilancia atenta para que no sean las técnicas las que hablen por ellas, reproduciendo de esta manera las opresiones que cuestionamos a los varones. En este sentido, son las agricultoras las que saben, conocen la agrobiodiversidad, saben hacer, la manejan, y conservan y por lo tanto son ellas las únicas que pueden y deben hablar por ellas.

Conclusiones

La biodiversidad ha sido señalada como un elemento fundamental e irremplazable a la hora de diseñar y manejar agroecosistemas sustentables, a la vez que representa un mecanismo de inclusión productiva para aquellos productores y productoras familiares y campesino-indígenas que no siempre cuentan con el dinero necesario para una agricultura de altos insumos.

El CDB reconoce el rol de los productores y productoras en la conservación de la agrobiodiversidad. Por lo tanto, es fundamental rescatar la valoración, el conocimiento y las prácticas de manejo que agricultoras y agricultores realizan en el medio rural.

El CDB reconoce, además, que el conocimiento asociado a la conservación y manejo de la agrobiodiversidad es cultural, y está diferenciado por género.

Este conocimiento es sumamente valioso para el diseño de agroecosistemas sustentables, así como para conservar in situ las variedades nativas y localmente adaptadas.

La Agroecología, que surge como un nuevo paradigma que pretende dar solución a los problemas económicos, ecológico-productivos, y sociales que generaron las tecnologías de la revolución verde, reconoce el valor de los conocimientos en manos de agricultores y agricultoras, para el diseño de agroecosistemas sustentables.

Fruto de la mirada androcéntrica que prevalece en la sociedad, y de la cual la academia, la ciencia y la tecnología forman parte, el diálogo epistemológico que debería darse con agricultores y agricultoras, está siendo sesgado sólo hacia el reconocimiento de los varones como únicos interlocutores válidos, dejando fuera a las mujeres con todo su bagaje de conocimientos.

Por lo tanto, y a fin de poder comprender acabadamente de lo que estamos hablando, es indispensable incorporar los elementos teórico-metodológicos que aporta el enfoque de género, para ampliar nuestras miradas, venciendo los rasgos culturales que portamos, que alimentan el androcentrismo, y así rescatar los conocimientos sobre el uso, manejo y conservación de la agrobiodiversidad que portan las mujeres, para incorporarlas a ellas y sus valores a las decisiones sobre el diseño de agroecosistemas sustentables.

Para ello, es condición identificar resistencias al cambio, ocultas en nuestras prácticas, para de esa manera repensarlas y transformarla.

Así mismo, es importante delinear estrategias para la transversalización del enfoque de género, trabajo que debe atender a la conformación de colectivos, debe ser horizontal, democrático, político y transformador. Para ello es indispensable diseñar herramientas a las diferentes realidades.

Por último, es condición que ni los agricultores, ni las técnicas se apropien de la voz de las agricultoras, reproduciendo relaciones subalternizadas. Las agricultoras también conocen de agrobiodiversidad, y resulta indispensable que sean ellas las portadoras de su propia voz.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué es género?*
2. *¿Qué diferencia existe entre el concepto de género y el de sexo?*
3. *¿Qué son los estereotipos de género?*
4. *¿Cómo se expresan los estereotipos de género en el medio rural?*
5. *¿Qué consecuencias se observan en el medio rural, a partir de la expresión de los estereotipos de género?*
6. *En particular ¿cómo se expresan las brechas de género en los aspectos referidos al manejo de la agrobiodiversidad?*
7. *¿Cuáles son los objetivos estratégicos del Plan de Acción de género del CDB?*
8. *¿Cuáles son las observaciones que realiza Husinga, respecto del conocimiento de varones y mujeres, sobre el conocimiento local para el manejo de sistemas biológicos?*

9. *¿Cuál es la importancia de considerar a las mujeres en el manejo de Agroecosistemas biodiversos sustentables?*
10. *¿A qué se debe que el enfoque de género no esté ampliamente difundido en la Agroecología y en particular en la valoración y manejo de la agrobiodiversidad?*
11. *¿Cómo se expresan las resistencias a la incorporación del enfoque de género en las prácticas cotidianas? ¿Cuáles reconoce en usted misma/o?*

Referencias

- Agüero T (2013) Rol de la mujer en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad agrícola. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias Gobierno de Chile. Santiago de Chile, 2013. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/12/mujerBiodiversidad201312.pdf>
- Aguilar L (2019) ¿Por qué las mujeres están ausentes en el manejo y conservación de la biodiversidad. https://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-codes/pages/especial/mujeres_ma/lorena_aguilar.html
- Aguiar García MT (2008) El sistema sexo género en los movimientos feministas. En Amnis: Revue de Civilisation Contemporaine de l'Université de Bretagne Occidentale, ISSN- e 1764-7193, N°. 8, 2008 (Ejemplar dedicado a: Mujeres y Militantismo Europa-América, Siglo XIX-Siglo XXI)
- Blanco V (2019) Necesidad de la incorporación del enfoque de género en el conocimiento sobre la biodiversidad. Cuadernos de la BioRed . Cuaderno 6 - Diciembre 2018. Viviana Blanco. Bioediberoamérica, Nodo Argentina.
- Bourdieu P (2002). La dominación masculina. Editorial Anagrama, Barcelona. <http://www.nomasviolenciacontramujeres.cl/wp-content/uploads/2015/09/Bondu-Pierre-la-dominacion-masculina.pdf>
- Capdevielle, J (2011) El concepto de Habitus: “Con Bourdieu y Contra Bourdieu”. Revista andaluza de Ciencias Sociales, Anduli • N° 10 - 2011 • 31-45 • ISSN 16960270
- Criado EM (2009). En Reyes R, Diccionario crítico de Ciencias Sociales. Editorial Plaza y Valdés, Mexico y Madrid, 2009. ISBN 978-84-96780-14-9. Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas – ISSN 1578-6730 https://webs.ucm.es/info/eurotheo/diccionario/index_b.html
- Husinga N (2001) “Indigenous agricultural knowledge and gender issues in Third World Agricultural Development, cited in Food And Agriculture Organization of the United Nations, Socio-Economic and Gender Analysis Programme, FAO. Roma.
- Lamas M (1999). “Género: los conflictos y desafíos del nuevo paradigma” (9 pp), en “El siglo de las mujeres, Portugal y Torres, editoras. ISIS Internacional. Ediciones de las mujeres N° 28.
- Marques F (2008). Biodiversidad y salud: casos de trabajos comunitarios de mujeres agricultoras en la región sur de Brasil. Cuaderno de Resúmenes. VIII CONGRESO SEAE sobre “Cambio

climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible”. IV Congreso Iberoamericano Agroecología y II Encuentro Internacional de Estudiantes de Agroecología y Afines. BULLAS (Murcia). 16 - 20 de septiembre 2008.

Mouffe C (2013) Hegemonía y educación en Gramsci.

<https://elsudamericano.files.wordpress.com/2013/06/hegemonia-e-ideologia-en-gramsci-mouffe.pdf>

Rojo F & V Blanco (2015) El desarrollo rural desde la perspectiva de género. Guía práctica para técnicos y técnicas rurales. UCAR. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires Argentina. <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/proderi/material/genero/Gu%C3%ADa%20Pr%C3%A1ctica%20para%20t%C3%A9cnicos%20y%20t%C3%A9cnicas%20rurales.%20El%20desarrollo%20rural%20desde%20el%20enfoque%20de%20G%C3%A9nero.pdf>

Sarandón SJ & CC Flores (2014). Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. SJ Sarandón & CC Flores, (Editores) Programa Edición Libros de Cátedra, Editorial Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Arg. 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014. 460 pp. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>

Scott J (1996). El género: Una categoría útil para el análisis histórico. En: Lamas Marta Compiladora. El género: la construcción cultural de la diferencia sexual. PUEG, México. 265-302p.

Toledo VM (2005) La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA, Revista de Agroecología. Abril 2005. (pp 16-19).

Trevilla Espina DL (2018) Ecofeminismos en diálogo para la defensa de la vida. En Biodiversidad en América Latina, 6 de septiembre de 2018.

http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Ecofeminismos_y_agroecologia_en_dialogo_para_la_defensa_de_la_vida

UNEP/CBD/COP/DEC/XII/7 (2014) Conferencia de las partes en el Convenio sobre la diversidad biológica. República de Corea. 6 al 17 de octubre de 2014

CAPÍTULO 15

Manejo de la biodiversidad en agroecosistemas

Claudia C Flores y Santiago J Sarandón

Introducción

Los agroecosistemas son sistemas ecológicos modificados por los seres humanos para que produzcan un flujo de bienes y servicios de utilidad. Esta modificación implica una simplificación de estos; la gran biodiversidad contenida en los ecosistemas naturales originarios se restringe al cultivo de una o unas pocas especies y variedades consideradas de utilidad. De alguna manera, la agricultura, como actividad de los seres humanos, implica entonces una simplificación y reducción de la biodiversidad. Pero los sistemas “modernos” de producción se caracterizan por su simplificación extrema, donde no es raro encontrar grandes superficies de fincas con un solo cultivo, como ocurre en la zona sojera de los países del cono sur (la superficie sembrada con soja en la Argentina llegó a los 20 millones de ha.). Esta simplificación provoca importantes cambios estructurales y funcionales en relación con los ecosistemas naturales lo que conduce a la pérdida de su capacidad de autorregulación. Ello implica una reducción en la capacidad para resistir cambios y una pérdida de la facultad de cumplir adecuadamente con las funciones ecológicas por lo que las mismas deben ser reemplazadas por un alto uso de insumos químicos contaminantes y cuya fabricación requiere de un elevado uso de energía (principalmente fósil) que incrementa los costos y lo hacen poco accesibles para la mayoría de los productores agropecuarios de nuestra región.

La Agroecología aparece como el enfoque o paradigma apropiado para encarar este problema. Desde este enfoque, no se pretende suavizar las consecuencias del modelo mediante el uso de productos menos tóxicos, respetando las distancias de aplicación, el período de carencia u otras de las denominadas buenas prácticas agrícolas (BPA). Por supuesto que es mejor aplicar las buenas que las malas prácticas, pero no es la solución. Todos los problemas citados no son sino los síntomas de un modelo inadecuado de diseño y manejo de los agroecosistemas. La Agroecología plantea un cambio de paradigma tratando de desarrollar estrategias ecológicas que incrementen la diversidad (cultivada y espontánea) dentro de las fincas y a escala de paisaje, como el mejor camino para incrementar la productividad, estabilidad y resiliencia de los agroecosistemas (Altieri 2000; De Schutter, 2010) de una manera accesible a la mayoría de los agricultores y agricultoras de nuestra región.

La idea central es transformar la estructura y función de los agroecosistemas para optimizar las funciones o procesos ecológicos (servicios) que brinda la biodiversidad: ciclado de la materia orgánica y los nutrientes, fijación de carbono, flujo de energía, control de la erosión del suelo, regulación biótica, polinización, entre otros. Esas funciones pueden mejorarse a través de varias prácticas y estrategias cada una de las cuales tendrán diferentes efectos sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema. De esta manera, se busca disminuir el uso de insumos externos y minimizar los impactos ecológicos, económicos y sociales derivados de su uso.

Para ello se deben diseñar o rediseñar los agroecosistemas para lograr una mejora en su biodiversidad funcional. Entendemos el diseño de un agroecosistema, como la distribución en el espacio y el tiempo de los componentes cultivados y silvestres de la biodiversidad, tanto vegetales como animales. Así, la cantidad y tipos de cultivos, la separación entre hileras, el uso de policultivos, las rotaciones, el tamaño y distribución de los ambientes ganaderos, el uso de abonos verdes, el uso de árboles, arbustos, la existencia de áreas naturales, el uso de materiales nativos o exóticos, etc. son decisiones de diseño. El monocultivo es también un diseño.

Es posible entonces elegir diseños que favorezcan, por ejemplo, la presencia de malezas y plagas y otros que no los favorezcan. Esto abre enormes posibilidades para muchos agricultores que no tienen o no quieren depender del uso de insumos por el costo, peligrosidad, el riesgo y la dependencia que conllevan. Todos los agricultores pueden mejorar el diseño de sus sistemas para favorecer la biodiversidad, pero no todos podrán usar el mismo; los diseños que han sido exitosos en una realidad no son replicables en otra diferente. El diseño o rediseño no puede basarse en recetas técnicas, sino que las estrategias y prácticas seleccionadas deben regirse por las circunstancias productivas, socioeconómicas y biofísicas de cada agricultor/a (Nicholls *et al.* 2015). Asimismo, se debe buscar generar un conjunto de interacciones complejas dentro del agroecosistema las cuales emergen cuando se utilizan una combinación adecuada de varias prácticas, dado que la mejora en la biodiversidad funcional no puede lograrse por el uso de una práctica aislada. Aún más, los beneficios funcionales que provocan las interacciones entre prácticas no pueden ser explicados por la suma de los beneficios que producen cada una de las prácticas seleccionadas en forma individual, sino que la alta performance del sistema se logra por el uso de prácticas mutuamente adaptativas que, cuando actúan en conjunto, conducen a mejorar su desempeño (Andow & Hidaka, 1989).

Para lograr esta mejora en la biodiversidad funcional, el manejo de la diversidad vegetal, tanto cultivada (capítulos 5 y 6) como espontánea (capítulo 4) es fundamental porque provoca el incremento de la diversidad en la biota asociada (capítulo 7 y 8). Un aumento de la biodiversidad se traduce entonces en procesos o funciones que son los que se busca fortalecer. Por ejemplo, si el principal problema es el alto costo o peligrosidad del uso de pesticidas para eliminar una plaga, lo que se debe pensar es eliminar la necesidad de su uso mediante el fortalecimiento del proceso o función de regulación biótica a través de un aumento de la biodiversidad (vegetal). Este aumento de la diversidad vegetal puede lograrse de diferentes maneras, a través de la combinación de diferentes estrategias: rotaciones de cultivos, uso de policultivos, el uso de abonos verdes o cultivos de cobertura, a través de sistemas agroforestales, bordes, cercas y manejo

de la vegetación espontánea. La elección de la estrategia adecuada depende de varios factores, entre los que se encuentran los biológicos, ecológicos, hasta la disponibilidad de maquinaria, el riesgo que el agricultor esté dispuesto a correr y su conocimiento y valoración de la biodiversidad y hasta lo que opinan los vecinos (ver capítulo 16). No hay una sola receta: cada estrategia o técnica se resignifica y adapta a las características ambientales y socioculturales de cada finca. Por ejemplo, podemos decidir por la estrategia o técnica de hacer un abono verde, pero las prácticas para poner en juego esa estrategia (la elección de las especies, la época del año, la densidad, las variedades, la maquinaria a emplear, etc.) serán adaptadas a las condiciones locales.

Asimismo, la integración animal, sobre todo en sistemas extensivos como los predominantes en la Región Pampeana Argentina sería estratégica para el incremento de la biodiversidad funcional dado que la misma está asociada a un conjunto de prácticas que contribuyen a tal fin.

El objetivo de este Capítulo es analizar algunas de estas estrategias de manejo de la biodiversidad en los agroecosistemas y el aporte de cada una de ellas sobre el incremento de la biodiversidad funcional.

Diversidad planificada y diversidad asociada

La biodiversidad puede ser analizada, agrupada o evaluada, de acuerdo con diferentes criterios, que no son excluyentes (ver capítulo 12). Según Altieri (1994) y Gliessman (2001) los componentes de la biodiversidad en los agroecosistemas pueden ser clasificados o agrupados de acuerdo al rol que cumplen en el funcionamiento de los mismos en: a) **biota productiva**: aquellos cultivos, árboles y animales que son elegidos por los agricultores/as y que juegan un rol determinante en la diversidad y complejidad del sistema, b) **biota proveedora de recursos**: son aquellos organismos que contribuyen a la productividad del sistema a través de la descomposición de residuos, el control biológico, la polinización y c) **biota “destructiva”**: es aquella que los agricultores/as pretenden reducir a través del manejo cultural (malezas, plagas y patógenos).

Por otra parte, Vandermeer & Perfecto (1995) la dividen en dos componentes: la diversidad planificada y la diversidad asociada. La **diversidad planificada** incluye a aquellos componentes de la biodiversidad (cultivos, árboles, animales, otra vegetación) incluidos en el agroecosistema por el agricultor/a. La diversidad planificada tiene una función directa (la producción) pero además influye indirectamente en la diversidad asociada al generar diferentes ambientes y disponibilidades espaciales y temporales de recursos. La **diversidad asociada** incluye la fauna y flora del suelo, los herbívoros, consumidores primarios, consumidores secundarios y descomponedores que colonizan el agroecosistema desde el ambiente circundante y que prosperarán en el mismo dependiendo de su estructura y manejo. Se reconocen cuatro subgrupos: las especies auxiliares (o especies asociadas benéficas); las plagas; las especies silvestres que producen bienes (manejadas o no); y las especies neutrales espontáneas (Moonen & Bàrberi 2008).

El manejo de ambos componentes debe ser complementario para lograr un incremento efectivo de la biodiversidad funcional.

Estrategias para el manejo de la diversidad planificada

Un manejo adecuado de la diversidad planificada o cultivada implica la elección, entre el conjunto de recursos genéticos disponibles, de aquellas especies y variedades que generen las mejores cualidades emergentes para aumentar la estabilidad y la productividad del sistema (Soriano Niebla & González Gutiérrez, 2012). La cualidad emergente, o *proceso ecológico* es el objetivo, la *estrategia* o técnica es el medio para conseguirlo y la *práctica* la manera en que esta técnica o estrategia se realiza in situ. Algunas de las estrategias o técnicas que pueden usarse para el incremento de la biodiversidad son:

Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura (CC) (también llamados en la actualidad cultivos de servicio) son definidos como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo en forma temporal o permanente, la cual está cultivada sola o en asociación con otras plantas (intercalada, en relevo o en rotación). Los CC pueden ser anuales (sembrados en el período que no es favorable para la producción de cultivos comerciales y que son incorporados antes de la siembra de estos) o coberturas vivas (que crecen al mismo tiempo que el cultivo comercial durante parte o toda su estación de crecimiento). Contribuyen al incremento de la diversidad específica, vertical, horizontal, estructural y temporal de los agroecosistemas (Gliessman, 2001). Tabla 15.1.

Aunque los cultivos de cobertura han sido promovidos principalmente como una práctica de conservación del suelo, pueden proporcionar una amplia gama de beneficios los cuales incluyen la protección del suelo contra la erosión, la captura y la prevención de pérdidas de nutrientes del suelo, la fijación del nitrógeno por parte de las leguminosas, el incremento del carbono del suelo y una mejora de sus características físicas y químicas, la disminución de la temperatura del suelo, el aumento de organismos benéficos y la supresión de las malezas y las plagas (Sustainable Agriculture Network, 1998). Además de los servicios para la producción agrícola, éstos podrían ayudar a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero o la lixiviación de nutrientes a las napas, impactando a escala regional y global.

Algunos beneficios son proporcionales a la biomasa de estos cultivos de cobertura, como la supresión de malezas, la retención de N y las contribuciones del C del suelo. Otros beneficios, sin embargo, pueden estar relacionados con rasgos funcionales de las plantas, como la producción de aleloquímicos específicos, la capacidad de fijar el N atmosférico o la capacidad de atraer insectos benéficos (Permingeat, 2017).

Fijación de N: Uno de los servicios más relevantes es el aporte de N que pueden hacer las leguminosas lo que permite reducir el uso de fertilizantes nitrogenados (de alto costo económico, energético y ambiental). El aporte de N de una leguminosa, puede llegar hasta unos 150 o 200 kg/ha, dependiendo de variadas condiciones (ver capítulo 3) lo que significa un importante aporte que puede exceder lo retirado o exportado con las cosechas. Sin embargo, no se conocen bien las mejores opciones de manejo de cultivos de cobertura para maximizar el N al cultivo posterior (Permingeat, 2017). Coombs *et al.* (2017) estudiaron la influencia de la especie, la densidad de

siembra y el tiempo de terminación sobre el N disponible en la planta y el posterior rendimiento de maíz cultivado en un clima templado húmedo. Estos autores citaron una mayor disponibilidad de N y mayor rendimiento de grano con la terminación del cultivo de cobertura en primavera que en otoño, y una correlación positiva entre la tasa de siembra del cultivo de cobertura y el N disponible en el sistema.

Por su parte White *et al.* (2017) analizaron el abastecimiento y la retención de nitrógeno en el sistema con mezclas de cultivos de cobertura. Estos autores concluyen que los cultivos de cobertura que son capaces de captar y asimilar gran cantidad de nitrógeno del suelo durante períodos de alto potencial de lixiviación, incrementan la retención de nitrógeno en los agroecosistemas. Los cultivos de cobertura basados en leguminosas retienen menos N que las especies no-leguminosas, debido a que cumplen con parte de su demanda de N a través de la fijación biológica.

Fijación de carbono: Otro beneficio significativo de los cultivos de cobertura es el aumento del contenido de carbono orgánico en el suelo. Duval *et al.* (2015) encontraron, en el sur de la Provincia de Santa Fe, que la inclusión de trigo, avena o una combinación de avena y vicia como CC, en suelos sembrados con monocultivo de soja, produjeron un aumento del carbono orgánico total a una tasa de 597 a 98 kg C ha⁻¹ año⁻¹ en 0-25 cm, mientras que sin CC o utilizando solo leguminosas como cobertura el carbono orgánico total disminuyó 824 y 289 kg C ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Es importante entonces, de acuerdo con el diagnóstico previo, establecer un equilibrio entre el aporte de N y el de C eligiendo cuidadosamente la composición del abono verde.

Mejora de propiedades del suelo: los cultivos de cobertura pueden aportar a la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo. Álvarez *et al.* (2010) evaluaron, en 4 localidades de la región Pampeana Argentina (General Villegas, Pergamino, Marcos Juárez y 9 de Julio), los aportes sobre las propiedades del suelo (infiltración, densidad aparente, estabilidad de fragmentos, poros, agua útil a la siembra del cultivo de verano, materia orgánica total y su fracción mayor a 100 μ) de diferentes especies de gramíneas invernales (avena, centeno, y una combinación de avena centeno y ray grass) utilizadas como CC en sistemas de Siembra directa con alta frecuencia de soja. Concluyen que la infiltración acumulada aumentó en promedio un 36% para todos los sitios. Los contenidos de materia orgánica total y su fracción mayor a 100μ también presentaron un aumento promedio de 9,3% y 7,7% respectivamente. Asimismo, la estabilidad de fragmentos mejoró en todos los sitios.

Control de malezas: Uno de los mayores problemas de la agricultura actual es el control de malezas y la aparición de biotipos resistentes. La Agroecología propicia su manejo, más que el control, a través de modificaciones en las condiciones necesarias para su aparición y permanencia. La inclusión de cultivos de cobertura en la rotación entre dos cultivos comerciales es un buen método preventivo que puede ser usado en una estrategia de manejo de malezas. Buratovich & Acciaressi (2017) comprobaron en Pergamino (Provincia de Buenos Aires, Argentina) que la siembra de avena (*Avena sativa*), triticale (*Triticosecale*) y vicia (*Vicia villosa*), en monoculturas y consociaciones dobles (avena/triticale, avena/vicia, triticale/vicia) y triples (avena/triticale/vicia), como CC otoño invernales antecesores del cultivo estival (en un esquema de rotación de soja-

soja-maíz bajo labranza cero) disminuye la biomasa de malezas durante su período de crecimiento respecto del barbecho químico. Baigorria *et al.* (2012) evaluaron, en Marcos Juárez, la influencia de la inclusión como cultivo de cobertura de invierno y el posterior rolado del residuo del triticale, sobre la población de malezas de la soja y encontraron que tuvo efectos positivos en el control de malezas anuales gramíneas y latifoliadas, mientras el efecto sobre las malezas perennes fue menos considerable.

Regulación Biótica: Los cultivos de cobertura constituyen, además, una estrategia interesante para el control ecológico de plagas, fortaleciendo el mecanismo “top down”, ya que pueden proveer de refugio o fuente de alimento alternativo para los enemigos naturales. Altieri *et al.* (2007) encontraron, en un viñedo en el norte de California, que cuando los cultivos de cobertura de verano (alforjón o trigo sarraceno - *Fagopyrum* sp.- y girasol) se mantuvieron durante toda la temporada de crecimiento, aumentó la cantidad de enemigos naturales asociados y disminuyó el número de cicadélidos de la uva y trips occidentales (*Frankliniella occidentalis*). Los predadores dominantes incluyeron arácnidos, hemípteros (*Nabis* sp., *Orius* sp., *Geocoris* sp.), coccinélidos, y crisopa (*Chrysoperla* sp.).

Asociaciones de cultivos, cultivos consociados, intercropping o policultivos

Las asociaciones de cultivos, cultivos consociados, intercropping o cultivos mixtos son sistemas de cultivos múltiples, donde dos o más cultivos crecen juntos en la misma superficie de tierra durante parte o todo su ciclo. Son sistemas que han sido utilizados por los agricultores y agricultoras de Latinoamérica desde hace muchísimos años y son la base de un sistema tan tradicional y extendido como la “milpa” de México que básicamente consiste en el cultivo de maíz (varios tipos), frijoles o porotos y calabazas y un conjunto de otras plantas comestibles y de variadas utilidades llamadas quelites.

Favorecen el incremento de la diversidad específica, vertical, estructural y funcional de los agroecosistemas (Gliessman, 2001) (tabla 15.1) permitiendo un mejor comportamiento ante la presencia de adversidades (enfermedades, malezas y plagas) y/o una mayor eficiencia en el uso de los recursos (Sarandón & Labrador Moreno, 2002; Sarandón & Chamorro, 2003).

El uso de policultivos puede aportar varios beneficios para el agroecosistema y el/la agricultor/a: mejor aprovechamiento del espacio y tiempo (mayor uso de la tierra), mejor cobertura que protege al suelo y disminuye la evaporación, mejora en el reciclaje de nutrientes (dado que evitan la pérdida de los mismos por vías no deseadas), mejora el flujo de la energía, brinda protección contra plagas y enfermedades, mejora el control de malezas, disminuye el uso de los insumos, disminuye el riesgo climático y económico y, en sistemas de autoconsumo, provee mayor variedad en la producción de alimentos.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos beneficios sólo están asegurados si la asociación entre cultivos se realiza teniendo en cuenta los mecanismos ecológicos que permiten asegurar su buen comportamiento.

Según Vandermeer (1989), dos principios explican los mecanismos del mayor rendimiento de los policultivos, comparados con los cultivos puros: el principio de producción competitiva y el

principio de facilitación. El principio de **producción competitiva** se produce cuando un componente del policultivo tiene un efecto sobre el ambiente, que causa una respuesta negativa en el otro componente de la mezcla, pero, aún así, ambos pueden utilizar más eficientemente los recursos necesarios cuando crecen juntos que cuando lo hacen separados. Existe competencia, pero ésta es sólo parcial porque existe un solapamiento parcial de los nichos ecológicos. Esto significa que los cultivos presentes en la mezcla utilizan los recursos de manera diferente ya sea espacial o temporalmente. Un ejemplo de ello es cuando dos especies tienen diferentes ritmos de demanda de N o bien sus raíces presentan distinta capacidad de exploración.

El **principio de facilitación**, por otra parte, se pone de manifiesto cuando un componente de la mezcla modifica el ambiente de tal manera que beneficia a la segunda especie o genotipo. Un ejemplo de este principio sería que uno de los cultivos de la asociación sea hospedero de un enemigo natural de una plaga del cultivo acompañante. En este caso, la asociación de ambas plantas produce un beneficio que desaparece cuando están separados.

Los sistemas de policultivos pueden ser diseñados mezclando diferentes cultivos o de diferentes cultivares de una misma especie.

Las mezclas de especies son el diseño más utilizado y hay muchos ejemplos en la literatura. Pueden diseñarse en franjas, en surcos o totalmente al azar (figura 15.1). El éxito de una mezcla de especies dependerá de una buena elección de las especies que la conforman, de su proporción en la mezcla, y del diseño espacial de siembra. La siembra de especies que han dado resultado en un sistema puede no dar buen resultado en otros si no se respeta el diseño de siembra.

El diseño escogido dependerá del principio ecológico que quiere ser aprovechado. Por ejemplo, si se pretende utilizar el principio de producción competitiva, que tiene que ver con un mejor aprovechamiento de recursos, un diseño en franjas muy anchas no sería adecuado dado que la ventaja se dará solo en las zonas de transición entre una franja y otra. Sin embargo, si las franjas no son demasiado anchas el principio de producción competitiva puede otorgar beneficios en mezclas de cultivos.

Por otra parte, es importante que el diseño de los policultivos sea realista y adecuado a las características ambientales y socioculturales de los y las agricultoras. En sistemas extensivos como los pampeanos, los cultivos mecanizados son el modelo que prevalece y resultan adecuados a las grandes extensiones. Calviño *et al* (2005) señalan que el intercultivo en franjas es una adaptación de la técnica de policultivos a la agricultura mecanizada y constituye una forma de aumentar la producción por unidad de área y de tiempo. Según los cultivos que intervienen en la mezcla, sus fechas de siembra y cosecha, el grado de superposición temporal entre ellos puede ser total o parcial, aunque las ventajas se obtienen cuando las etapas de mayor tasa de crecimiento de los cultivos no coinciden en el tiempo.

En estos casos, el rendimiento, usualmente mayor de los cultivos en franjas respecto al cultivo puro, se debe a un incremento significativo del rendimiento diferencial de los surcos de borde comparados con los surcos centrales. Así, los surcos de borde del cultivo dominante se benefician con la mayor disponibilidad de recursos, mientras que los del cultivo dominado

tienen menor rendimiento (Giayetto *et al*, 2011). Esto fue verificado por distintos autores analizando el cambio en los componentes del rendimiento (número de granos y peso de estos) y en el aprovechamiento de la radiación solar en distintos surcos (West & Griffith, 1992; Monzón *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2008).

Por su parte, Leguizamón & Verdelli (2011) evaluaron, en la Provincia de Córdoba (Argentina) el rendimiento de los sistemas en franjas de maíz-soja, comparados con sus respectivas monoculturas y si diferentes orientaciones de siembra impactan en el rendimiento de ambos sistemas. Encontraron que la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (IRFA) en las franjas de maíz sembradas en dirección este-oeste fue mayor y condujo a mayor rendimiento en grano. Las franjas orientadas norte-sur, noreste-suroeste y noroeste-sureste, tuvieron mayor rendimiento que la monocultura, aunque no se evidenció claramente mayor IRFA. En cambio, el cultivo de soja en franjas tuvo menor IRFA y menor rendimiento que los tratamientos en monocultura, independientemente de la orientación de siembra.

Una consideración especial merece la incorporación de especies leguminosas en las asociaciones de cultivo ya que las mismas permiten minimizar el riesgo de falla del cultivo bajo condiciones no favorables, estabilizar los rendimientos y mantener la salud del suelo. Además, como ya hemos señalado, cumplen un importante rol al fijar grandes cantidades de N atmosférico. La compatibilidad entre leguminosas con otro tipo de plantas, mayormente gramíneas-cereales, se debe a las diferencias en su habilidad para la captura de N, lo que sugiere que sus nichos están sólo parcialmente superpuestos y su combinación, es de esperar, sea entonces generalmente exitosa.

Tamagno *et al* (2013) evaluaron el lino en intercultivos con leguminosas forrajeras: trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*) o lotus (*Lotus corniculatus*), con dos arreglos diferentes de la leguminosas (al voleo o en la misma hilera que el lino) y lo compararon con el lino en monocultura con y sin aplicación de herbicida. El rendimiento en semillas del lino se diferenció entre tratamientos y todas las mezclas superaron en la biomasa total acumulada al tratamiento de lino sin herbicidas (aunque sin alcanzar diferencias estadísticamente significativas). Por su parte, la cobertura relativa del suelo en etapas tempranas del cultivo fue similar entre tratamientos, pero todas las mezclas alcanzaron valores mayores que las monoculturas.

Riccioni (2017) evaluó la productividad, el contenido de nitrógeno en los diferentes componentes del sistema y la capacidad de captación del recurso luz en consociaciones de girasol con trébol blanco, trébol rojo y lotus, utilizando dos densidades de siembra para las leguminosas y lo comparó con dos testigos: girasol en monocultura y girasol + herbicida en monocultura. El rendimiento en grano del girasol si bien no presentó diferencias significativas entre tratamientos, estuvo por encima del promedio de la zona y los mayores valores se dieron cuando se consoció con trébol rojo en ambas densidades. Ambos tratamientos también alcanzaron la mayor acumulación de nitrógeno total.

Más allá del efecto que tiene el uso de leguminosas en el cultivo acompañante en el mismo ciclo, el mejor desempeño de los policultivos con leguminosas ha sido atribuido al efecto de éstas sobre la mayor disponibilidad de N para el cultivo subsiguiente, cuando la fijación de esta supera

a lo extraído por su cosecha o la leguminosa se utiliza como abono verde. En un estudio sobre la intersemebra de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L) con trigo, Brandt *et al.*, (1989) encontraron que el trébol disminuyó el rendimiento del trigo en el primer año, pero lo incrementó en el segundo debido a la liberación de N fijado en el año previo.

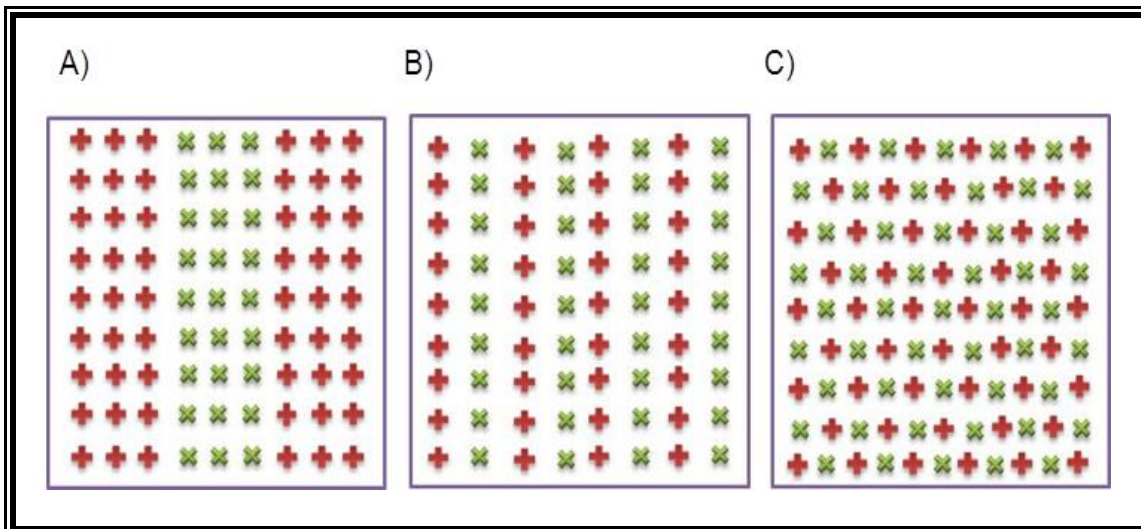


Figura 15.1: Diferentes posibilidades de diseños para sistemas de policultivos: A) en franjas, B) en surcos y C) al azar (extraído de Flores & Sarandón, 2014)

Las mezclas de cultivares, por otra parte, no son tan utilizadas, aunque han sido consideradas como una manera potencial de incrementar el rendimiento de los cultivos desde hace mucho tiempo (Borlaug, 1959; Harper, 1964) y son una alternativa particularmente interesante para sistemas extensivos mecanizados. Si las diferencias entre los cultivares mezclados son suficientes para conferir una diferente habilidad para usar los recursos presentes en un sistema, (nichos parcialmente superpuestos), entonces, la cantidad total de los recursos utilizados por el policultivo puede ser mayor que la de los mismos componentes creciendo en parcelas puras.

Aprovechamiento de recursos: Los recursos que utilizan las plantas (nutrientes, agua, luz) pueden ser importantes factores para predecir y, a su vez, aprovechar el comportamiento de la mezcla. Las diferencias existentes en los patrones de distribución de las raíces dentro del suelo entre diferentes cultivares puede determinar que el sistema ocupe capas más profundas del suelo en las mezclas que en monocultivo (Berendse, 1979). Por otra parte, hay que considerar que el “nicho” tiene un componente temporal por lo que diferentes ritmos de crecimiento de las raíces o de absorción de agua y/o nutrientes pueden significar ventajas de algunas mezclas sobre otras.

Los patrones o arreglos de siembra (biodiversidad espacial), son también importantes a la hora de elegir la combinación adecuada para una mezcla. Barreyro *et al.* (2000), evaluaron el rendimiento de una mezcla de 2 híbridos de girasol bajo dos niveles de fertilidad nitrogenada, y dos espaciamientos, sembradas en relación 1:1 en hileras alternadas. El comportamiento de las mezclas varió entre los arreglos de siembra. A 50 x 38cm la mezcla produjo

más biomasa y rendimiento que los cultivos puros mientras que a 70 x 25cm no hubo diferencias. El comportamiento de los híbridos fue diferente indicando la importancia de la elección correcta de los componentes.

Chamorro *et al* (2017) evaluaron mezclas de variedades de colza canola como una alternativa para aumentar la biodiversidad cultivada y mejorar el uso de los recursos en sistemas extensivos de clima templado. En un ensayo se mezclaron dos cultivares, en diferentes proporciones, bajo dos niveles de disponibilidad de nitrógeno. En el otro, se evaluaron cinco cultivares en diferentes combinaciones. El rendimiento fue mayor en las mezclas que en los monocultivos, indicando un efecto complementario en el uso de recursos, especialmente en condiciones limitantes de nitrógeno, sin fertilizante.

Un aspecto práctico que hay que tener en cuenta en las mezclas de variedades, es su persistencia en el tiempo. Las interacciones entre los componentes de una mezcla o policultivo (diferente capacidad para capturar recursos) causan importantes cambios en la composición de las mezclas distorsionando el rendimiento en semilla de los componentes respecto a lo que sucede en cultivos puros. Es decir, la proporción sembrada de componentes, no es generalmente la que se cosecha e implica que las mezclas deberán ser reconstituidas por los agricultores todos los años para que mantengan las correctas proporciones entre los componentes que le brindan sus propiedades exitosas.

Control de plagas: Otra ventaja de los policultivos está asociada al principio de facilitación y es que pueden favorecer la presencia de una mayor diversidad de controladores biológicos. Esta idea con la Hipótesis de Enemigos Naturales que plantea que las poblaciones de enemigos naturales serán mayores en ambientes diversos, y ejercerán mayor control de los herbívoros. Fiedler & Landis (2007) sostienen que los policultivos con especies perennes son potencialmente más adecuados pues generan ambientes más estables. Cai *et al.* (2007) en cultivos del género *Brassicca* rodeados por diversos cultivares vegetales encontraron mayores niveles de riqueza, abundancia y diversidad de enemigos naturales (depredadores y parasitoides) comparado con el monocultivo; mientras que ocurría lo contrario en el caso de algunos insectos herbívoros.

Control de enfermedades: Además de su efecto sobre los enemigos naturales los policultivos pueden tener simultáneamente influencia sobre la disminución de los síntomas de enfermedades. León *et al* (2000) estudiaron el comportamiento de densidades poblacionales de fitófagos y enemigos naturales, además de la presencia de síntomas de virosis causadas por geminivirus en tres variedades de tomate en sistemas de monocultivo y policultivo con maíz. Ellos contrastaron 7 tratamientos: policultivos de tomate-maíz y monocultivos de las tres variedades de tomate y monocultivo de maíz. En muestreos semanales se evaluaron adultos, fases inmaduras y la emergencia de parasitoides. Se corroboró que el policultivo tomate-maíz ejerce una acción disuasiva sobre el desarrollo de poblaciones plagas en el cultivo del tomate y facilita a su vez la colonización por los enemigos naturales de las plagas; se encontraron, además, menos síntomas de virosis en los policultivos que en los monocultivos.

Por otra parte, ya en 1959, Borlaug sugería armar mezclas de variedades de trigo con diferente resistencia a razas de roya para asegurar un mejor comportamiento del cultivo.

Control de malezas: Los policultivos también tienen un enorme potencial en el control de malezas. El principio de producción competitiva señala que cuando dos especies tienen sus nichos parcialmente superpuestos, su cultivo en conjunto hará un mayor uso de los recursos (agua, luz y/o nutrientes) que cualquier componente sembrado por separado. Si esto es así, los sistemas más diversos pueden mejorar la habilidad competitiva para con las malezas (Liebman & Dyck, 1993, Malézieux *et al.*, 2008) dado que resultan más hábiles para capturar recursos. En consecuencia, el uso de cultivos consociados puede afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de las malezas y generar una disminución de su capacidad reproductiva, actuando, así como supresor (De Haan *et al.*, 1997). Por ejemplo, Ciocchini *et al.* (2015) comprobaron que el cultivo de Amarantho consociado con *Vicia villosa* reduce sustancialmente la biomasa de malezas durante todo el ciclo del cultivo.

Rotaciones

Las rotaciones son una estrategia de manejo de los agroecosistemas muy antigua y utilizada durante mucho tiempo con excelentes resultados en todo el mundo. Se define como rotación a la alternancia regular y ordenada en el cultivo de diferentes especies vegetales en secuencia temporal en un área determinada (Geisler, 1980). En consecuencia, las rotaciones incrementan la diversidad temporal y espacial del agroecosistema (Francis & Clegg, 1990) (Tabla 15.1).

El principio básico de las rotaciones es que los cultivos se suceden en función de las características entre el cultivo precedente y el siguiente, esperando algunos años antes de volver a plantar un determinado cultivo en la misma parcela. Una alternancia diversificada es uno de los pilares básicos para garantizar un adecuado manejo del suelo y control sanitario. A la hora de diseñar una rotación, se deben alternar cultivos con diferente habilidad para absorber nutrientes del suelo o que tengan sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades; alternar especies vegetales susceptibles a ciertas enfermedades y plagas con aquellas que son resistentes; tener en cuenta todo efecto negativo o positivo de un cultivo sobre el siguiente; alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con cultivos que contribuyen a mejorar su fertilidad (por ejemplo gramíneas y leguminosas); alternar especies con diferentes necesidades de mano de obra, máquinas e implementos, agua, etc. en épocas diferentes.

Las rotaciones de cultivo brindan efectos benéficos para la optimización de numerosos procesos ecológicos. Aunque su importancia fue reconocida desde tiempos ancestrales es, en apariencia, una práctica tan sencilla y tan poco espectacular que fue una de las primeras prácticas en ser descartadas con el advenimiento de la agricultura industrial.

Regulación biótica: Las rotaciones contribuyen a los procesos de regulación biótica debido a cambios en la susceptibilidad a las plagas y enfermedades de los cultivos involucrados en la rotación, por cambios en las labores de los diferentes cultivos (que permiten interrumpir el ciclo de las plagas y patógenos) o por la generación de residuos que promueven la actividad de organismos antagónicos de plagas y enfermedades (Altieri, 1999; Altieri & Nicholls, 2000; Gliessman, 2001). La presencia de determinados problemas sanitarios y de malezas está directamente relacionada con la repetición continua de cultivos con características similares. Por lo tanto, una

rotación amplia da como resultado una población variada de microorganismos y de plantas adventicias, y se evita que estos agentes nocivos se desarrollen excesivamente.

Baxendale (1987, citado por Francis & Clegg 1990) observó que el crecimiento de las poblaciones de la plaga *Diabrotica* sp a niveles de importancia económica en el cultivo de maíz ocurrió en menos del 1% de los casos si el antecesor fue soja y en 1/3 de los casos si el antecesor fue maíz.

Actividad biológica del suelo: Las rotaciones tienen un efecto muy importante en promover la biodiversidad del suelo. El cultivo continuado de una sola especie durante mucho tiempo genera siempre el mismo tipo de residuo y exudados al suelo, lo que disminuye la diversidad de la vida del mismo (ver capítulo 2). Lo contrario ocurre con la alternancia de cultivos, sobre todo si pertenecen a familias diferentes. Zamora *et al* (2005) estudiaron la influencia de la rotación en cultivo de tomate sobre la actividad biológica del suelo. Comparando una rotación de tomate alternando con cebolla con el monocultivo de tomate encontraron que la actividad biológica del suelo (medida a través de la biomasa microbiana y la actividad fosfatasa alcalina) se incrementó en un 40 % cuando se incorporó la cebolla a la rotación.

Control de malezas: Las comunidades de malezas son particularmente sensibles a los cambios en las especies de cultivos usados de una estación a otra (Lampkin, 1990). Diferentes especies de cultivos compiten o suprimen el crecimiento de malezas con distinta intensidad. Por un lado, la alternancia de diferentes especies, con diferentes características (época de siembra, absorción de recursos, distanciamiento entre hileras, etc..) genera diferentes ambientes que favorecen en forma diferencial el crecimiento y reproducción de distintas especies de malezas. Cada cultivo genera un ambiente específico y por eso tienen sus malezas características. Por otro lado, cada cultivo perjudica o controla a otro tipo de malezas. Por ejemplo, la avena (*Avena sativa*) tiene una alta competitividad con las malezas en comparación al trigo (*Triticum aestivum*). Por lo tanto, puede ser incluida tardíamente en la secuencia de cultivos (Giaccio, 2013) para limpiar el lote antes del inicio de una nueva secuencia.

Otras especies que pueden ser incluidas en la rotación pueden tener efectos alelopáticos (liberación al medio de sustancias que inhiben el desarrollo de otras plantas) que impiden el desarrollo de las malezas. Se ha observado que el sorgo, el girasol y otros cultivos reducen el uso de herbicidas tanto durante su desarrollo como en años siguientes (Sampietro, 2013). El centeno (*Secale cereale*) es otra de las especies reconocidas por su capacidad alelopática.

Ciclado de nutrientes: Las rotaciones son también vitales para el ciclado de nutrientes ya que modifican la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo y con ello el aporte de nutrientes para cultivos futuros (ver capítulo 3). Por ejemplo, Latanzzi *et al.* (2006), en ensayos realizados en Marcos Juárez, Argentina, encontraron que las rotaciones agrícolas que incluyeron gramíneas y leguminosas (Trigo/Soja-Maíz; Maíz-Soja; Sorgo-Soja) fueron más eficientes para incorporar carbono que las de alta proporción de leguminosas (Trigo/Soja-Soja; Girasol-Soja y Soja-Soja).

Desde el punto de vista del control de la erosión la alternancia de cultivos permite disminuir las pérdidas de suelo ocasionadas por este fenómeno. Según una investigación realizada por el grupo de Recursos Naturales del INTA Paraná (Entre Ríos, Argentina), la rotación de cultivos

disminuye la pérdida de suelos de 500 a 1100 kg* ha⁻¹*año, comparada con el monocultivo de soja (INTA informa, 2011).

Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales (SAF) son una forma de uso de la tierra en donde especies leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales (López, 2007). Aunque la presencia de árboles aporta beneficios en todos los sistemas, esta es particularmente importante en aquellos lugares en los que el árbol forma parte de la estructura del bioma original. Existen distintos tipos de sistemas agroforestales, según la naturaleza y presencia de los tres principales componentes agroforestales: plantas leñosas perennes, cultivos agrícolas y pastizales: a) *agrosilvícolas*: consisten en alternar árboles y cultivos anuales o perennes, b) *silvopastoriles*: consisten en alternar árboles y pastizales para la producción animal y c) *agrosilvopastoriles*: Consisten en alternar árboles, cultivos y pastizales para sostener la producción animal. Los sistemas agroforestales aportan a las dimensiones espacial, vertical, específica y temporal.

Entre las ventajas que los SAF se pueden mencionar: una mejor utilización del espacio, moderación del microclima, protección contra la erosión, recuperación de suelos degradados, provisión de hábitats para alojar una mayor diversidad, reducción del daño por plagas y enfermedades, una mayor posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico (mediante árboles aptos para tal fin), mejora de la estructura y fertilidad del suelo.

Los SAF generan una estructura de gran complejidad ambiental y ofician de hábitat para distintos componentes de la biodiversidad, entre ellas especies predadoras, parasitoides y polinizadoras. La presencia de árboles en paisajes fragmentados o agropecuarios pueden ayudar a mantener una mayor proporción de la diversidad del ecosistema original (Lang *et al.* 2003, Harvey *et al.* 2006, Tobar *et al.* 2007).

Por ejemplo, Klein *et al.* (2002) señalan que, en sistemas de cacao en Indonesia, la transformación de los SAF tradicionales a sistemas intensificados impacta negativamente en la estructura de la comunidad de artrópodos disminuyendo la relación predador-presa debido a la reducción de la cantidad de especies arbóreas y el consecuente cambio en el microclima que conduce a mayores problemas de plagas que en los sistemas agroforestales tradicionales. Asimismo, la intensificación de los sistemas agroforestales tradicionales ha provocado un impacto negativo en la presencia de organismos polinizadores, con la consecuente disminución en el rendimiento de frutos en cacao (Klein *et al.*, 2007).

Los SAF también mejoran las propiedades químicas del suelo a través de aporte de N por parte de aquellos árboles que tienen la capacidad de fijarlo y/o de la presencia de árboles de raíces profundas que aumentan la disponibilidad de los nutrientes en las capas superficiales por removilización de nutrientes desde las capas profundas, así como también favorecen la acumulación de materia orgánica en el suelo (Beer 1988; Rao *et al.* 1998).

Los SAF de altos rendimientos pueden jugar también un papel importante en el secuestro de C en suelos y en la biomasa leñosa (sobre y bajo suelo) (Beer *et al.*, 2003). Espinoza-Domínguez

et al. (2012) encontraron que los sistemas agroforestales que incluyen al café y cedro rosado, almacenan 115 Mg C·ha⁻¹ mientras que los sistemas de “potrero” almacenan sólo 2 Mg C·ha⁻¹.

Estrategias para el aumento de la diversidad asociada

Parches de vegetación, bordes, cercas y manejo de la vegetación espontánea

La diversidad asociada es un componente esencial de la biodiversidad de los agroecosistemas y responsable de muchas de las funciones ecológicas que nos interesan. Sin embargo, durante mucho tiempo, todo lo no cultivado, lo silvestre, lo espontáneo, ha sido considerado como algo indeseable que no tiene ningún valor (ver valores de la biodiversidad en capítulo 1) y que debía ser eliminado. La agroecología reconoce hoy la importancia de este componente y la necesidad de mantener elevados niveles dentro y fuera de los agroecosistemas. El aumento de la diversidad asociada puede plasmarse a nivel de parcela, de finca, de paisaje y/o región. El nivel de paisaje es el nivel más importante porque la agricultura se desarrolla principalmente en esta escala (ver capítulo 11). Los paisajes agrícolas son descritos como un mosaico de parches y corredores sobre una matriz, definida por la heterogeneidad de los suelos, la topografía y el sistema hídrico (Fig. 15.2).



Fig. 15.2 Paisaje rural diversificado en Galicia, España. Foto SJ Sarandón.

Según León (2012) la *matriz* es el componente que domina el paisaje, el más extenso. Esta matriz tiene una porosidad que está determinada por la densidad de parches. Los *parches* son áreas con una vegetación distinta a la de la matriz principal. Son unidades de tierra o hábitat muy

heterogéneas cuando se comparan con el total del paisaje. Los *corredores* son franjas de tierra que une a los parches entre sí y a través de las cuales los organismos se trasladan entre parches.

Los lotes agrícolas, comúnmente la unidad mínima de uso de la tierra, son considerados parches, delimitados, conectados y atravesados por corredores. El contexto de un lote agrícola está compuesto por otros lotes, corredores y parches con vegetación espontánea, los que pueden presentar distintos niveles de modificación por las actividades humanas. Una de las consecuencias más importantes del crecimiento de la agricultura mundial ha sido la fragmentación de los hábitats naturales. Los parches remanentes se comportan como “islas” incapaces de mantener la misma cantidad de especies que contenían cuando estaban conectados unos con otros.

La fragmentación altera el microclima tanto en el parche remanente como en los parches circundantes y provocan una alteración del régimen hidrológico por la alteración de innumerables componentes. La eliminación de la vegetación natural cambia las tasas de captación de agua de lluvia y la evapotranspiración, y, en consecuencia, los niveles de humedad del suelo y la infiltración de agua a través de este.

Las cercas vivas dentro de las fincas (definidas por Harvey *et al*, 2005 como elementos lineales divisorios arbolados que separan áreas de pasturas, áreas de cultivos y algunos parches de bosques) adquieren en este contexto un rol sumamente importante. Además de suministrar productos (por ejemplo, leña, frutos o forraje para animales), pueden brindar servicios dentro de la finca: regulación del microclima, hábitat para muchos organismos (entre ellos los predadores y parasitoides), reducción de la escorrentía superficial y de la erosión de los suelos. En un inventario de especies en Costa Rica y Nicaragua se encontró que las mismas fueron particularmente importantes para aumentar la conectividad estructural de los hábitats arbolados en el paisaje (Harvey *et al*, 2003).

Durr & Rangel (2002) identificaron la importancia de las cercas vivas en la provisión de sombra y la protección contra el viento para la producción ganadera. Bennett (2003) señala que las cercas vivas en zonas agrícolas pueden ser utilizadas para incrementar la conectividad de los paisajes agrícolas. Esto adquiere relevancia debido a que la fragmentación de un ambiente limita el potencial de dispersión y colonización de plantas y animales, lo que puede generar un escenario adecuado para procesos de extinción local o regional (Wilson, 2004).

En general se acepta que cuanto menor es la distancia entre cercas vivas mayor es la conexión entre los agroecosistemas y los ecosistemas naturales. Sin embargo, la distancia óptima entre ellas depende de qué especies se pretenda conservar y/o de las funciones que quieran ser privilegiadas. León (2012) sugiere que más que definir una distancia mínima entre cercas se debe analizar el grado de conexión entre el agroecosistema y la vegetación natural circundante. Este puede ir desde la completa desconexión (fincas de monocultivo totalmente desconectadas de cualquier parche o remanente de vegetación) hasta fincas totalmente conectadas (Figura 15.3).

Además, debe tenerse en cuenta la funcionalidad de dichas cercas para el manejo del agroecosistema por la presencia de plantas que ofrezcan diferentes servicios (polinización, trampas, alelopatía, refugio, alimento, efectos contra heladas, regulaciones de temperatura y humedad,

disminución de escorrentía superficial, sombra). Una mayor funcionalidad estará dada por cercas de alta diversidad que combinen varias hileras de vegetación natural, una elevada estratificación y la presencia de plantas con flores.

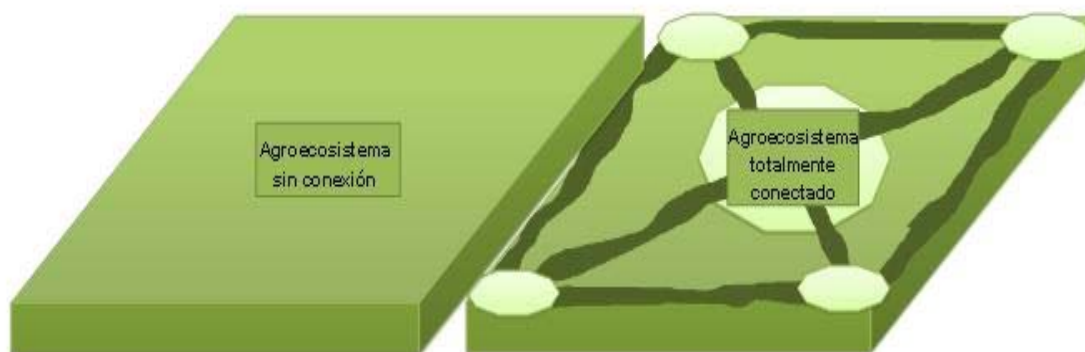


Figura 15.3: Agroecosistemas con diferentes grados de conectividad (Extraído de Flores & Sarandón, 2014)

También debe considerarse la extensión que deben tener las hileras de vegetación interna que conectan a las distintas parcelas o lotes con las cercas externas. Aunque esto no está claramente definido, es necesario que dentro de la finca los conectores configuren una red suficientemente densa para los fines de producción, sanidad, estabilidad y renovabilidad de los agroecosistemas con características de biodiversidad similares a las de las cercas externas (León, 2012).

Otro aspecto para tener en cuenta es el manejo de la vegetación espontánea, dado que aporta beneficios como: efectos alelopáticos, recirculación de nutrientes, conservación de humedad, barreras contra la erosión, fuentes alimenticias y medicinales para humanos, mejoramiento de la estructura de suelos o relaciones con microorganismos edáficos a través de sus exudados, hábitat y fuentes de alimento alternativo para los enemigos naturales, entre otros. En muchos casos se puede mantener una cierta población de espontáneas en las parcelas de cultivo. Otras veces, esto no es viable ya sea porque el nivel de la población ejerce niveles de competencia incompatibles con el beneficio económico o porque éstas dificultan la cosecha (sobre todo cuando esta es mecánica). Por ello es fundamental mantener ciertos niveles de vegetación espontánea o la siembra y plantación de plantas seleccionadas para tal fin en los bordes o márgenes de los cultivos.

En este último caso, se deben conocer las habilidades de las plantas a sembrar para potenciar los servicios ecológicos que desean fomentar. A veces, la siembra de una serie de especies al azar puede favorecer más a la plaga que a su entomófago (Alomar & Albajes, 2005). También es necesario determinar el papel que pueden jugar las plantas seleccionadas como fuente de dispersión de enfermedades, principalmente virus, por comportarse como huéspedes de sus vectores. Finalmente, es deseable no utilizar el uso de especies o variedades alóctonas menos adaptadas a las condiciones locales (Alomar & Albajes, 2005).

El componente animal planificado en el manejo de la biodiversidad

Los sistemas agrícolas puros (como los dominantes en la Región Pampeana Argentina) se basan en la presencia de una única especie cultivada (por ejemplo, la soja) por lo que tienen una escasa variabilidad de componentes y, por lo tanto, la biodiversidad funcional se encuentra en su mínima expresión por la pérdida de las interacciones ecológicas. Prácticamente no existe vegetación espontánea en los lotes del cultivo dado que la misma es eliminada mediante la aplicación de enormes cantidades de herbicidas. Tampoco existen áreas seminaturales porque toda la superficie es aprovechada al máximo para la siembra en grandes parcelas uniformes (Iermanó *et al.*, 2015). La ausencia del componente animal hace innecesaria la presencia de alambrados que actúan siempre como reservorios (involuntarios, a veces) de restos de vegetación espontánea.

Esto provoca varias consecuencias negativas: se incrementa la pérdida de nutrientes por falta de vegetación que pueda retenerlos, afecta negativamente la presencia de enemigos naturales porque no existen sitios de alimento alternativo y refugio, la biota edáfica se ve resentida (tanto por la aplicación de herbicidas como por la escasez de alimentos variados y por la escasa incorporación de materia orgánica) afectándose así los procesos de ciclado de nutrientes y de la materia orgánica.

Bajo este panorama cada vez está más clara la dificultad e imposibilidad de pensar en sistemas puramente agrícolas a gran escala, bajo un manejo ecológicamente adecuado. En este tipo de sistemas extensivos la incorporación de ganadería de base pastoril sería estratégica para el incremento de la biodiversidad funcional dado que la misma está asociada a un conjunto de prácticas que contribuirían a tal fin.

La inclusión de la ganadería conlleva, por un lado, la conservación de campos con pasturas naturales y por el otro, la siembra de pasturas perennes que, en general, están compuestas por una mezcla de varias especies en las que se incluyen tanto gramíneas como leguminosas. Esta práctica permite incrementar tanto la diversidad específica como la horizontal y la vertical. Además, estas mezclas contribuyen a la mejora del ciclado de nutrientes ya que la presencia de leguminosas durante largos períodos incrementa la fijación de nitrógeno. Por su parte, la presencia de pasturas provoca una mejora en la vida del suelo dado que las cadenas tróficas son más robustas y las cadenas de descomponedores son más complejas (Iermanó *et al.* 2015).

Asimismo, la inclusión de ganadería pastoril, conduce al incremento del número de parcelas dentro de los campos por la división (alambrados mediante) en parcelas de pastoreo (Fig. 15.4.), lo que genera una mayor variedad de ambientes con corredores de vegetación asociada y parches leñosos que mantienen la conectividad y los hábitats de refugio (Paleologos *et al.*, 2008). La presencia de distintos ambientes con diferente grado de diversidad, ofrecería una complejidad microambiental favorable para la presencia de organismos con diferentes hábitos y hábitats de vida (Paleologos *et al.*, 2015).



Fig. 15.4. Importancia de los ambientes pastoriles en el mantenimiento de la biodiversidad. Ver vegetación espontánea debajo del alambrado en un campo de la localidad de Benito Juárez, Argentina. Foto SJ Sarandón

También la actividad ganadera impone la inclusión de rotaciones lo que provoca el incremento de todas las dimensiones de la diversidad favoreciendo la optimización de los procesos ecológicos (Iermanó *et al.*, 2015).

Procesos ecológicos y prácticas de diversificación

En líneas generales puede decirse que todas las estrategias descriptas anteriormente tienen influencia positiva sobre los procesos ecológicos de los agroecosistemas. Dependiendo de cómo cada una de estas estrategias es aplicada y complementada con otras se pueden activar varios procesos ecológicos esenciales para la productividad, estabilidad y resiliencia de los agroecosistemas.

Claramente, en cada sistema de producción se pondrán en juego un conjunto diferente de prácticas para implementar dichas estrategias que estarán determinadas por las circunstancias productivas, socioeconómicas y biofísicas y, por lo tanto, las relaciones ecológicas entre ellas serán diferentes (Nicholls *et al.* 2016). Es decir, las propuestas de diseño de los sistemas son sitio- específicas y el conjunto de estrategias deben seleccionarse más que por las estrategias en sí mismas por los principios ecológicos que se pretenden potenciar. Varias prácticas pueden contribuir a potenciar un mismo proceso ecológico y una misma práctica puede activar varios procesos ecológicos, como se presenta en la tabla 15.1.

Tabla 15.1. Procesos ecológicos, estrategias o técnicas y fundamentos asociados con el incremento de la biodiversidad funcional en los agroecosistemas

Proceso ecológico	Técnica que lo favorece	Diversidad que aportan	Fundamento
Regulación biótica de poblaciones	Cultivos de cobertura	específica, vertical, horizontal, estructural y temporal	Proveen una mayor diversidad de microambientes y refugios para los enemigos naturales. Mayores fuentes de néctar, polen y presas alternativas. Disminuyen la presencia de malezas por competencia.
	Policultivos	específica, vertical, estructural y funcional	Ofrecen fuente de alimento y refugio para especies benéficas. Mayor disponibilidad de néctar, polen y presas alternativas. Desconcentran el recurso y lo hacen menos atractivo para las plagas. Disminuyen la presencia de malezas por captar una mayor cantidad de recursos y disminuir su disponibilidad para las mismas (efecto de competencia).
	Rotaciones	temporal y espacial, específica	Cortan el ciclo de las plagas y enfermedades por alternancia de cultivos susceptibles y no susceptibles a las mismas. Los residuos pueden promover el desarrollo de organismos antagonistas de plagas y enfermedades. Disminuyen la presencia de malezas por cambios en las labores en los diferentes cultivos y por alternar cultivos con diferente habilidad competitiva.
	Cercas vivas y corredores de vegetación	específica, temporal, espacial, estructural	Proveen diversidad de microambientes y sitios de refugios para especies benéficas. Proveen fuentes de néctar, polen y presas alternativas. Interrumpen la dispersión de propágulos de patógenos y semillas de malezas y actúan como barreras al movimiento de fitófagos dispersados por el viento.
	SAF	espacial, vertical, específica, temporal, estructural	La presencia de árboles genera un microclima que contribuye a mejorar la relación predador-presa. Los SAF ofician de hábitat para especies depredadoras y parasitoides.
	Manejo de la vegetación espontánea	específica, espacial, temporal,	La presencia de vegetación espontánea aumenta la diversidad de microambientes y refugios para estas especies. Mayores fuentes de néctar, polen y presas alternativas. En algunos casos puede existir preferencia de los fitófagos por la especie espontánea más que por el cultivo.
	Integración animal	Específica, horizontal, vertical, estructural, temporal.	El parcelamiento de los campos genera una mayor variedad de ambientes que favorece la presencia de organismos con diferentes hábitos y hábitats de vida.

Ciclado de nutrientes y de la materia orgánica	Policultivos	específica, vertical, estructural y funcional	Pueden aportar nitrógeno en el caso de que uno de los integrantes de la mezcla sea una leguminosa y cuando la fijación de N por parte de esta supera a lo extraído por su cosecha o la leguminosa se utiliza como abono verde. Disminuyen las pérdidas no deseadas de nutrientes por mejorar la captura de los mismos. Según las especies asociadas pueden mejorar la cantidad de materia orgánica aportada a través de los rastrojos.
	Cultivos de cobertura	específica, vertical, horizontal, estructural y temporal	Al ser incorporados al suelo incrementan la materia orgánica y estimulan la actividad biológica. Retienen nutrientes disminuyendo las pérdidas no deseadas. Si la cobertura es de leguminosas fija nitrógeno mejorando el stock de este nutriente.
	Rotaciones	temporal, espacial, específica	Al rotar especies leguminosas con otras que producen rastrojos voluminosos se mejora el ciclo de la materia orgánica y el ciclo del nitrógeno. Mejoran la biología del suelo y por lo tanto el proceso el ciclado de la materia orgánica.
	Integración animal	Específica, horizontal vertical, estructural, temporal.	Aportan materia orgánica al suelo. Pueden redistribuir nutrientes entre las distintas parcelas. Las deyecciones aportan a la mejora de la biología del suelo. En caso de consumir suplementos alimentarios externos a la finca pueden aportar nutrientes a través de sus deyecciones.
	SAF	espacial, vertical, específica, temporal, estructural	Aportan N por parte de aquellos árboles que tienen la capacidad de fijarlo. Aumentan la disponibilidad de los nutrientes en las capas superficiales por removilización de nutrientes desde las capas profundas. Favorecen la acumulación de materia orgánica en el suelo por acumulación de hojarasca en el suelo resultado de los cambios fisiológicos de las especies que integran el sistema de producción.
Control de la erosión	Cultivos de cobertura	específica, vertical, horizontal, estructural y temporal	Al mantener el suelo cubierto evitan la exposición del suelo a la acción de los agentes erosivos
	Cercas vivas	específica, temporal, espacial, estructural	Disminuyen la acción de los agentes erosivos, principalmente el viento
	Rotaciones		Mejoran las propiedades físicas del suelo disminuyendo el riesgo de erosión
	Policultivos y mantenimiento de vegetación espontánea		Mejoran la cobertura del suelo disminuyendo la exposición del suelo a los agentes erosivos
	SAF		La cobertura de hojarasca presente en la superficie del suelo disminuye el impacto de la gota de lluvia sobre el mismo. El desarrollo del sistema radicular de manera vertical y horizontal a de los cultivos y de las especies maderables establecidas mejora la infiltración del agua y la estabilidad estructural del mismo

Conclusiones

Los agroecosistemas son sistemas ecológicos modificados por los seres humanos para que produzcan un flujo de bienes y servicios de utilidad. Esta modificación implica una simplificación de estos y una reducción de la biodiversidad que disminuye o debilita importantes procesos ecológicos para el funcionamiento de los agroecosistemas, los que entonces deben ser sustituidos por insumos, caros y peligrosos.

Estos procesos ecológicos pueden fortalecerse mediante una serie de estrategias de manejo que restituyen o aumentan diferentes dimensiones de la biodiversidad. Las estrategias apuntan a procesos universales pero las prácticas con las cuales estas estrategias se llevan a cabo son sitio dependientes y están asociadas a aspectos biológicos ecológicos y socioculturales particulares. Por lo tanto, más que la práctica en sí, es necesario entender los principios ecológicos en los que se basan, como un instrumento para poder decidir su uso contextualizándolo adecuadamente. En este capítulo hemos tratado de aportar algunos de los más conocidos detallando sus fundamentos y potencialidades.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la consecuencia de la baja diversidad de los sistemas modernos de producción?*
2. *¿Cuál es la propuesta de la Agroecología para disminuir el uso de insumos?*
3. *¿Qué se entiende por biodiversidad cultivada y asociada y qué relación existe entre ambas?*
4. *¿Qué relación existe entre los procesos ecológicos, las estrategias, las técnicas y las prácticas? ¿Cuál es la importancia de tener esto en claro?*
5. *¿Por qué se considera que los principios ecológicos no pueden aplicarse de la misma manera en diferentes agroecosistemas?*
6. *¿Cuál es el aporte que pueden hacer los abonos verdes en el aumento de la biodiversidad funcional?*
7. *¿Cuál es la importancia de las rotaciones en el funcionamiento de los agroecosistemas, y qué dimensiones de la biodiversidad mejora?*
8. *¿Cuál es el aporte que pueden hacer los policultivos en el aumento de la biodiversidad funcional?*
9. *¿Cuáles de las estrategias analizadas en este capítulo pueden contribuir al control de malezas?*
10. *¿Cuál es la importancia y el aporte que pueden hacer los sistemas SAF al aumento de la Biodiversidad?*

Referencias

- Alomar O & Albajes (2005) Control Biológico de Plagas: Biodiversidad Funcional y Gestión del Agroecosistema. Biojournal net 11-10. Disponible en: https://www.recer-cat.cat/bitstream/handle/2072/4643/Biodiversidad_Funcional.pdf?sequence=1. Último acceso: Septiembre de 2019
- Altieri MA (1994). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Haworth Press, New York, 185 pp
- Altieri MA (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74:19-31.
- Altieri MA, CI Nicholls (2000) Agroecología. Teoría y Práctica para una agricultura sustentable. PNUMA. México. 257pp
- Altieri MA, L Ponti & CI Nicholls (2007) El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. LEISA. Revista de agroecología 24 (2). Disponible en: http://www.leisaal.org/web/revistaleisa/94vol22n4.html#El_manejo_de_las_plagas. Último acceso: febrero de 2014.
- Alvarez C, C Scianca & M Barraco (2010) Cambios en suelos bajo siembra directa con cereales de invierno como cobertura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. CD
- Andow DA, Hidaka K (1989) Experimental natural history of sustainable agriculture: syndromes of production. Agriculture, Ecosystems and Environment 27: 447-462
- Baigorria T, C Cazorla, D Santos Sbuscio, B Aimetta & P Belluccini (2012) Efecto de triticales (×Triticosecale Wittman) rolando como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-triticales-xtriticosecale-wittman-rolado-como-cultivo-de-cobertura-en-la-supresion-de-malezas-rendimiento-y-margen-bruto-de-soja/>. Último acceso: febrero de 2014
- Beer J, C Harvey, M Ibrahim, JM Harmand, E Somarriba & F Jiménez (2003) Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 10 (37-28): 80-87.
- Bennet AF (2003) Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN. Gland, Suiza. 254pp.
- Berendse F (1979) Competition between plant populations with different rooting depths. I. Theoretical considerations. Oecologia (Berlin), 43:19-26.
- Borlaug NE (1959) The use of multilineal or composite varieties to control airborne epidemic diseases of self-pollinated crop plants. Proceedings First International Wheat Genetics Symposium, 12-26.
- Brandt JE, FH Hons & VA Haby (1989) Effects of subterranean clover interseeding on grain yield, yield components and nitrogen content of soft red winter wheat. Journal of Production Agriculture 2:347-351.

- Buratovich V & HA Acciurecci (2017) Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. RIA Vol 10 nro 35. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322830351_Cultivos_de_cobertura_como_moduladores_de_la_emergencia_de_malezas_naturales. Último acceso: Agosto de 2019
- Cai HJ, ZS Li & MS You (2007) Impact of habitat diversification on arthropod communities: A study in the fields of chinese cabbage, *Brassica chinensis*. *Insect Science* 14(3):241-249
- Calviño P, A. Cirilo, O Caviglia & JP Monzón (2005). Resultados de intersemebra de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. Actas VII Congreso Nacional de Maíz. 16 al 18 de Noviembre de 2005. Rosario, Argentina.
- Caviglia OP (2007). La contribución de los cultivos múltiples a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en Entre Ríos, p. 139-148, In O. P. Caviglia, et al., eds. *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. Ediciones INTA, Buenos Aires. Coombs C, JD Lauzon, B Deen, LL Van Eerd (2017). Legume cover crop management on nitrogen dynamics and yield in grain corn systems. *Field Crops Research*, 201: 75–85.
- Chamorro A, LN Tamagno & SJ Sarandón (2017). Mezcla de cultivares de colza canola como una alternativa ecológica para mejorar el uso de los recursos en un sistema de producción extensivo de clima templado. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 12 (1). Disponible en: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/13187>. Último acceso: Julio de 2019
- Ciocchini F, A Carbone & SJ Sarandón (2015) Policultivo de amaranto con leguminosas, una alternativa de manejo agroecológico de malezas para agricultores familiares de la provincia de Buenos Aires. V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56247/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Último acceso: Agosto 2019
- De Schutter O (2010) Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. UN General Assembly. Human Rights Council. Sixteenth Session, Agenda item 3 A/HRC/ 16/49
- Díaz MG, W Kootel, R López, OP Caviglia, H Peltzer, & E Blanzaco (2008) Evaluación de diferentes proporciones de maíz-soja en intercultivo en surcos. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/20214_080915_eva1.htm Último acceso: Mayo de 2018
- Durr PA & J Rangel (2002) Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agroforestry Systems* 54: 99–102
- Duval M, JE Capurro, JA Galantini & JM Andriani (2015) Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo CIENC SUELO (ARGENTINA)* 33(2): 247-261.
- Espinoza-Domínguez W, L Krishnamurthy, A Vázquez-Alarcón & A Torres-Rivera (2012) Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México* Vol 18 (1): 57-70
- Fiedler AK & DA Landis (2007) Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. *Environ Entomol* 36(4):751-65.

- Francis CA & MD Clegg (1990) Crop rotations in sustainable production systems. In CA Edwards et al (ed.) Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conserv. Soc. Ankeny, IA: p. 107–122.
- Geisler G (1980) Pflanzenbau - Ein Lehrbuch –Biologische Grundlagen und Techniken der Pflanzen Produktion. Hamburg, Berlin. 474 pp.
- Giaccio G (2013) La Agroecología y su aporte a la conservación de los recursos naturales. INTA- Ministerio de Asuntos Agrarios (Chacra Experimental de Barrow). Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/63-agroecologia.pdf>. Último acceso: diciembre de 2013.
- Giayetto FE, FD Guisasola, FD Morla, GR Balboa & GP Espósito. Intercultivos en franjas de maíz y soja. Efecto de la radiación interceptada. Quinto Congreso de la Soja Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2011. Rosario. Disponible en : https://www.produccionvegetalunrc.org/images/fotos/596_TC21%20Intercultivos.pdf. Último acceso septiembre de 2019
- Gliessman SR (2001) Agroecología: Procesos ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre : UFRGS. 359p.
- Harper JL (1964) The nature and consequence of interference amongst plants. In: Genetics today. Proceedings of the XI International Congress of Genetics (1964) 2:465-482. Pergamon Press, N.Y.
- Harvey C, C Villanueva, J Villacís, M Chacón, D Muñoz, M López, M Ibrahim, R Gomez, R Taylor, J Martínez, A Navas, J Sáenz, D Sánchez, A Medina, S Vilchez, B Hernández, A Pérez, F Ruiz, F López, I Lang, S Kunth & FL Sinclair (2003) Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. Agroforestería en las Américas 10(39-40): 30-39
- Harvey CA, C Villanueva, V Villacís, M Chacón, D Muñoz, M López; M Ibrahim, R Gomez, R Taylor, J Martínez, A Navas, J Sáenz, D Sánchez, A Medina, S Vilchez, B Hernández, A Pérez, F Ruiz, F López & I Lang (2005). Contribution of live fences to theecological integrity of agricultural landscapes in Central America. Agriculture, Ecosystems and Environment 111:200-230.
- Iermanó MJ, SJ Sarandón, LN Tamagno & A Maggio (2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense.1Rev. Fac. Agron. Vol 114 (Núm. Esp. 1): 1-14
- INTA informa (2011) Los suelos producen cinco veces más con rotación de cultivos. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=6671>. Último acceso: febrero de 2014.
- Klein AM, I Seteffan-Dewenter & T Tschamtkke (2002) Predator–prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. Biodiversity and Conservation 11: 683–693, 2002.
- Klein AM, B Vaissière, J Cane, I Seteffan-Dewenter, S Cunningham, C Kremen & T Tschamtkke (2007) Proc. R. Soc. B 7. Vol 274 (160): 303-313.
- Lampkin N (1990) Rotation design for organic systems. En: Organic Farming. Pub., Farming Press Book, United Kingdom: 125-160.
- Lang I, LH Gormley, CA Harvey & FL Sinclair (2003) Composición de la comunidad de aves en cercas vivas del Río Frío, Costa Rica. Agroforestería Américas 10: 86-92
- Lattanzi A, J Arce, H Marelli & C Lorenzon (2006) Efecto de largo plazo de la siembra directa y de rotaciones de cultivos sobre los rendimientos, el carbono y nitrógeno orgánico, en un suelo

- Argiudol típico en Marcos Juárez. En: Aportes de la Ciencia y la Tecnología al Manejo Productivo y Sustentable de los Suelos del Cono Sur Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay. Díaz Rossello R & Catalina Rava (eds). IICA Montevideo: 39-56.
- León T (2010) Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción En: Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. León T y Altieri M. Eds: 53 - 77.
- León ST (2012) Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. 261 pp.
- Leguizamón ES & DV Verdelli (2011) Rendimientos de maíz y soja en sistemas de cultivos en franjas y monocultura: efectos de la orientación de la siembra. *Agriscientia*, XXVIII (2): 147-156
- Liebman M & E Dyck (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological*.
- Malézieux E, Y Crozat, C Dupraz, M Laurans, D Makowski, H Ozier-Lafontaine, B Rapidel, S De Tourdonnet & M Valentin-Morison (2008) Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy Sustainable Development*. www.agronomyjournal.org. pp: 1-20.
- Monzón, JO, TJ Carrozza, P Calviño & FH Andrade (2005) Efectos del intercultivo en franjas de maíz y soja sobre el rendimiento. *Actas VIII Congreso Nacional de Maíz, AIANBA*. Rosario, Nov. 2005. Pág. 64-66
- Moonen C & P Bàrberi (2008) Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 127: 7-21
- Nicholls C, MA Altieri & L Vázquez (2015) Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas Agrícolas. *Agroecología* 10: 61-72
- Paleologos MF, CC Flores, SJ Sarandón, S Stupino & MM Bonicatto (2008) Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes seminaturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Brasileira de agroecología*, v. 3, n. 1, p. 28-40
- Paleologos MF, P Pereyra, SJ Sarandón & AC Cicchino. El rol de los ambientes semi-naturales en la abundancia y diversidad de coleópteros edáficos en los viñedos de la Costa de Berisso, Argentina *Revista Facultad Agronomía. La Plata*, 2015. Volúmen 114 (Núm. Esp.1) *Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio*: 74-84
- Permingeat H (2017) Los cultivos de “servicio” en la agricultura actual. Disponible en: <http://www.aapresid.org.ar/blog/los-cultivos-de-servicio-en-la-agricultura-actual/>. Ultimo acceso: Julio 2019
- Rao MR, PK Nair & CK Ong (1998) Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3-50.
- Riccioni E (2017) Consociación de girasol con leguminosas forrajeras: evaluación de la productividad, el uso de recurso luz a través del índice de área foliar y la variación del contenido de nitrógeno en los diferentes componentes del sistema. Trabajo final de carrera para acceder al título de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63167>. Ultimo acceso: Julio de 2019
- Sampietro D (2013) Aleopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Disponible en: <http://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q>

[=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=OCF0QFjAK&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fpersonal%2Fftcarmona%2Ffiles%2F2010%2F08%2FSampietro-.doc&ei=uXz6Up6SLunJsQSV6oHgAw&usq=AFQjCNEK5JbjVfh_mU8MYm2yxHKVqCWohQ&bvm=bv.61190604.d.cWc](http://www.uv.mx/personal/ftcarmona/files/2010/08/Sampietro-.doc&ei=uXz6Up6SLunJsQSV6oHgAw&usq=AFQjCNEK5JbjVfh_mU8MYm2yxHKVqCWohQ&bvm=bv.61190604.d.cWc). Ultimo acceso: diciembre de 2013.

- Sarandón SJ & J Labrador Moreno (2002) El uso de policultivos en un agricultura sustentable. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Cap 10: 189-222.
- Sarandón SJ & A Chamorro (2003) Los policultivos en los sistemas de producción de granos. En "Producción de Cultivos de Granos: Bases funcionales para su manejo" Emilio H. Satorre; Roberto L. Benech Arnold; Gustavo A. Slafer; Elba B. de la Fuente; Daniel J. Miralles; María E. Otegui y Roxana Savin (Editores) Editorial Facultad de Agronomía, UBA, sección III, capítulo 15: 353-372.
- Soriano Niebla JJ & J González Gutierrez (2012) Biodiversidad cultivada y producción ecológica en el año internacional de la Diversidad Biológica. Vida Rural 10/2010 Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/257411043 Biodiversidad cultivada y produccion ecologica en el ao internacional de la Diversidad Biologica](http://www.researchgate.net/publication/257411043_Biodiversidad_cultivada_y_produccion_ecologica_en_el_ao_internacional_de_la_Diversidad_Biologica). Ultimo acceso: febrero 2014
- Sustainable Agriculture Network (1998) Managing cover crops profitably. Second edition. Handbook Series Book 3. Beltsville, MD, Estados Unidos de América. 212pp.
- Tamagno LN, GE Sánchez Vallduví & V Colman (2013) Consociación de lino oleaginoso con diferentes leguminosas forrajeras. Rol en la sustentabilidad de los sistemas productivos extensivos de Argentina. Cadernos de Agroecologia 8 (2). Disponible en: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13792> Ultimo acceso en: julio de 2019.
- Tobar D, M Imbrahim & F Casasola (2007) Diversidad de mariposas diurnas en un paisaje agropecuario en la región Pacífica Central de Costa Rica. Agroforestería Américas 45: 58-65.
- Vandermeer J (1989) The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge, New York, 237 pp.
- Vandermeer J & I Perfecto (1995) Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction. Food First Books, Oakland, 185 pp
- West TD & DR Griffith (1992) Effect of strip-intercropping corn and soybean on yield and profit. Journal of Production Agriculture, 5:107-110.
- Wilson MF (2004) Loss and habitat connectivity hinders pair formation and juvenile dispersal of chucaco tapaculos in Chilean rainforest. Condor 106:166-171
- White CM, ST DuPont, M Hautau, D Hartman, DM Finney, B Bradley, BC La Chance & JP Kaye (2017). Managing the trade off between nitrogen supply and retention with cover crop mixtures. Agriculture, Ecosystems and Environment, 237: 121–133.
- Zamora F, JP Mogollón & JP Rodríguez (2005). Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. Multiciencias 5: 62–70.

CAPÍTULO 16

Limitantes para la conservación de la biodiversidad en agroecosistemas

María Luz Blandi

Introducción

En los capítulos anteriores se ha analizado la importancia de la biodiversidad en los agroecosistemas y su rol ecológico en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Sin embargo, es necesario que esta información sea visibilizada, discutida, apropiada e hibridada con los conocimientos de los sujetos que gestionan recursos naturales y planifican agroecosistemas, en general, las agricultoras y los agricultores. Para que ello suceda, se deben identificar y comprender los factores que influyen en sus decisiones productivas. El comportamiento humano no suele formar parte de los estudios ecológicos y; sin embargo, es clave para hacer llegar a las agricultoras y los agricultores la información generada y que, luego de un proceso de discusión, la puedan incorporar. En este sentido, se podría generar mucha información valiosa, por ejemplo, sobre la importancia de la agrobiodiversidad, pero si no se comprenden los factores de las agricultoras y los agricultores que influyen en sus prácticas agrícolas, es probable que esa información finalmente no se aplique. Por lo tanto, en el presente capítulo se utilizarán conceptos y metodologías de las ciencias del comportamiento para identificar las limitantes con que cuentan las agricultoras y los agricultores para conservar y/o aumentar la agrobiodiversidad y así poder diseñar estrategias para su uso sustentable.

Actualmente, la academia ha encontrado que la correcta utilización de la agrobiodiversidad, podría solucionar gran parte de los problemas que el actual modelo agropecuario genera, como la disminución de la biodiversidad, la dependencia de pesticidas y el daño que estos causan en los seres vivos y en los recursos naturales. Esto ocurre porque la agrobiodiversidad influye en procesos ecológicos, como la regulación biótica, que hace que no se necesite la gran cantidad de pesticidas, caros y peligrosos, que se utilizan para controlar las plagas. Recientemente, en el mundo académico, se ha comenzado a dar importancia y estudiar los pueblos ancestrales, originarios, campesinos y familiares porque su forma de producción presenta varias ventajas en relación a objetivos complejos, como la sustentabilidad o la conservación de los recursos naturales, en comparación con agricultores más tecnificados. Esto se debe a que basan sus estrategias de manejo en una alta agrobiodiversidad. A pesar de estos estudios, la mayoría de las agricultoras y los agricultores no realizan prácticas de

manejo que conserven y/o aumenten la agrobiodiversidad. Es decir que, un instrumento que se encuentra prácticamente en todos lados y gratuito con el que pueden contar cualquier agricultor y agricultora, y con el que podrían ahorrarse mucho dinero, en la práctica, no se ha valorizado o utilizado de una forma más masiva. Evidentemente, existen en muchas agricultoras y agricultores algunas limitantes para incorporar, conservar y/o aumentar la agrobiodiversidad. Los impedimentos para esto pueden ser los mismos que aparecen cuando se quiere incorporar algún cambio o innovación. La incorporación de novedades tropieza con estructuras contextuales, como por ejemplo el asesoramiento técnico, las políticas públicas, los mercados, o con cuestiones propias de los individuos, como pueden ser la vergüenza de realizar un manejo diferente de los cultivos, la falta de conocimiento, o lo que piensen otros agricultores. Cuando esas variables juegan en contra de la conservación de la agrobiodiversidad, las denominamos limitantes. Poder entenderlas sirve como guía, para poder proponer estrategias adecuadas que remuevan los obstáculos encontrados. Por ejemplo, si una limitante fuera la preocupación por el qué dirán los otros agricultores, se podría llamar a un referente respetado por los propios agricultores que afirme que determinado manejo es el correcto. Esta información es esencial para que los tomadores de decisión de todos los niveles: nacionales, regionales y locales, puedan definir las estrategias a implementar. Se entiende que las limitantes no son fáciles de detectar y que, en general, son multicausales, por ello la importancia de efectuar este tipo de análisis.

Tipos de limitantes

Los mecanismos utilizados para tomar decisiones son complejos y multicausales y han sido analizados por algunas corrientes de pensamiento que los atribuyen a diferentes causas. En un extremo, los deterministas (u objetivistas) afirman que las acciones son condicionadas por las estructuras, y perciben a las personas como agentes pasivos, sin capacidad de reacción ante esos condicionantes externos. En el otro extremo, los conductistas (o subjetivistas) afirman que las personas son activas, y pueden tomar decisiones “racionales” libremente sin condicionantes externos (Curcoff, 2001). Dentro de esta escuela, se podría nombrar a Rogers (1962) con su famosa “teoría de la difusión de innovaciones”. Por su parte, Bourdieu (1988) afirma que ambas concepciones no son excluyentes y que, además, están relacionadas. Este autor postula que, aún en ámbitos donde la estructura y las reglas son sofocantes, hay espacios para la toma de decisiones. Por lo tanto, ambas deben ser consideradas.

En concordancia con Bourdieu, y centrándonos en sistemas agropecuarios, se entiende que las agricultoras y los agricultores son reflexivos, activos y toman decisiones, pero están situados y condicionados por las estructura, el espacio y el tiempo. Por ello, se asume que, en el proceso de toma de decisión sobre la conservación de la agrobiodiversidad, se ponen en juego factores individuales y factores contextuales. Los factores individuales contemplan variables propias de las agricultoras y los agricultores, y los contextuales aquellas variables del entorno que influyen en su toma de decisiones. Varios trabajos han identificado como factores individuales a objetivos, actitudes, conciencia ambiental, percepción de la contaminación, concepción de la agricultura y

motivaciones internas de los agricultores. En relación con los factores contextuales, se pueden citar los de tipo económico, científico-técnicos, políticos y sociales. A su vez, estos factores, individuales y contextuales, exigen un estudio localizado porque pueden influir de forma diferente según las particularidades de cada región.

Factores individuales

Los factores individuales son variables psicológicas de los individuos. En este apartado se hará referencia a la actitud y la autoeficacia.

Actitud

Se denomina actitud al conjunto de creencias y motivaciones que una persona posee (Ajzen & Fishbein, 1980) respecto de algo, en este caso, la agrobiodiversidad. Según estos autores, la actitud se compone del grado de importancia, es decir, cuánto nos importa algo, si mucho o poco, y del nivel de conocimiento que se tenga sobre ella, es decir, si la persona cuenta con mucho o poco conocimiento sobre el tema. En este sentido, cuanto más importe algo, más se cuidará. De la misma forma ocurre con los conocimientos; mientras más conocimientos tenga una persona acerca de su ambiente, mejor se comportará con el mismo.

En el caso de la agrobiodiversidad, y para poner en práctica estos conceptos, es fundamental detectar si para las agricultoras y los agricultores es importante conservar todos los elementos que la componen, como la diversidad cultivada, la que crece espontáneamente y la diversidad animal, y si conocen, o creen posibles, acciones que favorezcan la preservación de cada aspecto mencionado.

Si se llegaran a encontrar limitantes en este aspecto sería interesante que, agricultoras y agricultores con experiencia en el manejo de la agrobiodiversidad, pudieran intercambiar su experiencia con aquellas y aquellos que no la consideren importante, o que no cuenten con los conocimientos necesarios para su manejo adecuado.

Autoeficacia

Otro concepto importante es el de autoeficacia, que se define como la creencia que una persona tiene sobre su propia capacidad de realizar con éxito determinada actividad (Bandura, 1977).

Conocer la autoeficacia de las agricultoras y los agricultores es muy importante para entender las razones sobre la conservación de la agrobiodiversidad. Una autoeficacia alta indica no estar predispuesto a un cambio, ya que la persona está convencida de que las tareas que realiza, las desarrolla con éxito. Las personas con alta autoeficacia invierten más esfuerzo, son más persistentes y mantienen mayor compromiso con sus metas frente a las dificultades, que aquellos que tienen menor autoeficacia. Además, eligen desempeñar tareas más desafiantes, colocándose metas y objetivos más altos. Por el contrario, las agricultoras y los agricultores con autoeficacia baja son vulnerables, y están predispuestas y predispuestos al cambio, ya que un bajo sentido de autoeficacia está asociado con indecisión e inseguridad sobre las tareas que realizan. La

autoeficacia influye en cómo la gente siente, piensa y actúa. Las creencias de eficacia influyen en los pensamientos de las personas (autoestimulantes y autodesvalorizantes), en su grado de optimismo o pesimismo, en los cursos de acción que ellas eligen para lograr las metas que se plantean para sí mismas y en su compromiso con estas metas. Es así que es importante indagar si las agricultoras y los agricultores creen que tienen los conocimientos necesarios para la conservación de la agrobiodiversidad.

Es importante destacar que la actitud y la autoeficacia son conceptos complementarios. Por ejemplo, si un agricultor o una agricultora creen que es importante conservar la agrobiodiversidad y cuenta con conocimientos para ello (gran actitud), pero tiene baja autoeficacia, es probable que ante la propuesta de algún cambio accedan a modificar su forma de cultivar, y como consecuencia, dejen de conservar la agrobiodiversidad. En el caso de que contaran con una alta autoeficacia (poca predisposición al cambio por creer que lo que realizan lo hacen con éxito) pero en realidad no tuviesen conocimientos para conservar la agrobiodiversidad (baja actitud) también estarían perjudicando su conservación. La actitud y la autoeficacia deben analizarse juntas, ya que ofrecen información más fiable sobre el comportamiento que si se analizan por separado.

Una baja autoeficacia en agricultoras y agricultores que realizan un manejo adecuado de la agrobiodiversidad podría contrarestarse mediante una reivindicación y valorización del manejo y conocimientos que tienen, como lo ocurrido con agricultores del Cinturón Hortícola de La Plata, a quienes se les otorgó un certificado emitido por la municipalidad de "guardianes de la biodiversidad" por cultivar variedades locales.

Factores contextuales

El proceso productivo es un sistema complejo donde se entrelazan diferentes escalas (sistema productivo, comunidad, sociedad) y es afectado por factores externos al agricultor y la agricultora (de su contexto) como los sociales, económicos, políticos y técnicos (Guzmán *et al.*, 2013; Blandi *et al.*, 2018). Estos aspectos son considerados influyentes para la toma de decisión sobre el tipo de agricultura a realizar, y en consecuencia, sobre cómo se va a manejar la agrobiodiversidad.

En este apartado se hará referencia al asesoramiento técnico, al mercado, a las políticas públicas y a las creencias normativas.

Asesoramiento

La tecnología fomentada por los asesores (agrónomos, técnicos o empresas de venta de agroquímicos) tiene un impacto directo sobre los niveles de agrobiodiversidad.

Tradicionalmente, los profesionales de las Ciencias Agrarias (los agrónomos) han sido formados de acuerdo con un modelo agrícola productivista, basado en la máxima simplificación de los sistemas, en donde sólo se promueve el cultivo de interés económico y se basa en un uso creciente de agroquímicos, prácticamente eliminando la agrobiodiversidad de los agroecosistemas. Por lo tanto, no es

de extrañar que los técnicos reproduzcan, en la investigación y extensión, el mismo estilo de agricultura con el que fueron formados. Para lograr un cambio, se deberían proponer actividades relacionadas con la formación de todos aquellos que trabajen asesorando agricultoras y agricultores, ya sea a nivel de grado, posgrado, o con charlas, seminarios e instancias no formales de educación, en donde se trabaje sobre la conservación y manejo de la agrobiodiversidad.

Mercado

Las exigencias de calidad requeridas por los mercados impactan fuertemente sobre el estilo de agricultura, y, por ende, en la conservación de la agrobiodiversidad. En general, se pueden identificar dos tipos de mercados: a) los concentradores y b) las ferias de agricultores. Los primeros requieren una estandarización alimentaria, por ejemplo por tamaño, color o aspecto de las frutas y verduras, y pocas especies o variedades. Por lo tanto, el agricultor y la agricultora deben adecuar su estilo de producción para lograr estos objetivos y, así, poder insertar su producto en el mercado. Sin embargo, ese estilo de producción, en general, atenta contra la agrobiodiversidad, ya que requiere pocos cultivos y una gran cantidad de insumos químicos, como pesticidas y fungicidas. Por otro lado, las ferias de agricultores familiares posibilitan un acercamiento entre agricultores y consumidores, en donde estos últimos no son tan exigentes con la calidad visual y procuran variedades de productos. En general, los agricultores familiares también ofrecen bolsones o canastas domiciliarias, que son bolsas con varias especies hortícolas de estación, cosechadas recientemente y entregadas directamente en el domicilio de los consumidores. Esta forma de comercialización está en aumento por ser una manera práctica de recibir productos frescos y sanos a buen precio, ya que se eliminan los intermediarios de la cadena de comercialización.

Para favorecer la diversidad de cultivos se podrían crear mercados alternativos, e informar a la sociedad sobre la importancia de consumir los productos de estos mercados. Es importante resaltar que toda la sociedad debe estar informada y comprometida con la forma en que se cultivan los alimentos, porque no está separada de la naturaleza, es decir, realizar un consumo consciente (Ver capítulo 17 sobre nutrición). Todos dependen directa, o indirectamente, de los beneficios que la agrobiodiversidad ofrece, ya sea por la variedad de oferta de alimentos, la purificación del agua y del aire o por el bienestar que ofrece estar en ambientes naturales, entre otros beneficios.

Políticas públicas

Las políticas impactan directamente sobre la conservación de la agrobiodiversidad. Ello se debe a que las instituciones nacionales, regionales y locales cuentan con una gran capacidad de actuación en los territorios, creando condiciones económicas, fiscales y de mercado, a través de regulaciones, estableciendo compensaciones y subvenciones, aplicando leyes, normas, entre otros. De esta manera, los tomadores de decisión cuentan con muchas herramientas para favorecer la conservación y aumento de la agrobiodiversidad de los agroecosistemas. Por ello, es importante que la sociedad ejerza presión para que los gobernantes activen algunas de ellas. Por ejemplo, gracias a la presión social, ya se han sentenciado fallos judiciales que prohíben las

fumigaciones cerca de pueblos y escuelas, como lo ocurrido en la provincia de Entre Ríos en Argentina, y hasta se ha logrado que en la provincia de Chubut se prohíba la utilización del glifosato. También, en la Provincia de Santa Fé se ha prohibido sembrar en las banquinas.

Creencias normativas

Se entiende por creencia normativa a las percepciones que las personas tienen en relación a lo que sus referentes significativos opinan, es decir, el “qué dirán los otros”. La opinión de ciertos grupos sociales es fundamental para algunos agricultores. Por ejemplo, si un agricultor considera que para otros no es importante cuidar la agrobiodiversidad, y el “qué dirán” es significativo para él, esa opinión estaría influyendo de forma negativa en la conservación de la agrobiodiversidad. Por el contrario, si un agricultor opina que para los otros es importante el cuidado de la agrobiodiversidad, y el “qué dirán” también es significativo para él, esa opinión influiría de forma positiva en la conservación del recurso. Si la opinión de otros pares no es considerada importante para el agricultor, no influiría en su comportamiento. Por ejemplo, los productores agropecuarios del Oeste de Chaco deciden si conservan o no en sus predios remanentes de bosque nativo principalmente teniendo en cuenta la opinión de sus pares (Mastrangelo, 2018). Por lo tanto, para superar este problema, se podrían proponer medidas para que aquellos agricultores que conservan el bosque nativo, tengan mejor reputación y mayor reconocimiento por sus pares.

Cómo identificar y sistematizar las limitantes

Como hemos visto, las limitantes son multicausales y es necesario conocerlas para poder tomar medidas al respecto. Una forma de evaluarlas es simplificando las numerosas variables descriptas en un conjunto de datos que puedan ser sistematizados. Para lograr eso, el uso de indicadores es apropiado, ya que ha sido utilizado con muy buenos resultados para evaluar aspectos complejos de la sustentabilidad. Se ha demostrado que esta metodología es útil para ordenar, evaluar y cuantificar información.

Además, para enriquecer el análisis de la información, su uso se puede complementar con otras metodologías de tipo cualitativas, para profundizar y comprender los resultados obtenidos. Minayo & Sanches (1993) consideran que es deseable en la investigación la utilización complementaria de metodologías cuantitativas y cualitativas; mientras que la primera trabaja con datos concretos, la segunda es adecuada para profundizar la complejidad de fenómenos y hechos. En el caso particular de las limitantes en la conservación de la agrobiodiversidad, la metodología de indicadores resulta útil para identificar las limitantes, y las metodologías cualitativas se utilizan para indagar sobre las causas de esas limitantes.

En el siguiente apartado ambas metodologías se desarrollarán y aplicarán en un estudio de caso.

Estudio de caso: Identificación de limitantes para la conservación de agrobiodiversidad de agricultores hortícolas platenses, Buenos Aires, Argentina

A pesar de que existe un consenso en varias instituciones sobre la necesidad de lograr modelos que mejoren la sustentabilidad, la toma de decisiones de las agricultoras y los agricultores no necesariamente va en esta dirección. Este es el caso de lo ocurrido con la incorporación del invernáculo en la región hortícola de La Plata, Argentina. Durante mucho tiempo en esta región se ha cultivado una gran diversidad de especies al aire libre y con bajas inversiones de capital. Pero, en las últimas décadas, gran parte de la producción cultivada al aire libre fue, y continúa siendo, reemplazada por el cultivo bajo invernáculo (Figura 16.1). Según Blandi *et al.* (2016) en esta región, los agricultores que cultivan bajo invernaderos realizan un manejo de sus fincas que disminuye la agrobiodiversidad en comparación con los agricultores que cultivan al aire libre. Esto se debe a que, bajo invernáculo, la agrobiodiversidad cultivada, y su diversidad espacial, son escasas (Figura 16.2), no realizan un adecuado esquema de rotaciones y no reproducen sus propias semillas. Además, tienen una escasa o nula relación entre el área cultivada y el área seminatural (Figura 16.3) y realizan un uso indiscriminado de pesticidas de gran toxicidad. Por el contrario, los agricultores que cultivan al aire libre, todavía realizan varias prácticas que conservan la agrobiodiversidad, como cultivar gran cantidad de especies (Figura 16.4), producir su propia semilla, hacer rotaciones de cultivos, contar con borduras de especies seminaturales (Figura 16.5) y utilizar pesticidas en menor cantidad que bajo invernáculo (Blandi *et al.*, 2016). Estos datos demuestran que, de continuar la incorporación del invernáculo en la horticultura platense, la agrobiodiversidad de la región irá en disminución. Por esta razón, es importante detectar cuáles son las limitantes que los agricultores tienen para conservar la agrobiodiversidad, de manera tal de proponer estrategias para revertir la situación. Se asume que los agricultores que cultivan bajo invernáculo tienen más limitantes para la conservación de la agrobiodiversidad que los agricultores que cultivan al aire libre.

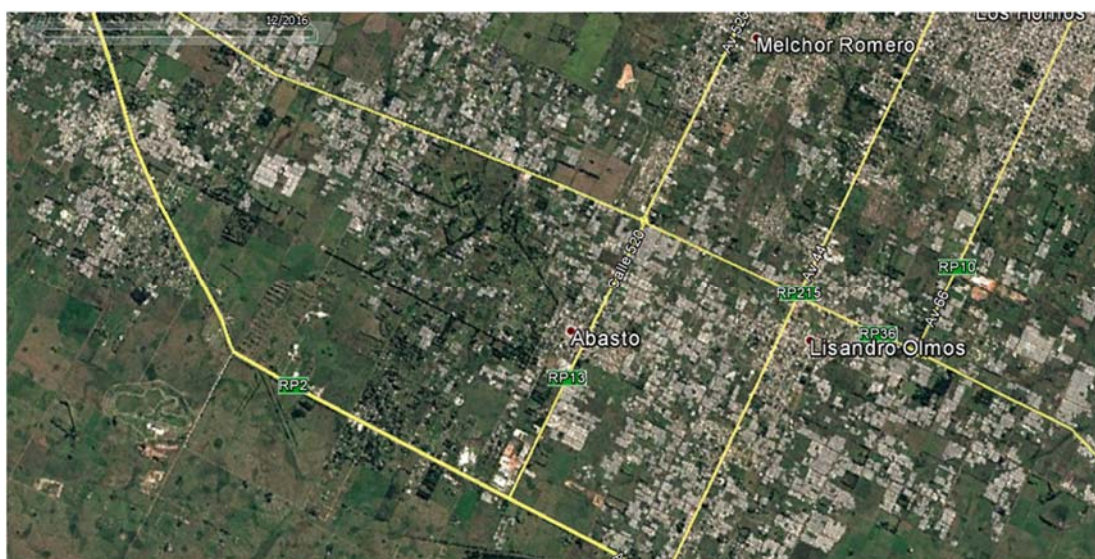


Figura 16.1. Imagen del Cinturón Hortícola Platense que muestra los invernáculos entre las localidades de Abasto, Olmos, Etcheverry y Arana. Fuente: Google.



Figura 16.2. Cultivo dentro de un invernáculo en una quinta del Cinturón Hortícola Platense. Foto de la autora.



Figura 16.3. Contorno de invernáculos de una quinta del Cinturón Hortícola Platense. Foto de la autora.



Figura 16.4. Diversidad de cultivos al aire libre en una quinta del Cinturón Hortícola Platense. Foto de la autora.



Figura 16.5. Bordura de cultivo al aire libre de una quinta del Cinturón Hortícola Platense. Foto de la autora.

Se entrevistaron durante 2 años 8 agricultores, 4 que cultivan bajo invernáculo y 4 que lo realizan al aire libre. Se confeccionaron entrevistas de tipo semiestructuradas, con el objetivo de relevar información para identificar las limitantes en la conservación de la agrobiodiversidad, y, entrevistas en profundidad para analizar las causas de esas limitantes.

Metodología de indicadores

Como se mencionó anteriormente, una forma de identificar las limitantes es a través de la construcción de indicadores, ya que permite ordenar y cuantificar una gran cantidad de factores y traducirlos en variables que se pueden medir. Para su aplicación, se partió de la definición de las limitantes individuales y contextuales de los agricultores. Se consideraron dos dimensiones de análisis: “factores internos” y “factores externos”. Para la primera dimensión se definieron 2 categorías: la actitud, y la autoeficacia. La actitud contó con dos descriptores: la importancia de las creencias y el conocimiento sustentable. La autoeficacia contó con 1 descriptor: los conocimientos percibidos.

Los “factores externos” contaron con 4 categorías: el asesoramiento técnico, el mercado, las políticas públicas (a través de los subsidios e incentivos) y la opinión de otros agricultores (o creencias normativas). Para cada categoría y descriptor, se definieron los siguientes indicadores. (Tablas 16.1 y 16.2).

Los indicadores se estandarizaron, mediante su transformación a una escala de 0 a 1, en donde un valor de 1 representaría que no hay limitaciones, y un valor de 0 representaría una grave limitante. Todos los valores, independientemente de su unidad original, se transformaron a esta escala. Esto permitió la integración de varios indicadores de distinta naturaleza, en otros más sintéticos o robustos. Para el análisis de los resultados y detección de los puntos críticos, se estableció previamente un valor umbral de 0,5 considerando que, por debajo del mismo, el aspecto determinado es una limitante. Los resultados se representaron gráficamente mediante el diagrama tipo tela de araña.

Tabla 16.1. Indicadores que evalúan los factores internos que impiden la conservación de la agrobiodiversidad en agricultores del Cinturón Hortícola Platense.

Categoría	Descriptor	Indicador	Escala
Actitud	Importancia Creencias	Proteger la agrobiodiversidad	(1): El agricultor reconoce la importancia de las especies vegetales que cultiva, las que crecen espontáneas y los insectos en general; (0,75): El agricultor reconoce la importancia de conservar 3 de las opciones mencionadas anteriormente pero alguna incompletas; (0,50): El agricultor cree que es importante conservar 2 de las opciones mencionadas anteriormente; (0,25): El agricultor cree que es importante conservar 1 de las opciones mencionadas anteriormente; (0): El agricultor cree que no es importante conservar las opciones mencionadas anteriormente
	Conocimiento sustentable*	Proteger la agrobiodiversidad	(1): Mayor a 4,5; (0,75): Mayor que 3 y menos a 4,5; (0,50): Mayor a 1,5 y menor que 3; (0,25): Mayor a 0 y menor a 1,5; (0):0
Autoeficacia	Conocimiento percibido	Proteger la agrobiodiversidad	(1): El agricultor cree que tiene mucho conocimiento para conservar la agrobiodiversidad; (0,75): El agricultor cree que tiene conocimiento para conservar la agrobiodiversidad; (0,50): El agricultor cree que tiene medianamente conocimiento para conservar la agrobiodiversidad; (0,25): El agricultor cree que tiene poco conocimiento para conservar la agrobiodiversidad; (0): El agricultor cree que no tiene conocimiento para conservar la agrobiodiversidad

* Para armar la escala de este indicador se construyó un índice. A cada acción considerada que aporta a la conservación de la agrobiodiversidad de la finca se le otorgó un valor de 1. En el caso de acciones que incluyeron la no utilización de agroquímicos, se ponderó con un valor de 2 por considerarse un aspecto muy importante. Las acciones cuestionadas fueron: cultivar variedad de especies, realizar rotaciones, realizar asociaciones (franjas o surcos de cultivos), no eliminar la vegetación circundante al cultivo, no aplicar pesticidas.

Metodología cualitativa

Para analizar y comparar conocimientos y percepciones de los diferentes grupos de agricultores se utilizó la entrevista en profundidad, realizada luego de la entrevista semiestructurada. Para utilizar esta técnica, se realizó un guión de entrevista con los temas a tratar por el entrevistador. En ningún caso hubo preguntas cerradas o con opciones de respuesta para elegir. Luego, las mismas fueron desgrabadas en su totalidad. Para su análisis, se siguieron los lineamientos de Minayo (2012) y Miles *et al.* (2013). Se realizaron varias lecturas de las transcripciones, con el objetivo de delimitar fragmentos textuales según categorías. Luego, el análisis e interpretación se centraron en el material discursivo acumulado en cada categoría y se organizaron de una forma argumental y narrativa.

Tabla 16.2. Indicadores que evalúan los factores externos que impiden la conservación de la agrobiodiversidad en agricultores del Cinturón Hortícola Platense.

Descriptor	Indicador	Escala
Técnico	Incentiva la conservación de la agrobiodiversidad*	(1): El/los técnico/s que conoce siempre le da consejos para conservar la agrobiodiversidad; (0,75): El agricultor cuenta con dos técnicos de opiniones diferentes, pero prevalecen los consejos del que conserva la agrobiodiversidad; (0,50): El agricultor cuenta con dos técnicos de opiniones diferentes, uno conserva la agrobiodiversidad, y el otro no; (0,25): Prevalece la opinión del técnico que no conserva la agrobiodiversidad; (0): El agricultor cuenta con un técnico que conserva la agrobiodiversidad.
Mercado	Incentiva la conservación de la agrobiodiversidad*	(1): El mercado incentiva la producción de alimentos que conserva la agrobiodiversidad; (0,75): La mayoría de los mercados en donde vende el productor busca alimentos que su forma de producción conserva la agrobiodiversidad; (0,50): El agricultor vende en varios mercados, la mitad incentiva la producción de alimentos que conserva la agrobiodiversidad y la otra no; (0,25): El agricultor vende en varios mercados, la mayoría no incentiva la producción de alimentos que conserva la agrobiodiversidad; (0): Todos los mercados donde vende el productor no incentivan la producción de alimentos que conserva la agrobiodiversidad.
Política	Incentiva la conservación de la agrobiodiversidad*	(1): Hay subsidios o incentivos y no necesita; (0,75): Hay subsidios o incentivos y necesita; (0,50): Hay pocos subsidios o incentivos, solo para situaciones específicas; (0,25): No hay subsidios o incentivos y no necesita; (0): No hay subsidios o incentivos y necesita
Creencias normativas	Incentiva la conservación de la agrobiodiversidad	(1): El agricultor cree que, para los otros agricultores, es importante conservar la agrobiodiversidad; (0,75): El agricultor cree que, para la mayoría de los otros agricultores es importante conservar la agrobiodiversidad; (0,50): El agricultor cree que, para la mitad de los agricultores es importante conservar la agrobiodiversidad; (0,25): El agricultor cree que, para pocos agricultores es importante conservar la agrobiodiversidad; (0): El agricultor cree que, para los otros agricultores, no es importante conservar la agrobiodiversidad.

*Prácticas de manejo que conservan la agrobiodiversidad: cultivar variedad de especies, realizar rotaciones, realizar asociaciones (franjas o surcos de cultivos), no eliminar la vegetación circundante al cultivo, no aplicar pesticidas.

Resultados

Identificando las limitantes (Análisis con indicadores)

Se confirma la existencia de limitantes en los 2 grupos de agricultores. En los que cultivan bajo invernáculo se encontraron numerosas limitantes, internas y externas, mientras que en los agricultores que cultivan al aire libre se observaron menos limitantes, principalmente externas (Figura 16.6).

Los agricultores que cultivan bajo invernáculo no reconocieron la importancia de conservar los aspectos de la agrobiodiversidad indagados, como la diversidad cultivada, la espontánea y la diversidad animal. Además, identificaron pocas prácticas de manejo que conserven la agrobiodiversidad. Sin embargo, ellos manifestaron que creen contar con los conocimientos necesarios para ello, por lo tanto, son resistentes al cambio, estando convencidos que lo que hacen, lo hacen bien (autoeficacia alta combinada con un bajo conocimiento). Además, ninguno de los aspectos evaluados en los factores externos (asesoramiento, mercado, subsidios e incentivos y creencias normativas) incentivan la conservación de la agrobiodiversidad.

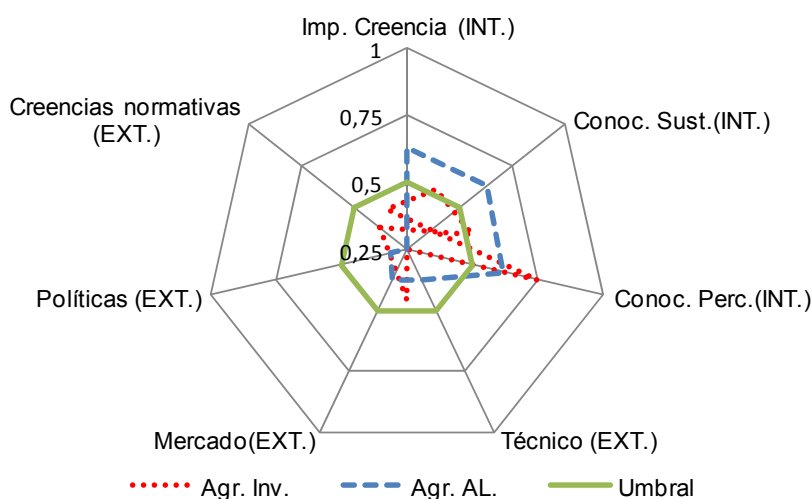


Figura 16.6. Representación gráfica de las limitantes internas y externas para la conservación de la agrobiodiversidad en diferentes grupos de agricultores que cultivan bajo invernáculo (Agr. Inv.) y al aire libre (Agr. AL.) en el Cinturón Hortícola Platense. INT: limitantes internas, EXT: limitantes externas.

Los agricultores que cultivan al aire libre consideran importante la conservación de la agrobiodiversidad e identificaron varias prácticas de manejo que la conservan. Además, afirmaron que cuentan con los conocimientos para conservar la agrobiodiversidad. Dentro de los factores externos se encontró que los aspectos indagados (asesoramiento, mercado, subsidios e incentivos y creencias normativas) no incentivan la conservación de la agrobiodiversidad.

Las dificultades identificadas hasta el momento son como una foto instantánea, una manera rápida de simplificar lo complejo y diagnosticar dónde están las barreras para la conservación de la agrobiodiversidad. Sin embargo, estos resultados se encuentran en función de la propia historia de los agricultores, de su historia productiva, sus intereses, ideologías;

y de los diferentes contextos socioeconómicos e históricos por los que transitaron. Es por ello, que se realizó un análisis más profundo, de tipo cualitativo, que permitió entender las razones que han llevado a esta situación.

Comprendiendo las limitantes (Análisis cualitativo)

Según Hang *et al.* (2013) los agricultores que cultivan bajo invernáculo en la región, tienen una predisposición a incorporar tecnología. Los datos encontrados complementan esa idea, ya que son varios los factores que juegan a favor de la incorporación del invernáculo, y por ende, para adoptar un estilo de agricultura que atenta contra la agrobiodiversidad. Estos agricultores creen que el suelo es un ente inerte y sin vida, por lo tanto, constantemente hay que agregarle todo lo que la planta precisa para generar el ambiente óptimo de rendimiento. Además, a pesar de que saben que ciertas prácticas no son beneficiosas para el medio ambiente y la conservación de la agrobiodiversidad, consideran que no hay otra manera de producir. Según Sabucedo Cameselle *et al.* (2003) esta visión antropocéntrica de la naturaleza (en relación a que la misma tiene valor sólo en la medida en que pueden satisfacer las necesidades humanas) derivó en una explotación masiva de los recursos. Sienten una alta seguridad en relación a su forma de cultivar (autoeficacia alta), ya que se encuentran respaldados por asesores privados. Para estos agricultores, el “yo puedo” fue reemplazado por “el ingeniero sabe”. Además, sienten que ya es imposible adoptar alguna técnica “antigua” “¿quién quiere volver para atrás?...”. La importancia de esta frase radica en que pareciera que estamos en constante evolución y siempre hacia algo mejor, validado y respaldado por la ciencia. Este tipo de pensamiento, considerado válido y poco cuestionado, es subjetivo, porque lo que determina si algo es mejor o peor es el punto de vista desde donde se mire. En ese sentido la ciencia, en su mayor parte, utiliza saberes occidentales propios de la modernidad, que están basados en maximizar resultados, reducir costos y conseguir una continua acumulación de capital (Gudynas & Acosta, 2011; Porto Goncalves, 2012), considerada como una “ciencia utilitaria” por tener objetivos fuertemente comerciales (Vogt, 2006). Por lo tanto, mientras que, para esta mirada, ciertas cuestiones se consideran mejores, pueden no serlo si se miran desde otras filosofías o racionalidades. Por ejemplo, la visión del Buen Vivir (*Suma Kawsay* o *Suma Qamaña*) es un conjunto de ideas que surgieron en Latinoamérica como reacción y alternativa a los conceptos convencionales de desarrollo. Si bien todavía se encuentra en construcción, se pueden identificar varios lineamientos, tales como cuestionar: las bases conceptuales de desarrollo; el apego al crecimiento económico; la racionalidad económica; el bienestar basado en la posesión de materiales; la visión de que los países latinoamericanos “subdesarrollados” deben transitar el mismo camino de las economías industrializadas; la visión antropocéntrica; la no valoración de la naturaleza y la pérdida de aspectos afectivos (Gudynas, 2011). Como bases conceptuales, el Buen Vivir cuenta con múltiples ontologías Latinoamericanas que tienen en común: los saberes indígenas, la incorporación de la naturaleza como un ser con derechos, la descolonización de saberes (abandonando el objetivo de dominar todo lo que rodea) y las comunidades ampliadas (término que se refiere a incorporar lo no humano), entre otros (Gudynas, 2011).

Por último, en relación a los sentimientos (componente afectivo) de estos agricultores, prevalecen sólo los relacionados al beneficio económico: la satisfacción, en el caso de una alta ganancia, o una gran inconformidad en caso de no lograrla.

En el caso de los agricultores que cultivan al aire libre, las variables internas que juegan a favor de cultivar y conservar la agrobiodiversidad, serían sus conocimientos y creencias, la autoeficacia y el componente afectivo. En relación al tipo de agricultura que realizan, a través de sus creencias y conocimientos, si bien han incorporado “innovaciones tecnológicas” como los agroquímicos, semillas híbridas y fertilizantes químicos, resaltan la importancia de ciertos elementos. El sol, el descanso de la tierra y la presencia de lombrices son elementos fundamentales para lograr la sustentabilidad de los sistemas, y así conservar la agrobiodiversidad. Es interesante remarcar que cuentan con mucha experiencia en la actividad, llegando a ser la tercera generación de horticultores en la familia. Cultivan así porque creen que lo que hacen está bien (alta autoeficacia); fue hecho así por generaciones y con buenos resultados. Estas percepciones concuerdan con Benencia *et al.* (2009), quienes resaltan la gran experiencia de manejo de estos agricultores y que pueden producir hortalizas con buena aceptación en el mercado. Ellos cuentan con una fuerte identidad, satisfacción y orgullo de ser agricultores por generaciones, muchas veces priorizando la satisfacción que le genera la actividad, independientemente del beneficio económico obtenido (componente afectivo positivo). Por ello, sería interesante promover este tipo de características, ya que son fundamentales para la conservación de la agrobiodiversidad. Estos datos concuerdan con los de Dessein & Nevens (2007) quienes analizaron la importancia del orgullo de ser agricultor y su relación con la identidad. Según Hang *et al.* (2013) este grupo de agricultores tiene una predisposición a no asumir riesgos en relación a los paquetes tecnológicos. En esta investigación, se encontró que esa es sólo una de las razones. Tanto sus conocimientos y creencias, la autoeficacia y el componente afectivo tienen gran importancia a la hora de decidir no incorporar la tecnología del invernáculo.

Conclusiones

La agricultura es la actividad humana que más atenta contra la agrobiodiversidad. Sin embargo, en ella se encuentra la llave que puede solucionar gran parte de los problemas de la agricultura actual. Para alcanzar dicho propósito es necesario identificar y comprender las limitantes de los agricultores en relación a la conservación de la agrobiodiversidad. Se entiende que son muchos los factores que influyen en la toma de decisiones, por ello, la importancia de su correcta identificación. De esta manera, se puede marcar el rumbo hacia un futuro más sustentable, proponiendo soluciones específicas para remover las limitantes encontradas. Con el estudio de caso se demuestra que los agricultores que cultivan bajo invernáculo cuentan con varias limitantes para la conservación de la agrobiodiversidad, muchas de ellas relacionadas con “el discurso de la modernidad”. Pero también se demuestra que hay otro tipo de agricultores que

cuentan con varias razones para conservar la agrobiodiversidad y que aportan al logro de una agricultura sustentable en su más amplio sentido.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Qué se entiende por limitante en la conservación de la agrobiodiversidad?*
2. *¿Por qué es importante identificar las limitantes para una agricultura sustentable?*
3. *¿Cuáles son las diferencias entre los enfoques conductista y estructuralista? ¿Cuál es más útil?*
4. *¿Cuáles son los factores individuales y contextuales?*
5. *¿Es aconsejable analizar las actitudes y la autoeficacia por separado?*
6. *¿Cuál de los factores contextuales es el que tiene el mayor impacto directo en la conservación de la agrobiodiversidad? ¿Cómo se podría potenciar este factor?*
7. *¿Cómo impacta el mercado en la conservación de la agrobiodiversidad? ¿Por qué la sociedad debería estar comprometida con este tema?*
8. *¿Cuándo es conveniente utilizar metodologías cuantitativas y cualitativas en el estudio de la agrobiodiversidad?*
9. *¿Qué ha ocurrido con la incorporación del invernáculo en el cinturón hortícola platense?*
10. *¿Qué grupo de agricultores contó con mayores limitantes para la conservación de la agrobiodiversidad? ¿Por qué?*
11. *¿Cuál es la diferencia entre los saberes occidentales y los del buen vivir?*
12. *¿Qué se desprende del análisis cualitativo de las entrevistas?*

Referencias

- Azjen I & M Fishbein (1980) Understanding attitudes and predicting social behavior. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Bandura A (1977) Self-Efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84 (2): 191-215.
- Bandura A (1997) Self-efficacy: The exercise of control. Freeman, New York.
- Benencia R, G Quaranta & J Souza Casadinho (2009) Cinturón hortícola de la ciudad de Buenos aires. Cambios sociales y productivos. Ediciones ciccus. Buenos Aires.
- Blandi ML, MS Cavalcante, NA Gargoloff & SJ Sarandón (2016) Prácticas, conocimientos y percepciones que dificultan la conservación de la agrobiodiversidad. El caso del cinturón hortícola platense, Argentina. Cuadernos de Desarrollo Rural, 13(78).
- Blandi ML, RM Rigotto & SJ Sarandón (2018) Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores

- platenses. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*, 50(1): 203-216.
- Bourdieu P (1988) "Espacio social y poder simbólico", en: *Cosas Dichas* (127-142), Gedisa, Buenos Aires.
- Corcuff P (2001) *As Novas Sociologias: construções da realidade social*. Edusc, São Paulo.
- Dessein J & F Nevens (2007) "I'm sad to be glad". An analysis of farmers' pride in Flanders. *Sociologia Ruralis*, 47(3): 273-292.
- Gudynas E (2011) Buen vivir: Germinando alternativas al desarrollo. *América Latina en movimiento ALAI*, 462: 1-20.
- Gudynas E & A Acosta (2011) La renovación de la crítica al desarrollo y el buen vivir como alternativa. *Utopía y praxis latinoamericana*, 16(53).
- Hang G, ML Bravo, G Ferraris, G Larrañaga, C Seibane, C Kebat, M Otaño & V Blanco (2013) Modalidades de trabajo y tenencia de la tierra en Sistemas Hortícolas Platenses. República Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata*, 112(2): 131-141.
- Miles MB, AM Huberman & J Saldana (2013) *Qualitative data analysis*. Sage. 381pp.
- Minayo MC (2012) Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3): 621-626.
- Minayo MC & O Sanches (1993) Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? *Cad. Saúde Públ. Rio de Janeiro*, 9(3): 239-262.
- Porto Goncalves CW (2012) A ecologia política na América latina: reapropiação social da natureza e reinvenção dos territórios. *INTERthesis*, 9(1): 16-50.
- Rogers E (1962) *Diffusion of innovations*. The Free Press. 4º edición, Nueva York.
- Sabucedo Cameselle JM, JE Real Deus & R Garcia Mira (2003) Medio ambiente y comportamiento humano. En: *Reflexiones sobre el mediio ambiente* (419-439). Galicia JJ Casares Long Coordinador. Conselleria de medio ambiente centro de desenvolvimento sostible xunta de Galicia.
- Vogt C (2006) Ética e conhecimento. *Revista Eletrônica De Jornalismo Científico*, 84:3. Disponible en:<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=19>

CAPITULO 17

Nutrición y Biodiversidad

Marianela Zúñiga Escobar, Santiago J Sarandón

Introducción

Desconexión entre agricultura y alimentación: las consecuencias de un modelo

La relación entre la agricultura y la alimentación de los seres humanos pareciera ser algo inmutable y obvio. Sin embargo, esto no es así; la relación entre la agricultura y la alimentación ha cambiado sustancialmente a lo largo del tiempo. Es más, en un primer momento, en los orígenes de la historia de los seres humanos, la agricultura no era la manera de obtener alimentos, sino la caza y recolección. Algunos autores (Harlan, 1992), consideran a esta la edad dorada de la humanidad, donde el estado nutricional de la población era muy bueno, con alimentación diversa durante todo el año (estacional), variedad (frutos, semillas, bulbos, huevos, carnes varias, hojas, raíces, etc.) y calidad. Sólo en los últimos 10.000 años, (un segundo en la historia de la humanidad) la agricultura se transformó en la principal forma de obtención de alimentos para los seres humanos. Pero, la manera en que ambas actividades (alimentación y agricultura) se relacionaron no ha sido siempre la misma.

En los últimos años, sin duda, el modelo de producción de alimentos ha sido influenciado en forma notable por el paradigma productivista simplificador de la Revolución Verde, iniciado en los años 60 en América Latina. De la mano de estas ideas y de la “modernización”, se promovieron transformaciones significativas en la productividad agrícola mundial que se caracterizan, como lo hemos señalado anteriormente (Sarandón, 2014) en el cultivo en grandes extensiones de unas pocas especies y variedades “exitosas” de alto potencial de rendimiento, mediante el uso intensivo de energía (fósil) y agroquímicos. Como ya hemos señalado en este libro, existen miles de especies comestibles, pero el 90% de la demanda de energía del mundo está satisfecha por sólo 15 cultivos y aproximadamente dos tercios de nuestro consumo calórico es provisto por 3 cultivos: arroz, maíz y trigo (Gruber, 2017).

En este modelo el objetivo no era la calidad nutricional sino el rendimiento en kilos de producto y el hambre en el mundo fue encarado como un problema de producción, de rendimiento (Kg/ha) y no como lo que realmente es, un problema mucho más complejo de acceso equitativo y calidad

de los alimentos. Como resultado, el número de personas que padecen hambre se ha incrementado lentamente y más de 820 millones de personas en el mundo seguían padeciendo hambre en 2018, 2.000 millones carecen de acceso a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes, lo que incluye lo cual destaca el inmenso desafío que supone lograr el objetivo del hambre cero para 2030 (FAO, 2019).

Las políticas productivistas, que caracterizaron la institucionalidad en los países Latinoamericanos, se preocuparon poco por valorar quiénes producen el alimento, cómo es producido y dónde se produce. Se buscó la seguridad alimentaria como fin, fundamentado en el libre mercado. Esta forma de desarrollo se ha centrado en el comercio agrícola y en la producción industrial de alimentos, resaltando las propiedades individuales de los nutrientes como componentes propios o adicionados a productos comestibles.

La alimentación: una suma de procesos complejos

La visión fragmentada de la realidad impidió comprender la complejidad del desafío alimentario y entender la importancia de considerar la interrelación entre los pilares de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN): la disponibilidad, el acceso, el consumo y la utilización biológica de los alimentos. Su concepción como problemas separados, ha propiciado la generación de acciones o estrategias enfocadas en la agricultura que poco o nada tienen relación con el tema nutricional. En muchos casos, tanto las prácticas de consumo como los consumidores, son poco abordadas en estudios relativos a la agricultura y, cuando son contemplados, se consideran como punto final del proceso productivo (Portilho & Barbosa, 2016). Del mismo modo, las acciones que buscan mejorar los hábitos alimentarios, las prácticas y patrones de consumo o el estado nutricional de las personas, pocas veces toman en cuenta los temas congruentes con la producción agrícola.

La disponibilidad hace referencia a la calidad, variedad y cantidad de alimentos disponibles para el consumo humano. Está determinada, entre otros aspectos, por el acceso a tierras cultivables para la alimentación humana, el cual se ve comprometido con la producción de monocultivos para otros fines (de comercialización, alimentación animal o de biocombustibles) restando valor a la dimensión ética, sociocultural y ambiental de la seguridad alimentaria y nutricional.

Por otro lado, el problema empeora cuando tenemos en cuenta el acceso a los insumos necesarios para producir, como semillas, fertilizantes, asesoramiento, transferencia y facilidades de tecnología, crédito y capacitación dirigidas a la producción de alimentos económicamente rentables para los mercados, limitando formas de producción de menor escala y más sostenibles.

En cuanto al acceso a los alimentos, existe una paradoja entre la calidad de los alimentos, su precio, los ingresos y el poder adquisitivo de las familias para obtenerlos. Por un lado, se comercializan alimentos a precios accesibles, pero con pobre calidad nutricional, mientras que, los de mejor aporte nutritivo tienen un costo privativo para sectores de población vulnerable. Estas circunstancias se agravan cuando consideramos la poca regulación en la calidad de la oferta de alimentos y la masiva publicidad de productos industrializados, opacando las campañas

de educación alimentaria y nutricional dedicadas a orientar al consumidor hacia mejores elecciones de alimentos. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015), las ventas de productos ultra procesados en el mercado en América Latina, aumentaron considerablemente durante el periodo del 2005 al 2013, representado en mayor medida por las bebidas gaseosas (82,2%), las golosinas dulces y saladas tipo “snacks” (74,7%) y los cereales para el desayuno (66,7%), aumentando también la concentración de mercados destinados a dichos productos.

En las últimas décadas, se ha observado un cambio dramático en la forma en cómo las personas comen, beben y se mueven, situación que se enfrenta con la biología humana para definir la composición corporal (Popkin *et al.*, 2012). Estos autores destacan dichos ajustes relacionados con la sociedad moderna, haciendo referencia a ciertos eventos en los cuales la tecnología se enfrenta con nuestra biología, (Cuadro 17.1).

Cuadro 17.1: Desajustes entre la biología humana y la tecnología en la sociedad moderna (Adaptado de Popkin, 2008)

Biología	Tecnología
Preferencias por sabores dulces	Edulcorantes calóricos baratos como beneficio del procesamiento de alimentos.
Sed y saciedad como mecanismos no vinculados	Oferta masiva de bebidas calóricas con pobre valor nutricional
Preferencia por alimentos grasos	Producción y comercialización intensiva de aceites comestibles de bajo costo
Disminución de la actividad física	Existencia de aparatos tecnológicos (televisión, videojuegos, teléfonos celulares, medios de transporte y de traslado) que implican poco movimiento y esfuerzo.

La cadena de acontecimientos que determina la disponibilidad, el acceso y el consumo de alimentos, tiene repercusiones en la utilización biológica o aprovechamiento de nutrientes por el organismo, definiendo el estado nutricional de las personas. Los problemas de malnutrición y, en particular, la actual epidemia de la obesidad, aunque se trata de una enfermedad multifactorial, se deben, en gran parte, a los hábitos alimentarios. Los patrones de consumo han sufrido transiciones en detrimento del sabor local, de las preparaciones culinarias transmitidas de forma generacional, de la cultura y las tradiciones alimentarias de los pueblos y naciones.

Existen evidencias que sugieren un cambio en los actuales patrones alimentario-nutricionales en relación con los países llamados desarrollados y en desarrollo (Smith *et al.*, 2011). Este cambio responde a una tasa creciente de obesidad entre los pobres, la cual tiene implicaciones importantes en la distribución de desigualdades en salud. Así lo demuestran los estudios de Patetta *et al.*, (2019) en la población mexicana (uno de los países Latinoamericanos con mayor prevalencia de exceso de peso), evidenciando que las personas de bajos ingresos emergen como grupos de alto riesgo por la mala calidad de la dieta.

En el informe “El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo” publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO: Siglas en inglés) del 2019, pone de manifiesto que el hambre está aumentando en casi todas las subregiones de África y, en menor medida, en América Latina y Asia occidental. Sin embargo, paralelamente, también advierte sobre las tendencias al sobrepeso y la obesidad en la mayoría de los países del mundo, dando motivos de preocupación por el alza que alcanza en todas las regiones, especialmente entre niños en edad escolar y adultos; así como de la necesidad de mayores esfuerzos para detener esta creciente epidemia de la cual ninguna región está exenta (FAO, 2019).

La alimentación como parte de un sistema

Para promover sistemas alimentarios más saludables es necesario un abordaje desde los sistemas complejos, con enfoques sistémicos, en donde sea evidente una dinámica participación social y de forma intersectorial. Estas nuevas formas de abordaje implican un cambio de paradigmas que estimulen acciones para mejorar la situación de la seguridad alimentaria y nutricional de forma integral. De esta forma, en la integración interdisciplinar de ideologías y formas de llevarlas a la práctica, la biodiversidad y la nutrición establecen nexos ineludibles para favorecer una transformación hacia entornos más saludables.

En ese contexto, el concepto de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), muchas veces es ligado a la idea del agronegocio y separado del tema de la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, desconsiderando la biodiversidad. Esta situación ha dado paso al concepto de Soberanía alimentaria como un requisito vital de la SAN en el contexto de la globalización (Menezes, 2001). Así, según Burlandy *et al.* (2006) la soberanía alimentaria es uno de los referentes inseparables de la SAN, junto con el Derecho Humano a la Alimentación Adecuada (DHAA) y la promoción del desarrollo. La soberanía alimentaria es definida como “...Un derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos de forma sostenible y ecológica y el derecho de decidir su propio sistema alimentario productivo” (Foro Mundial por la Soberanía Alimentaria, 2007).

Esos derechos están amenazados por la falta de lógica del “saber hacer”, de la importancia por el negocio a cambio de la subordinación agrícola, de la concentración y monopolio de los mercados de alimentos, de la exclusión social, del deterioro de condiciones laborales, ambientales y de salud, de la poca importancia por dar prioridad a temas sobre la conservación de la biodiversidad y con ello la salud del planeta y la salud de los seres vivos. Es en este sentido, que los movimientos sociales organizados como La Vía Campesina y el Movimiento de Trabajadores Rurales Sin Tierra (ST) entre otros, retomaron y adoptaron la agroecología, como un instrumento para lograr la soberanía alimentaria. Así, la agroecología se convertiría en una estrategia de desarrollo y soberanía alimentaria (Altieri & Nicholls, 2016).

Tanto la agroecología como la soberanía alimentaria constituyen un conjunto de ideas y prácticas que permiten cuestionar y superar la insostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, criticando el modelo dominante y sus consecuencias para la nutrición.

La agroecología y soberanía alimentaria marcan una pauta hacia la sostenibilidad, siendo un aporte esencial en la comprensión multidimensional del enfoque sistémico de la SAN. Esta multidimensionalidad permite considerar con igual importancia los aspectos sociales, culturales, políticos, nutricionales, económicos y ambientales en las estrategias que promueven sistemas alimentarios más sostenibles. Su reconocimiento es necesario ante la fragmentación que ha provocado la desconexión entre las prácticas de producción y de consumo de alimentos en los sistemas agroalimentarios. Una de las herramientas con que cuenta la agroecología para el diseño y manejo de los sistemas de producción de alimentos es la biodiversidad, que permite, por un lado, manejar sistemas resilientes y de menor demanda de insumos y, por el otro, lograr una producción de alta variedad y calidad nutritiva, adecuada a los saberes y gustos locales.

El objetivo de este capítulo es analizar la relación entre la biodiversidad y la nutrición bajo el enfoque de la agroecología.

La Biodiversidad en la salud alimentaria y nutricional

En diferentes capítulos de este libro hemos analizado la importancia de la agrobiodiversidad para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Altos niveles de biodiversidad funcional generan interacciones que se traducen en funciones ecológicas, percibidas por los seres humanos como importantes servicios a través de la sinergia entre los componentes. Pero, simultáneamente, esta sinergia que se logra a partir de la biodiversidad representa un gran potencial para la diversificación de la alimentación, contribuyendo a mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de las personas. La agrobiodiversidad podría ser considerada un determinante fundamental para una buena alimentación y nutrición porque permite crear interrelaciones entre la disponibilidad, el acceso, consumo y utilización biológica de los alimentos. Esto se debe a que repercute favorablemente en el medio ambiente, respondiendo a los desafíos actuales relacionados con la degradación y mal manejo de los bienes comunes, así como en los problemas relacionados con una dieta monótona y globalizada.

La biodiversidad provee varias funciones ecológicas, además de la producción de biomasa, algunas de las cuales no son fácilmente valoradas ni percibidas. Y por eso están en riesgo. Por ejemplo, los beneficios que proporcionan los bosques han sido considerados como esenciales para la salud y el bienestar humano y del planeta. Sin embargo, la expansión de la agricultura a expensas de la biodiversidad natural, avanza a un ritmo alarmante destruyendo los bosques o montes en nuestra región. Un ejemplo de ello es la expansión de la soja transgénica en muchas regiones del cono sur. Adicionalmente, la relación entre los bosques y la nutrición humana no es completamente entendida, aunque existe una vasta evidencia acerca del beneficio en la calidad de la dieta que proporciona el acceso a bosques naturales (Hall *et al.*, 2019).

Tanto el problema de pérdida de biodiversidad como el de inseguridad alimentaria y nutricional son de alcance global y no se pueden abordar de forma independiente, sobre todo en un mundo con recursos limitados en donde las estrategias utilizadas para abordar uno, necesariamente implica tomar decisiones que afectan al otro (Chapell & LaValle, 2009). La relación del ser humano con la biodiversidad debe mejorarse para comprender en toda su dimensión y sus diferentes valores (ver capítulo 1). La comprensión de estos nexos (ser humano- naturaleza), puede brindar aportes interesantes que estimulen iniciativas, acciones, políticas o estrategias para vincular la biodiversidad con la alimentación y nutrición.

Como respuesta a las problemáticas mencionadas, la sociobiodiversidad aborda justamente la articulación de la diversidad biológica con la diversidad cultural, la cual emerge como categoría política incorporada por la academia y constituida por la fricción entre los movimientos sociales y ambientalistas en el diálogo con las políticas públicas (Coelho-de-Souza *et al.*, 2018). De la misma forma, la Agroecología reconoce estos nexos entre la diversidad biológica y la diversidad cultural (ver capítulo 13). Una de las manifestaciones más claras de esto es la importancia que le otorga a la conservación e intercambio de semillas entre los agricultores y agricultoras (ver capítulo 5), base de la biodiversidad vegetal y fuertemente relacionado con las culturas, conocimientos, y demás aspectos socioculturales con los que están estrechamente relacionados, entre ellos las comidas típicas (Fig 17.1 y 17.2).



Fig 17.1. Intercambio de semillas en la Expointer, Porto Alegre- Brasil. Setiembre 2018: Foto: Marianela Zúñiga Escobar.



Fig 17.2. variedades de papas y comidas asociadas en una feria en Quito, Ecuador. Foto de Santiago Sarandón

Según Coelho-de-Souza *et al.* (2018), la perspectiva de la sociobiodiversidad, representa uno de los caminos para garantizar la soberanía alimentaria. Esto se debe a la importancia que le otorga a los procesos participativos, de gestión sustentable, a la valorización de saberes y formas de vivir de las comunidades tradicionales. Podría decirse que la sociobiodiversidad fomenta la idea de relación entre la biodiversidad alimentaria que existe en la naturaleza con la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

En algunos países megadiversos como es el caso de Brasil, se han desarrollado experiencias que buscan valorizar los productos de la sociobiodiversidad, como en el caso de la Cadena Solidaria de las Frutas Nativas (CSFN) que abarca los Campos de Cima da Serra en el Litoral Sur, Misiones y el Nordeste de Rio Grande del Sur (Figura 17.3). El objetivo de la CSFN es incentivar la implementación de un diseño de producción, procesamiento y distribución de alimentos, motivado por la conservación de la biodiversidad local, a partir del estímulo al surgimiento y el fortalecimiento de emprendimientos rurales y urbanos de economía solidaria (CETAP, 2015). Estas acciones, en contracorriente con la alimentación y regulación de los medios de producción convencional e industrial, buscan fortalecer la agricultura social, aproximando al consumidor con la realidad del campo, incrementando la permeabilidad del conocimiento y del saber hacer de los territorios, fomentando el ingreso local, la valorización cultural y el respeto de las identidades territoriales (Czermak *et al.*, 2018).



Fig. 17.3. Productos de la sociobiodiversidad elaborados a partir del Butiá (*Butia yatay*). Exposición en el II Encuentro Internacional de los Butiazales, Pelotas, RS- Brasil, 2018. Foto Marianela Zúñiga Escobar.

La Agroecología entiende también que debe emplearse otro abordaje, que se refiere al concepto holístico, sistémico e integrador del ser humano en la naturaleza. Esto es lo que se entiende por sistema socio-ecológico (SSE), que permite establecer interrelaciones entre dos sistemas principales, uno formado por los organismos y las relaciones establecidas entre sí y con el ambiente externo y, otro formado por el conjunto de conocimientos, prácticas y creencias que constituyen un grupo humano (Berkes & Folke, 1998). En este sentido, es importante avanzar en enfoques de integración, como es el caso de la etnobiología, la cual es considerada una disciplina fundamental para conservar la biodiversidad (Vivan, 2006; Ladio & Lozada, 2009).

Estos abordajes, enfoques o disciplinas son caminos para la valorización de la biodiversidad como un medio que permite asegurar la diversificación y producción sostenible de alimentos. De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) de 1992, la importancia de conservar la biodiversidad radica en beneficios para el desarrollo, según criterios de sostenibilidad y sustentabilidad. Del mismo modo, la Convención “de los Pueblos” sobre Soberanía Alimentaria (2004) reafirma el derecho de los pueblos y comunidades a la alimentación adecuada, inocua, nutritiva y culturalmente apropiada, así como el derecho al acceso de recursos productivos como la tierra, agua, semillas y biodiversidad para su uso sostenible. Desde este punto de vista, la biodiversidad representa un tema de discusión en el ámbito del derecho humano a una alimentación adecuada.

La biodiversidad constituye un determinante de la diversidad alimentaria, es una medida cualitativa del consumo de alimentos, refleja el acceso de los hogares a una variedad de alimentos, y también se constituye como indispensable para alcanzar una adecuación nutricional de la dieta

de las personas (Kennedy *et al.*, 2013). Sin embargo, no todos los grupos de población cuentan con una dieta de calidad y diversa. Así lo demuestra Gómez *et al.* (2019) en un estudio reciente realizado en ocho países latinoamericanos con muestras representativas en cada país, en donde encontraron una baja diversidad dietética. La preocupación principal no solo fue el consumo limitado de diversos grupos de alimentos, sino la baja frecuencia de consumo de grupos de alimentos ricos en micronutrientes, como es el caso de las frutas y verduras ricas en vitamina A, verduras de hoja verde oscuro, legumbres y nueces.

Los autores concluyen que el estado socioeconómico es un factor que determina la calidad y la diversidad de la dieta, siendo el grupo de bajos ingresos el que tiene la puntuación más baja tanto en el caso de la calidad como en el caso de la diversidad de la dieta (Gómez *et al.* 2019). Estos efectos relacionados con el desarrollo socioeconómico en los países y regiones, se ven reflejados también en el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles, como en el caso de la epidemia de la obesidad, que se ha desplazado hacia los pobres (Popkin *et al.*, 2004). Por tanto, además de insistir en que se requiere de un modelo de agricultura diferente basado en la diversificación, optimización de la biodiversidad y ecosistemas agrícolas sanos sustentados en formas de producción agroecológica, el problema persiste si no existen los medios para que las familias puedan acceder a los alimentos.

Diversificando la producción de alimentos

Aunque el diseño y manejo de sistemas de alta biodiversidad por parte de los y las agricultoras es un requisito necesario para lograr sistemas resilientes y económicamente viables, no necesariamente se traducirán en una diversidad en la producción de alimentos si no se establecen interrelaciones con su acceso, consumo y utilización biológica. Nadie puede vender lo que no es requerido o consumido. Ambos extremos, la producción y el consumo se necesitan e influyen mutuamente. Si los/as agricultores/as no venden un producto por falta de demanda, no lo siembran más. Al hablar de diversificar la producción alimentaria se debe corresponder con lo que representa este proceso en términos de diversidad de alimentos nutritivos.

Por otra parte, la existencia de alternativas que ofrecen una producción diversa de alimentos, no asegura que sean consumidas por las personas. Por esta razón, es necesario repensar los procesos de producción y consumo como simultáneos y no, como se ha visto en décadas anteriores, donde tanto el consumo como el consumidor, se consideran como parte final de la cadena. Es necesario entonces estimular la biodiversidad agrícola y también alimentario-nutricional. Si la producción de alimentos es vista sólo desde una dimensión económica, probablemente el único objetivo será su comercialización al mejor precio posible. En este caso, puede darse la paradoja de que una escasez, o un fracaso en los rendimientos en alguna zona productora con la que se compite, sea visto como una oportunidad de elevar el precio del producto local y, por lo tanto, como una buena noticia. Sin embargo, desde una visión integral, la finalidad de producir alimen-

tos debe ser vista de forma multidimensional, es decir, se produce un alimento al que las personas puedan acceder económica o físicamente, que sea culturalmente aceptado, inocuo, nutritivo y sin ocasionar una alteración negativa para el ambiente.

La necesidad de consumir una dieta diversificada requiere, además de incentivar y encaminar las acciones hacia una mayor diversidad en la producción, promover estrategias de educación alimentaria y nutricional desde nuevas perspectivas. Sin embargo, para lograr incidir favorablemente en el comportamiento de las personas como parte de sistemas alimentarios sostenibles, es necesario superar la idea de considerar a la nutrición como un aspecto meramente biológico. De acuerdo con autores como Macias *et al.*, (2009) esta es una limitación de muchas de las acciones dirigidas a mejorar la situación nutricional de la población. Los autores proponen desarrollar acciones desde la tridimensionalidad de la nutrición, por medio de la cual se pretende modificar su concepción al integrar los aspectos sociales, económicos y ecológicos que intervienen en esta.

Las estrategias deben ser capaces de fomentar el consumo de una dieta diversa y nutritiva reconociendo y valorizando el origen de los alimentos. Portilho & Barbosa (2016) argumentan que esa valorización permite pensar en la alimentación desde un sentido más amplio, que tiene que ver tanto con la dimensión biológica de la nutrición como con la sostenibilidad, relacionando así la salud del cuerpo con la salud del planeta.

El papel de la educación alimentaria y nutricional

Para el logro de sistemas alimentarios sostenibles, los seres humanos debemos cumplir con un rol más consciente sobre nuestra labor dentro del sistema y para eso, la educación alimentaria y nutricional desempeña un papel muy importante. La educación alimentaria y nutricional no se limita a dirigir acciones hacia los consumidores, sino que las estrategias deben contemplar a los diversos actores que tienen relación con los alimentos. De esta forma, se promueve una mayor conciencia en las personas sobre el papel que cumple o debe cumplir la alimentación durante su producción, distribución, comercialización y consumo. A la vez, se promueve una mayor conciencia en las personas que desarrollan acciones que inciden en los marcos normativos que influyen en los alimentos y en la alimentación; como es el caso de las personas encargadas de la formulación de políticas, las acciones estratégicas, de gestión técnica y operativa o de cooperación técnica.

El ampliar el foco de la educación alimentaria y nutricional constituye un desafío y, la convierte en un campo del conocimiento que requiere de diversas áreas articuladas para abarcar aspectos alimentario-nutricionales, agropecuarios, socioculturales, ambientales, antropológicos, político-económicos, educativos, entre otros. Esto se debe a que el abordaje del hecho alimentario debe contemplar los múltiples factores que abarca la alimentación y nutrición, sin limitarse al tema sobre la alimentación saludable. Desde el enfoque sistémico de la SAN es posible comprender la necesidad de una educación alimentaria y nutricional con esas características, es decir, que dé cuenta de su complejidad.

De acuerdo con Jáuregui-Lobera (2016), durante la educación alimentaria y nutricional no basta con dar información y adquirir conocimientos; sin técnicas de implicación, sin cambios de actitud y sin elementos motivacionales, no habrá cambio de conducta. Los autores recalcan el hecho de que casi todo lo que se ha intentado hasta ahora en los grupos más vulnerables, como los adolescentes y niños, ha resultado ser un fracaso. Esto se debe principalmente a que las personas logran aumentar su nivel de conocimiento, pero no se observan cambios de comportamiento. Para eso los abordajes teórico-metodológicos para desarrollar acciones se enmarcan en un discurso en torno a una educación alimentaria y nutricional “transformadora” y dialógica, asumiendo una perspectiva “problematizadora” estableciendo un compromiso con la sostenibilidad, respetando las culturas, valorizando la historia de la diversidad regional, al mismo tiempo que reconoce los saberes populares y fomenta la biodiversidad local (Santos, 2012).

En el tema de oferta y demanda de alimentos biodiversos, la educación alimentaria y nutricional es indispensable, tanto para quienes ofrecen estos alimentos como para quienes los demandan. Sin embargo, para que exista un proceso recíproco y ocurra un proceso de cambio de comportamiento de las personas, debe existir una buena comunicación que logre incidir en el cambio de actitud. Esa comunicación debe estar relacionada al contexto de los grupos generacionales que convivimos actualmente, porque cada uno de los grupos que nacen en determinada fecha, se han ido formando dentro de una sociedad, con sus propias vivencias influenciadas por el entorno y la coyuntura política, social, cultural y económica que viven (Sanabria *et al.*, 2017).

Por ejemplo, en algunos países europeos y de América Latina, los niños en edad preescolar y escolar reciben un pobre contenido de temas referentes a la biodiversidad, y la alimentación como parte del currículo escolar. En la Argentina se ha encontrado que la familiaridad de los estudiantes con las especies nativas es muy baja, particularmente con las especies en riesgo de conservación (Campos, 2012). Esto señala la importancia de desarrollar acciones en donde los niños se encuentren en escenarios que involucran el contacto directo con la biodiversidad. Esta es una forma efectiva para desarrollar sus proceso de pensamiento, destrezas y actitudes propias como la curiosidad, observación, formulación de preguntas y explicaciones provisorias (Campos, 2012).

En el contexto actual, las personas están expuestas constantemente a alimentos que no son nativos o no son originarios de las regiones donde viven. No es común que las personas, y en particular los infantes, consuman una diversidad de alimentos, sobre todo locales. Esta situación se ve limitada en gran parte, porque el potencial comercial de dichos alimentos es poco explorado y los mercados convencionales se han ido especializando en la comercialización de alimentos industriales basados en *commodities* como la soja, el arroz, el trigo o el maíz que no tienen restricciones para viajar a través del mundo.

Los mercados locales como reservorio de biodiversidad

Por las razones anteriores, hay que incentivar a los consumidores para que amplíen y diversifiquen su paladar y opciones de escogencia. Para eso, un aspecto clave en oferta y demanda de

alimentos biodiversos lo constituyen los mercados. Sin embargo, ¿dónde se encuentran los mercados de alimentos biodiversos? y ¿cuáles son las facilidades de acceso al alimento que ofrecen?

Algunos ejemplos interesantes son las ferias de agricultores, los grupos de consumo responsable, venta directa en la unidad de producción, las cestas domiciliarias, entre otros. Estos espacios constituyen excelentes oportunidades para desarrollar acciones de promoción de los alimentos biodiversos y, a la vez, para estimular el proceso de educación alimentaria y nutricional en un ambiente que permite la interacción entre las personas y su relación con los alimentos. Frente a la homogeneidad de la oferta de alimentos industriales, la diversidad de alimentos y el carácter local de los mismos, es una de las características y ventajas de estos mercados (Fig 17.4).

Aunque existen nombres diferentes en los países para referirse a este tipo de mercados, la esencia de las iniciativas es semejante: Agricultores/as y consumidores/as comparten los riesgos de la producción local de alimentos, privilegiando la reciprocidad y la agricultura ecológica. Además, se da lugar a la relación producción/ consumo que favorece una responsabilidad solidaria y compartida en relación con el tema alimentario, constituyendo cadenas cortas que pueden facilitar la preservación de la tradición alimentaria y propiciar el acceso a alimentos agroecológicos (Fernández et al., 2016).



Fig 17.4. superior, feria del agricultor de Tres Rios, Costa Rica, 2014. Foto: Marianela Zúñiga Escobar, debajo: feria de agricultores en Quito, Ecuador. Foto. Santiago J Sarandón

Experiencias como los Festivales de Interculturalidad y Comidas de Nuestra Tierra (FICONUTI), representan caminos para pensar en acciones de educación alimentaria y nutricional que ayuden en ese proceso. Los FICONUTI fueron desarrollados en varias ferias del agricultor en Costa Rica, con el objetivo de promover el consumo de alimentos nacionales y locales por medio de actividades que involucren la participación de las personas productoras y de la comunidad. También para fomentar la diversidad de expresiones regionales culturales y artísticas, presentes en la Feria y la comunidad, por medio de estrategias con participación de actores locales, entre éstas la degustación y presentación de “Comidas de nuestra tierra” que consiste en la preparación de recetas elaboradas a partir de los alimentos que se venden en este mercado local (Zúñiga Escobar, 2012).

Otras formas de promover el consumo de una mayor diversidad de alimentos es por medio de acciones de educación alimentaria y nutricional que estimulan el consumo y la elaboración de preparaciones culinarias a base de, lo que, según la región, ha sido denominado como Plantas Alimenticias No Convencionales (PANCs) o alimentos subutilizados. Estos son alimentos que han formado parte de la alimentación tradicional de los pueblos, constituyendo la identidad y siendo producto de prácticas agrícolas que se desarrollaron en ambientes naturales y sin necesidad de utilizar insumos químicos. Así, las PANCs o alimentos subutilizados se encuentran disponibles a bajo costo, permiten la diversidad alimentaria y la manutención de los bosques. Un ejemplo de esto es en la elaboración de productos a partir de *Victoria regia* en la región del Amazonas, o a partir del Butiá en la región de Rio Grande do Sul, ambas en el Brasil (Fig 17.5).



Fig 17.5. Preparaciones elaboradas por doña Dulce a base de la planta acuática *Victoria regia* en el Canal do Jarí, Río Amazonas, Brasil, 2018. Foto Marianela Zúñiga Escobar.

La posibilidad y conveniencia de incorporar a nuestra dieta muchas plantas consideradas como no comestibles o simplemente como malezas, que crecen espontáneamente en muchos lugares cercanos, ha sido recientemente el tema del libro “malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta”, de Eduardo Rapoport (2009). En este libro se identifican más de 200 especies comestibles de plantas, indicando el órgano comestible, la forma de preparación (crudo, cocido, en forma de infusión), y sus principales propiedades. De esta manera, se pueden apro-

vechar muchas especies que crecen espontáneamente tanto dentro como alrededor de los campos de cultivo, incluso en áreas periurbanas, que están fácilmente disponibles, que son sabrosas y nutritivas, y que son desaprovechadas por considerarlas sólo “malas hierbas”.

El promover formas de diversificar la alimentación, es formar parte de acciones mediadas por valores éticos que fortalecen la democracia alimentaria. Esto sucede porque al escoger un alimento se está escogiendo una determinada forma de producir, apoyando a un grupo de productores en particular y beneficiando a un tipo de establecimiento o mercado, convirtiendo el comer en un acto político. Por tanto, la conexión entre la producción y el consumo que se genera tanto en el espacio de mercado como en otros ambientes familiares o comunitarios, es una contribución necesaria para permitir una relación entre la oferta y la demanda de alimentos biodiversos.

Superando el rendimiento: la evaluación con lente nutricional

En la actualidad, existen muchas expectativas en relación con la ciencia de la nutrición y la forma en la que ésta se coloca ante el tema de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Desde luego que la educación alimentaria y nutricional es importante, como se comentó en el apartado anterior, pero las estrategias y formas de vinculación de la ciencia de la nutrición, constituyen una dimensión mucho más amplia dentro de este contexto sistémico. Como menciona Azevedo (2018) “el asociar ese ambicioso proyecto (multidimensional) a una joven ciencia nacida de la racionalidad moderna biologista y disciplinar, señala la esperanza de revitalizar la Nutrición y prepararla para los desafíos de la contemporaneidad”.

El establecer un marco de acción de la nutrición dentro del enfoque sistémico de la SAN es una forma de acercarse al tema de la biodiversidad, precisamente porque este enfoque implica el pensar de forma multidimensional en el contexto de los sistemas agroalimentarios. Algunos abordajes actuales que proponen replanteamientos sobre la ciencia de la nutrición, tratan de explicitar su relación con el tema productivo para abordar acciones, este es el caso de la “agricultura sensible a la nutrición” o “nutrición sensible a la agricultura”. Estas formas de abordar temas complejos establecen un compromiso que refleja el reconocimiento de que los métodos simples para tratar los sistemas alimentarios, no satisfacen las necesidades nutricionales del todo. Por su parte, la malnutrición no puede ser resuelta únicamente por intervenciones terapéuticas aisladas y las intervenciones específicas de nutrición, aun siendo implementadas a escala, no logran cumplir con las metas para mejorar la nutrición (Bhutta *et al.*, 2013, Herforth, 2016, Who, 2014). Para eso, varios sectores deben contribuir y la agroecología tiene un gran potencial.

Para vincular la agricultura con la nutrición es necesario desarrollar prácticas intersectoriales e interdisciplinarias. Se trata de avanzar hacia una integración de las acciones de los diferentes sectores que permita procesos conjuntos para la elaboración de estrategias y acciones políticas, dentro de marcos normativos compartidos sobre asuntos de carácter macro (Peters, 2002).

Dar valor a la cadena como un todo y no solamente como una cadena de suministro (como se establece desde una perspectiva economicista), permite superar la idea limitada de los estándares convencionales sobre el valor de los alimentos, privilegiando la biodiversidad. Así, desde una concepción más amplia, se pueden dar valores (calidades) a los alimentos imprimiéndoles significados distintos. Al respecto, Allaire (2004) argumenta que un producto altera sus calidades como resultado de las redes en donde circula. En ese caso, un alimento que ha sido adquirido en un mercado de proximidad o cadena corta, tiene valores distintos a aquel que ha sido comprado en un supermercado. Dichos valores dependen de la reflexividad e información que posee el consumidor sobre el alimento que adquiere, así como de los principios de las economías de proximidad, las cuales implican una revalorización de procesos tradicionales vinculados a aspectos socioculturales. De esta forma, la ruta de los alimentos hace posible ampliar la idea del valor que tienen, a través de los ambientes y de las personas que intervienen en los procesos, permitiendo al consumidor hacer ese juzgamiento.

Al seguir las trayectorias de los alimentos, es posible “desfetichizarlos”, es decir, no tratarlos como simples mercancías, sino como parte de construcciones basadas en las relaciones humanas con su medio. Continuando con el ejemplo anterior, un producto adquirido del supermercado ha sido tratado como mercancía y es su finalidad. Sin embargo, al participar de mercados locales y redes alternativas de alimentos (ferias del agricultor, grupos de consumo, venta de casa en casa, trueque, economía social solidaria), tanto el agricultor como el consumidor establecen un compromiso y racionalidad que sobrepasa esa idea meramente comercial, incluyendo valores al alimento que lo califican desde otras perspectivas que pueden ser sociales, éticas, culturales, nutricionales o ambientales.

Desde esa perspectiva de valor más amplia, el alimento puede tener diferentes significados de la calidad que lo caracteriza y lo hace diferente, ampliando concepciones limitadas desde la racionalidad biológica y disciplinar.

Las diferentes calidades de los alimentos

Cazes (2001, citado en Pringent & Héroult, 2005) describe diferentes calidades con las que se pueden caracterizar los alimentos, entre ellas la calidad nutricional, la calidad organoléptica, las calidades sociales, la calidad simbólica, la calidad higiénica y la calidad humanística. Estas concepciones proporcionan una perspectiva más integral sobre el alimento, demandando un replanteo de la ciencia de la nutrición para abarcar nuevas formas de evaluación o valoración de la calidad.

Así, por ejemplo, *la calidad nutricional* valora el alimento según su aporte en términos de nutrientes para contribuir con la salud humana y *la calidad organoléptica* estaría asociada a las propiedades verificables sensorialmente en los alimentos, como por ejemplo el sabor, el aroma, el color, la textura y el tamaño. En el caso de *la calidad social*, ésta se refiere a los aspectos que vinculan al alimento con la sociedad y que le dan sentido de pertenencia al conocer dónde se

produce el alimento y por quién, así como de reciprocidad al crearse una relación entre el productor y el consumidor durante su adquisición. La *calidad simbólica* dice respecto a la identidad cultural que representa un alimento, es decir, el reconocimiento de que tal alimento es una expresión cultural de los valores locales o de un grupo de personas que transmiten de generación en generación sus prácticas y familiaridad con ese alimento.

Sobre la *calidad higiénica* parece existir mayor conciencia y hasta se comete el error de delimitar la calidad exclusivamente en estos términos. Aunque no menos importante, este tipo de calidad es solamente una de sus expresiones, contemplando así el estado de inocuidad del alimento y la seguridad que puede proporcionar su consumo al no producir enfermedades. Finalmente, la *calidad humanística* está relacionada con los valores éticos y morales que incluyen la relación de los seres humanos con el ambiente. Esta dimensión de la calidad considera la finalidad que tiene un alimento desde su producción en cuanto a que éste sea un alimento adecuado, saludable y sostenible para el consumo humano. En ese sentido, nos brinda información sobre el potencial que tiene un alimento para cumplir con el derecho humano a una alimentación adecuada, saludable y sostenible.

Desde esta concepción amplia de la calidad, la perspectiva hegemónica motivada por la industrialización y estándares o patrones acerca de la calidad “cosmética” de los alimentos, se muestra demasiado simplista e insuficiente para valorar el potencial de la biodiversidad en la nutrición humana. Sin embargo, desde la concepción más amplia que incluye las calidades mencionadas anteriormente, la biodiversidad alimentaria puede ser revalorizada, constituyéndose como determinante potencial para propiciar una alimentación adecuada.

También es preciso replantearse algunas concepciones que desde la agricultura perjudican la valoración de la biodiversidad y su vinculación con la nutrición. Este es el caso del rendimiento productivo, el cual se basa en criterios económicos que privilegian al alimento por su efectividad de acuerdo con la superficie cultivada. Prácticamente, una medida de eficiencia (sólo una de las muchas posibles) se ha transformado en el “metro patrón” para medir el éxito o las bondades de un sistema agropecuario. El rendimiento, de la forma sectorial como es tratado, ha provocado un desfavorecimiento de la biodiversidad ecológica al reemplazarla por el monocultivo industrial, al mismo tiempo que se aleja del enfoque sistémico de la SAN. Incluso algunos estudios han determinado que la intensificación, basada en el rendimiento por unidad de trabajo o unidad de capital, puede estimular fuertemente una mayor deforestación (Angelsen & Kaimowitz. 1999, 2001).

Es necesario entonces replantearse la forma de medir la eficiencia de los sistemas agropecuarios; hay que superar el rendimiento productivo y valorar los agroecosistemas a partir de múltiples criterios que reconozcan y promuevan la biodiversidad ecológica, la salud ambiental, la diversificación de la dieta o las calidades del alimento (nutricional, higiénica, social, simbólica, humanística u organoléptica) por superficie cultivada. Para eso, es necesario construir nuevos criterios y nuevos indicadores, además de los económicos. Por ejemplo, en el caso de la composición nutricional pueden ser el rendimiento según aporte nutricional: podría contemplar alimentos fuente de micronutrientes que se encuentran deficientes en la población, convirtiéndose

en una estrategia para mitigar los problemas de hambre oculta (como se le denomina a la deficiencia de vitaminas y minerales) y sumándose a las acciones de salud pública que buscan su prevención y control. Otro criterio sobre la composición del alimento podría medir la cantidad de agroquímicos aplicados, estimando la dosificación utilizada en el cultivo y, de esta forma, estableciendo parámetros de riesgo para la salud humana y ambiental. Por tanto, a mayor dosificación, mayor riesgo para el consumo humano.

En el caso de criterios ambientales podrían sumarse variables relativas a la calidad del suelo, del agua y del aire, por ejemplo, valores ético-ecológicos. Por ejemplo, considerando que suelos sanos producen alimentos sanos, podría evaluarse el uso de pesticidas. Por otra parte los suelos deben mantener la dotación de nutrientes lo que podría evaluarse mediante el balance de nutrientes. Para el caso del agua y del aire es necesario incluir como parte de los criterios de rendimiento, los estudios capaces de identificar contaminantes, o sustancias nocivas para la salud que puedan tener contacto con el alimento. Si bien es cierto, son procedimientos comunes, la deficiencia está en que no son considerados como parte de la medición del rendimiento productivo. Otro criterio ambiental es el establecer un equilibrio entre la demanda y la oferta alimentaria. Adecuados mecanismos de información, control y monitoreo sobre la cantidad de alimentos requeridos en una región o territorio, son clave para establecer la cantidad de superficie cultivada necesaria según la demanda del territorio que se pretende abastecer. Integrando criterios económicos y ambientales, el mayor rendimiento sería aquél que tome en cuenta el punto de equilibrio en donde los demandantes “consumidores” estarían dispuestos a comprar los alimentos ofertados.

En relación con los criterios éticos para determinar el rendimiento productivo, se pueden contemplar las prácticas o acciones que valoren los derechos humanos, que promuevan el bien común y que reflejen el compromiso social con el derecho humano a la alimentación como parte de las prácticas productivas. También tiene que ver con la distribución justa del trabajo productivo y las ganancias monetarias que reciben los trabajadores por su labor en el campo. Por el contrario, desde esta perspectiva, un bajo rendimiento se asociaría a acciones durante las prácticas de producción que atentan contra los derechos humanos.

Para repensar el rendimiento productivo a partir de criterios socioculturales se puede considerar el tipo de cultivo y si éste es tradicional o no de la región, así como el respeto por los saberes de las personas que los producen. De esta forma, el rendimiento de la producción se obtiene a partir de su consumo en consonancia con los hábitos alimentarios de los consumidores de dicha región, pues al ofrecerse un alimento tradicional, se toma en cuenta las costumbres y prácticas alimentarias de las personas en sus comunidades.

Desafíos, limitantes y potencialidades de una nutrición diversa

Actualmente la formación de profesionales o técnicos en nutrición está siendo desafiada por la necesidad de diálogo con otras áreas del saber, debido a la demanda para encarar las problemáticas complejas que enfrentamos y que buscan el desarrollo sostenible. Sin embargo, existe

un desajuste temporal entre el tiempo de formación académica, el proceso de transformación o ajuste curricular y los eventos cotidianos que se presentan; una cierta inercia. Esta situación deja en evidencia algunas limitaciones que deben ser superadas durante la formación de profesionales en nutrición, entre ellas la dificultad de integrar el pensamiento sistémico a su quehacer, independientemente del área de la nutrición con la que se trabaje (clínica, industrial, administración de servicios de alimentación, comunitaria, entre otras).

El escenario que propone la “modernidad” en materia alimentaria, desafía a la ciencia de la nutrición desde diversos frentes, entre ellos la oferta masiva de productos comestibles que cargan con sus propios distintivos alusivos a sus ingredientes adicionados industrialmente; la desregulación de la propaganda que inunda los diferentes medios de comunicación; la información disponible y sin fuentes confiables que se puede obtener por Internet; la rutina y modos de vida actuales que dejan poco tiempo para valorar las tradiciones y saber culinario que se transmite de generación en generación. A la vez, la problemática de la transición nutricional y las enfermedades transmitidas por alimentos, las cuales son el producto de diversas prácticas que en décadas anteriores no eran relacionadas con la nutrición, actualmente reclaman por un abordaje sistémico que debe ser tomado en cuenta para tener resultados favorables durante las intervenciones o acciones.

Por su parte, el enfoque predominante de la agricultura industrial moderna, de baja diversidad y alto uso de insumos, responsable del impacto en los sistemas alimentarios, desafía también a la ciencia de la nutrición. De acuerdo con Lang & Barling (2013) integrar la sostenibilidad con la salud nutricional es el desafío central de las políticas alimentarias del siglo XXI. Esto requiere de un nuevo paradigma que permita unir ambos aspectos, claramente interdependientes. Esto es lo que la Agroecología promueve a través del diseño de agroecosistemas más biodiversos. Aunque existen diferentes formas de concebir la nutrición, desde una perspectiva bioquímica, social o ambiental, ninguna de ellas por sí sola atiende el amplio significado de la sostenibilidad.

Actualmente, han surgido esfuerzos por definir una dieta sostenible, además de establecer formas de controlar la producción de los alimentos y su consumo; sin embargo, el principal desafío es el de establecer esa reconexión entre la producción y el consumo de alimentos.

La agroecología promueve que es importante que exista biodiversidad, y explora formas de producción que buscan modelos más sostenibles, ecológicamente apropiados, socialmente más justos y nutricionalmente adecuados, pero aún debemos avanzar más en definir cuánto se debe producir, qué es lo que se debe producir, para quién se debe producir; estas son respuestas en las que puede colaborar y hacer aportes la ciencia de la nutrición.

Sin embargo, son aún pocos los nutricionistas que se encuentran relacionados con los temas de sostenibilidad. Los nutricionistas pueden incidir en la planificación e implementación de acciones enfocadas en la producción diversificada de alimentos; no obstante, esto requiere de nuevas destrezas que permitan interactuar e influir positivamente en otros sectores que no necesariamente tienen relación directa con el sector salud.

Algunos autores argumentan que en la era del Antropoceno en donde el ser humano induce cambios importantes en el planeta, la nutrición ecológica puede ser una respuesta para transformar el consumo y los sistemas alimentarios, por medio de la reducción del impacto que pueden provocar las dietas sostenibles (Mason & Lang, 2017). La Agroecología y su manejo de la diversidad biológica y cultural pueden hacer un importante aporte en este sentido. Por lo tanto, una ciencia de la nutrición que dialogue estrechamente, se interrelacione y forme parte una de la otra con la agroecología, puede enriquecer la formación en nutrición hacia el estudio de los sistemas complejos.

Desde un nuevo paradigma de la formación en nutrición se espera que exista una interconexión de esta con la sostenibilidad y esa amalgama la proporciona la agroecología. En ese sentido, la formación en nutrición debe tornarse integral, contemplando las dimensiones ambiental, económica, sociocultural, ética y política de la seguridad alimentaria y nutricional, con el fin de poder proponer e implementar una nutrición sostenible que logre soluciones efectivas.

Una formación de profesionales en nutrición que tome en cuenta los principios de la agroecología en sus conocimientos y prácticas, es clave para permitir acciones que apunten hacia la sostenibilidad del sistema. De esta forma, no solamente existirá una preocupación por el tipo de alimentos que son consumidos, sino también por la forma en que han sido producidos, el lugar donde han sido cultivados, las personas que los producen, el mercado en donde se obtienen, entre otros aspectos relativos a la disponibilidad y acceso a los alimentos. De igual forma, el poner atención en la composición del alimento, requiere de una visión amplia en términos no solo de nutrientes, sino también del método de producción utilizado y los insumos requeridos (agroquímicos o transgénicos) para obtenerlo. Además, desde una nueva forma de concebir la formación en nutrición, se espera que los profesionales puedan crear estrategias conjuntas con otros profesionales para atender las problemáticas complejas, se trata de entremezclarse con otras disciplinas, de la misma forma que otras disciplinas relacionadas con los alimentos, requieren de conocimientos sobre nutrición.

Conclusión

En este texto se han expuesto algunos desafíos importantes que se pueden revalorar durante la formación del nutricionista y que pueden ser principios que hacen la diferencia durante las acciones. Entre ellos, algunos aspectos clave son los abordajes que pueden acompañar a la nutrición y a la agroecología para comprometerse con la biodiversidad, este es el caso de la sociobiodiversidad o la perspectiva de los sistemas socioecológicos. A la vez, el contemplar las diferentes valoraciones de la calidad como necesarias e igualmente importantes a la hora de calificar un alimento, puede eliminar las barreras de la ciencia de la nutrición que se limitan a los componentes nutricionales del alimento. En el caso de la educación alimentaria y nutricional en su concepción más amplia, es posible incidir en el cambio de comportamiento de las personas, esto requiere de destrezas en el profesional en nutrición para comprender, aceptar y compartir

conocimientos con otros profesionales de otras disciplinas. Así, incorporar los diversos factores que influyen en los sistemas alimentarios para conseguir dietas sostenibles, sobre todo la importancia de la diversidad biológica y cultural, es uno de los objetivos más tangibles que requieren de esa combinación de saberes.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Cuál es la importancia de las plantas alimenticias no convencionales en una nutrición saludable? ¿Es posible acceder a plantas alimenticias no convencionales o alimentos subutilizados en su comunidad? Indique con ejemplos las formas o lugares de donde los puede obtener.*
2. *Para usted, ¿cuál es la importancia de vincular la ciencia de la nutrición con el tema de la biodiversidad?*
3. *Con base en el análisis acerca de las diversas formas de valorar la calidad de los alimentos, escoja un alimento que haya obtenido por medio de un mercado local vs. un alimento comprado en el supermercado y realice comparaciones describiendo acerca de su calidad nutricional, higiénica, social, simbólica, humanística y organoléptica.*
4. *¿Considera Usted que la alimentación a la que tiene acceso es diversa? ¿Cuáles son las causas del por qué sí o por qué no?*
5. *Según su criterio, ¿cuáles son las principales limitaciones de las estrategias de educación alimentaria y nutricional para lograr incidir en los cambios de comportamiento de la población?*
6. *De acuerdo con la calidad humanística de los alimentos, ¿cuál sería su valoración sobre alimentos como el maíz, el trigo y la soja en el mercado de “commodities”?*

Referencias

- Allaire G (2004) Quality in economics: a cognitive perspective. In Harvey M, A McMeekin, A Ward (Eds.), *Qualities of food*: 66-92. Manchester: Manchester University Press.
- Altieri MA & VM Toledo (2011) The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3): 587-612.
- Angelsen A & D Kaimowitz (2001) Agricultural technologies and tropical deforestation. Angelsen A & D Kaimowitz. Eds, Walling ford, UK; New York, NY: CABI Publishing. 241pp
- Angelsen A & D Kaimowitz (1999). Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The World Bank Research Observer* 14(1): 73 - 98.

- Azevedo E (2018) Caminhos para Nutrição Sustentável: reflexões. *II Ciclo de Debates sobre Sistemas Alimentares Sustentáveis*. Orgs: Sávio Marcelino Gomes, Viviany Moura Chaves y Clébio Dos Santos Lima. Manaus. 476 pp
- Berkes F & C Folke (1998) Linking sociological and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Berkes F & C Folke, Eds Cambridge University Press, New York, New York, USA. 459 pp.
- Bhutta ZA, JK Das, A Rizvi, MF Gaffey, N Walker, S Horton, P Webb, A Lartey & RE Blavk (2013) Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: what can be done and at what cost? *Lancet*, 382, pp. 452-477, [10.1016/S0140-6736\(13\)60996-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60996-4)
- Campos C (2012) Los niños y la biodiversidad: ¿Qué especies conocen y cuáles son las fuentes de conocimiento sobre la biodiversidad que utilizan los estudiantes? Un aporte para definir estrategias educativas. Proyecto Educación para la biodiversidad en las tierras secas de Argentina. *Boletín Biológica* N° 24, pp 4.
- CETAP (2015) Frutas Nativas: alimentos locais, sabores e ingredientes especiais. Passo Fundo: Centro de Tecnologias Alternativas Populares. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Frutas_Nativas-2015.pdf
- Chappell MJ & LA LaVelle (2009) Food security and biodiversity: Can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values*, 28(1), 3–26.
- Coelho-de-Souza G, M Zúñiga-Escobar, AR Teixeira & D Boziki (2018) Sociobiodiversidade, soberania e segurança alimentar e nutricional: uma análise da governança do butiá. *II Encontro internacional da Rota dos Butiazais*, Pelotas/RS. Embrapa Cllima Temperado. 78-84 pp
- Czermak V, M Zúñiga-Escobar, J Dias & R Silva (2018) O Fortalecimento da Sociobiodiversidade a partir da parceria entre a Universidade e a Cadeia Solidária de Frutas Nativas no RS, Brasil. *Third International Conference: Agriculture and Food in an Urbanizing Society*. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: <https://drive.google.com/open?id=0B7sGx0muriRtbGRhdUtJOUpGOUIVSGVsanE2aVRxVG9ORkJN>
- De la Peña I, J Gerrett & A Gelli (2018) Nutrition-sensitive value chains from a smallholder perspective. A framework for project design. *IFAD Research Series*. 51 pp
- Fernandez SM, D Garcez & LA Miguel (2016) Produção e consumo: Alimento saudável em redes locais sustentáveis. *XI Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção*. “Abordagem sistêmica e sustentabilidade, produção agropecuária, consumo e saúde”. Pelotas-RS. Pp?
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2019) El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO. Recuperado em setiembre del 2019 y disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>
- Gómez G, R Mara, A Nogueira, C Hermes, I Kovalskys, M Fisber, M Herrera-Cuenca, L Cortés, M Yépez, R Pareja, A Rigotti, V Guajardo, I Zalcman, A Chinnock, A Murillo, JC Brenes & ELANS Study Group (2019) Quality and Diet Diversity in Eight Latin American

- Countries: Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Nutrients* 2019, 11(7), 1605.
- Gruber K (2017) Biodiversity: the living library, *Nature* 544, S8-S10.
- Hall C, JI Macdiarmid, RB Matthews, P Smith, SF Hubbard & TP Dawson (2019) The relationship between forest cover and diet quality: a case study of rural Southern Malawi. *Food Security*. Volume 11, Issue 3, pages 635-650
- Harlan JR (1992) *Crops and man*. Second edition ASA, CSSA, Madison, Wiscosin, USA, 284pp.
- Herforth A (2016) How agricultura can boost nutrition. *Rural* 21. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: https://www.rural21.com/uploads/media/rural2016_01-S06-08.pdf
- Jáuregui-Lobera I (2016) Conocimientos, actitudes y conductas: hábitos alimentarios en un grupo de estudiantes de nutrición. *Journal of Negative & Positive Results*. 2016; 1(7): 268-274. DOI: 10.19230/jonnpr.2016.1.7.1142
- Jones-Smith JC, P Gordon-Larsen, A Siddiqi & BM Popkin (2011) Emerging disparities in overweight by educational attainment in Chinese adults (1989–2006) *Int J Obes*. Pp?
- Kennedy G, T Ballard & MC Dop (2013) Guidelines for Measuring Household and Individual Dietary Diversity. Nutrition and Consumer Protection Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i1983e.pdf>
- La Via Campesina, Plataforma Rural, Fundacion Agricultura Viva-Coag y Grain (2012) *Soberanía alimentaria, biodiversidad y culturas*. Barcelona, Enero.
- Ladio AH & M Lozada (2009) Human ecology, ethnobotany and traditional practices in rural populations inhabiting the Monte region: Resilience and ecological knowledge. *Journal of Arid Environments*, 73(2), 222-227. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.02.006> [Links]
- Lang T & D Barling (2013) Nutrition and sustainability: an emerging food policy discourse. *Proceedings of the Nutrition Society*. v. 72, p. 1-12.
- Macias AI, ML Quintero, J Camacho & JM Sánchez (2009) La tridimensionalidad del concepto de nutrición: su relación con la educación para la salud. *Revista Chilena de Nutrición* 36(4). 1129- 1135 pp. DOI: 10.4067/S0717-75182009000400010
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) (2015) *Alimentos y bebidas ultraprocesados en AL: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas*. Depto de Enfermedades no Transmisibles y Salud Mental. Washington DC. Recuperado en setiembre de 2019 y disponible en: http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/7698/9789275318645_esp.pdf
- Patetta MA, LS Pedraza & BM Popkin (2019) Improvements in the nutritional quality of US young adults based on food sources and socioeconomic status between 1989-1991 and 2011-2014. *Nutrition Journal*. Volume 18, Issue 1, 26 June, Article number 32: 2-11 pp
- Petters BG (2002) Managing Horizontal Government. The Politics of Coordination. *Public Administration*, 76, (2): 295- 311.
- Popkin BM, S Linda & Shu Wen Ng (2012) Global Nutrition Transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, Volume 70, Issue 1, (1): 3–21.

- Popkin BM & P Gordon-Larsen (2004) The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. *International Journal of Obesity* 28, V 49. 38- 41 pp
- Popkin BM (2008) *The World Is Fat--The Fads, Trends, Policies, and Products That Are Fattening the Human Race*. New York: Avery-Penguin Group. 240 pp
- Prigent-Simonin AH & C Hérault-Fournier (2005) The role of trust in the perception of the quality of local food products: with particular reference to direct relationships between producer and consumer. *Anthropology of food*, 4. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: <http://aof.revues.org/document204.html>
- Rapoport EG, A Marzocca & BS Drausal (2009) *Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad Nacional del Comahue, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Normatil. 216 pp.
- Sanabria P, A Chacón, S Linares & R Salas (2017) La Verdad sobre las Generaciones en Costa Rica #Gentico. *Yulök Revista de Innovación Académica*, 1(1): 18- 35
- Santos LAS (2012) O fazer educação alimentar e nutricional: algumas contribuições para reflexão. *Ciência e Saúde Coletiva*, 17(2):453-462.
- World Health Organization (WHO) (2014) *Global Nutrition Targets 2025: Policy Brief Series (WHO/NMH/NHD/14.2)* World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland.
- Zúñiga-Escobar M (2012) *Festivales de interculturalidad y comidas de nuestra tierra. Guía para su realización*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO-CR. Recuperado en setiembre del 2019 y disponible en: https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/13/13412453169080/gua_para_la_elaboracin_de_ficonuti.pdf

CAPITULO 18

El mapa mental: una herramienta para construir indicadores de agrobiodiversidad

*María Luz Blandi, Natalia Agustina Gargoloff,
María José Iermanó, María Fernanda Paleologos
y Santiago Javier Sarandón*

Introducción

Como hemos visto, el modelo agropecuario difundido según la filosofía de la revolución verde es simplista y reduccionista. Sin embargo, los agroecosistemas son sistemas complejos en donde los componentes biológicos y culturales están en íntima relación. Por ello, se requiere un cambio de pensamiento hacia la complejidad, que permita enfrentar los nuevos problemas productivos y ambientales.

Incorporar este nuevo paradigma en las ciencias en general, y en particular en las agrónomas es una necesidad, y a su vez un enorme desafío. En este campo de conocimiento han surgido nuevas preguntas, problemas y desafíos complejos, como puede ser la peligrosidad de los pesticidas o el rol funcional de la agrobiodiversidad, para los cuales el enfoque reduccionista resulta inadecuado. Para poder abordarlos, se requiere de nuevos instrumentos y herramientas metodológicas que, por un lado, mantengan la complejidad inherente a los mismos pero que, a su vez, permitan analizar y avanzar en la toma de decisiones. Una metodología con estas características es la de indicadores, y ha sido muy utilizada para evaluar la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2014; Sarandón & Flores, 2009). Ahora el desafío es poder utilizarla en el análisis de otros conceptos multidimensionales, como la agrobiodiversidad y la evaluación de los servicios ecosistémicos, entre otros. Pero su implementación no es simple, dicho proceso es complejo en sí mismo, porque tiene cierto grado de abstracción, requiere un ejercicio y no siempre es sencillo.

Por lo tanto, contar con una herramienta complementaria que colabore con simplificar el proceso de construcción de indicadores puede facilitar dicho proceso y ser de utilidad para evaluar cualquier aspecto complejo. La visualización de dicho proceso a través de instrumentos gráficos, como puede ser un Mapa Mental, podría ser de gran ayuda. Este gráfico es un instrumento que

organiza el conocimiento, apoya la ruta conceptual que facilita la comprensión del concepto complejo y su desagregación en unidades de análisis más pequeñas y medibles, que son, en última instancia, las variables a evaluar: los indicadores, para luego analizarlos e integrar su complejidad. Así, se logra abordar cualquier aspecto complejo sin desarmarlo demasiado, y que permita ver y comparar puntos críticos, potencialidades, entre otros.

La biodiversidad es un concepto complejo, que involucra varios niveles de organización biológica (genes, especie, población, comunidad, ecosistema y paisaje), de cuyo ensamblaje resulta el funcionamiento del sistema y que no es solamente un concepto que expresa la “variedad de vida” sino que es una construcción socio-política y una entidad ecológica medible. La multidimensionalidad de la biodiversidad plantea la necesidad de abordar su complejidad con metodologías que permitan entenderla de una forma holística y así poder contar con este instrumento valioso para poder diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables.

En varios capítulos del presente libro se ha utilizado la metodología de indicadores para evaluar la agrobiodiversidad funcional (Capítulo 12), el conocimiento ambiental local de horticultores sobre la agrobiodiversidad (Capítulo 13) y las limitantes que tienen horticultores para conservar la agrobiodiversidad (Capítulo 16). En el presente capítulo se pretende exponer las bases teóricas y metodológicas para utilizar un instrumento didáctico: el “mapa mental” que guíe la construcción y aplicación de indicadores. Además, se propone demostrar su utilidad abordando el concepto de agrobiodiversidad. Se entiende que con el desarrollo de este tipo de herramientas se avanza en la construcción del conocimiento agroecológico, y con ello, en el entendimiento y manejo sustentable de los sistemas agropecuarios.

Desarrollo

Lineamientos teóricos y metodológicos

Para facilitar el proceso de construcción y aplicación de indicadores, se propone la utilización de un Mapa Mental, que es un organizador gráfico del conocimiento. Auxilia en la priorización de conceptos, desde los generales a los específicos, otorgando una estructura coherente a la información, y permitiendo realizar un recorrido lógico visual por medio de la relación secuencial de conceptos. Se utilizan flechas y letras de diferentes tamaños y fuentes, que ayudan a visualizar la información de forma integral, ya que permite observar todos los pasos al mismo tiempo y sus interrelaciones.

El mapa mental creado cuenta con dos etapas: a) construcción de indicadores y b) su aplicación (Figura 18.1).

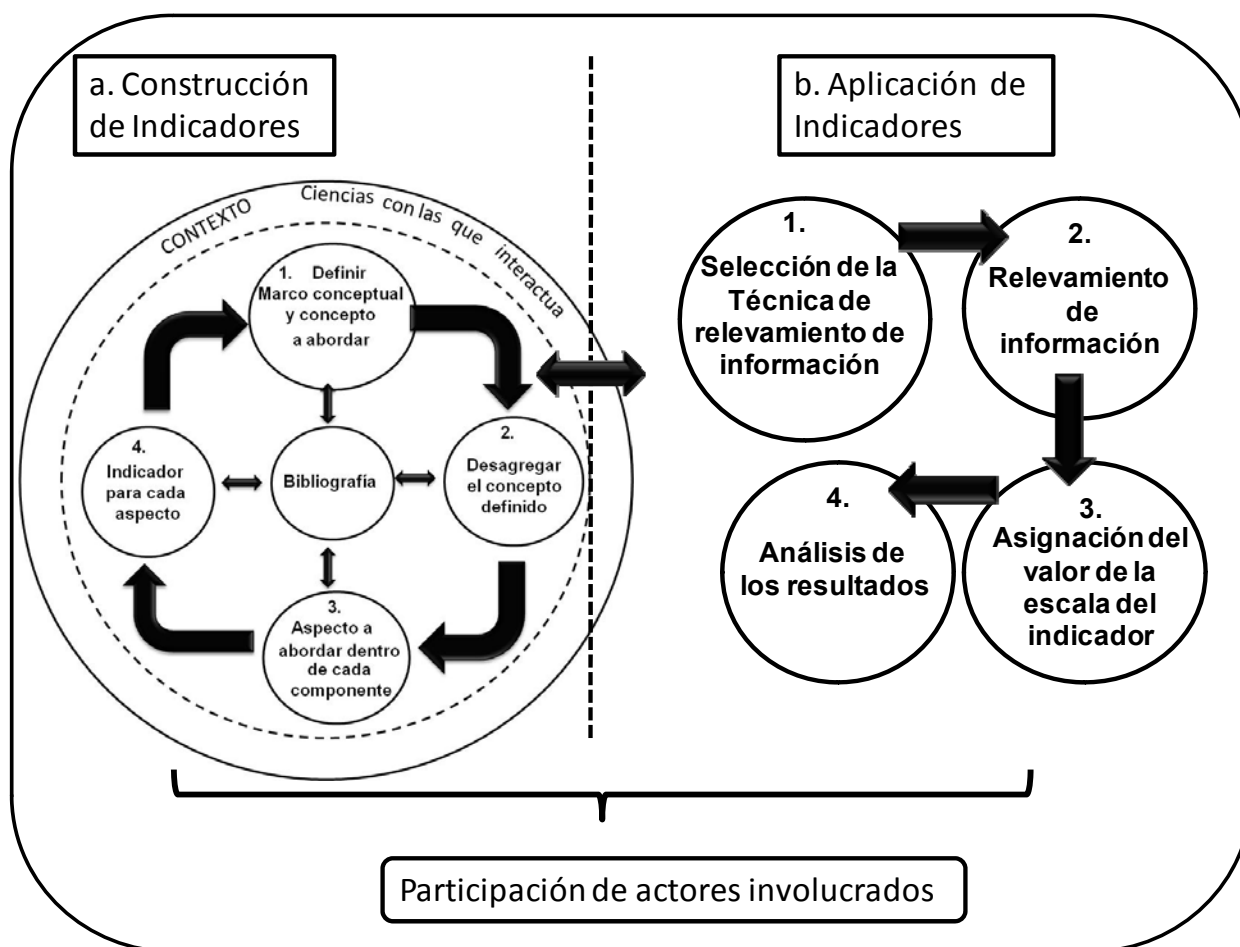


Figura 18.1. Mapa Mental que representa el pensamiento lógico en el recorrido hacia la construcción de indicadores (a) y el relevamiento de información para su aplicación (b).

La etapa de construcción de indicadores (Figura 18.1a) abarca cuatro pasos iniciales: 1) definir el marco conceptual y el concepto a abordar, 2) desagregar en componentes el concepto definido, 3) precisar los aspectos a abordar dentro de cada componente y 4) crear los indicadores. Estos pasos están en permanente interacción con la recopilación y análisis bibliográfico, dado que los indicadores se construyen para cada situación particular.

La etapa de aplicación de indicadores (Figura 18.1b) se basa en otros cuatro pasos: 1) selección de la técnica de relevamiento de la información, 2) relevamiento de la información, 3) asignación del valor de la escala del indicador y 4) análisis de los resultados. Ambas etapas son dependientes y se retroalimentan, ya que el tipo de relevamiento depende de los indicadores y, a su vez, los mismos serán construidos en función de las posibilidades de relevamiento o muestreo.

Los actores involucrados en el proceso de construcción y aplicación de indicadores serán diferentes según el tipo de estudio (agricultores, investigadores, políticos, consumidores, técnicos extensionistas, etc.), al igual que el momento de la participación (en todo el proceso o en algunos pasos en particular). Para el caso de estudios agrarios, tiene especial importancia la participación de los agricultores (Marandure *et al.*, 2017; Jónsson *et al.*, 2016) ya que son sujetos del proceso de investigación y cuentan con una íntima relación con el agroecosistema (Toledo, 2005). Según Guzmán Casado *et al.* (2000) la participación de los agricultores en las

investigaciones puede darse de diferentes formas, según el marco teórico adoptado. En investigaciones descriptivas, que tengan como objetivo la obtención de datos empíricos y cuantitativos, la participación de los agricultores ocurre solamente en la etapa de relevamiento de la información (Silva-Laya *et al.*, 2016). En investigaciones comprensivas donde se genera información cualitativa y los agricultores opinan y se puede mostrar su visión sobre el problema analizado, la participación de los agricultores se puede dar en la etapa de construcción de los indicadores (Marandure *et al.*, 2017), por ejemplo a través de talleres participativos. El investigador puede avanzar en los aspectos más teóricos de los primeros pasos, generando una base conceptual a ser discutida en el taller. También, sin realizar un taller, el propio investigador puede considerar la opinión de los agricultores con el transcurso de las entrevistas y modificar los indicadores para que expresen la visión de los entrevistados. En investigaciones críticas, que tengan como objetivo la transformación, los agricultores son protagonistas de todo el proceso, participando activamente en cada una de las etapas de construcción y aplicación de los indicadores (Chango Amaguaña, 2014).

A continuación se describen los pasos de la construcción y aplicación de los indicadores.

Construcción de indicadores

Definición del concepto

Es el punto de partida obligado para lograr coherencia entre el concepto complejo y su evaluación. Se debe partir de una definición clara y ampliada del significado del concepto a abordar, para luego dividirlo en los principales componentes que estructuran dicha definición. Para ello, en primer lugar, se debe explicitar el marco conceptual desde el cual se trabaja, junto con las hipótesis y objetivos de análisis.

Para lograr una definición robusta y precisa de lo que se pretende evaluar o medir, es fundamental que esta tenga el respaldo científico adecuado a partir de la revisión bibliográfica, para lo cual es necesario considerar las ciencias relacionadas y las teorías existentes en relación al concepto que se pretende abordar para orientar dicha búsqueda. Asimismo, es importante que se contemple el saber local a través de informantes claves, es decir, personas informadas, reflexivas y dispuestas a hablar ampliamente con el investigador (Martín-Crespo Blanco & Salamanca Castro, 2007).

Se deben elegir las definiciones que mejor se ajusten según el marco conceptual elegido. Además, estas van a depender de la situación que se pretende analizar, del contexto en el que esté inserto el estudio y la escala de evaluación. Con esos elementos, se define el concepto que se quiere analizar. Por ejemplo, Sarandón *et al.* (2006) basándose en ciencias como la agronomía, la ecología, la economía y la sociología, definieron como agricultura sustentable a aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan”.

Desagregar el concepto definido en componentes

Este paso es el más importante de la metodología de indicadores. Aquí se busca identificar los principales componentes que estructuran la definición, desagregar en partes menores, ya que el concepto en sí mismo es sólo una definición que representa un bloque, y, por lo tanto, no se puede usar para la toma de decisiones. Por ello, se debe transformar el concepto en variables que luego puedan ser medibles.

En función de la definición elegida, se desarma el concepto en sus componentes, que se convierten en “requisitos” que se cumplen en mayor o menor medida. La cantidad de dichos componentes dependerá del concepto adoptado. Por ejemplo, para el caso del uso sustentable del agua, Deluchi *et al.* (2015) desagregaron el concepto en 2 dimensiones a evaluar: “mantenimiento de la cantidad” y “la calidad del recurso agua”. Cuanto más clara sea la definición adoptada, más coherente y sencilla será desarmarla en partes más pequeñas que luego serán abordadas.

Aspectos a abordar dentro de cada componente o dimensión

Una vez identificados los componentes o dimensiones, se seleccionan dentro de cada una, los aspectos a desarrollar, siempre teniendo presente el objetivo de análisis y el marco conceptual. Para ello, debemos pensar cuáles son las características que influyen de alguna manera en dichos aspectos. Por ejemplo, en el caso de la agrobiodiversidad, si se está evaluando la biodiversidad temporal, los aspectos que más influyen en su composición son las rotaciones, los ciclos de cultivo, la frecuencia e intensidad de los disturbios ocasionados por la labranza, el pastoreo, y la cosecha, entre otros (Iermanó *et al.*, 2015). Este tipo de razonamiento permite definir los aspectos que se convertirán en indicadores.

Creación de indicadores

Los indicadores son variables cualitativas o cuantitativas, que cuentan con unidades, y permiten identificar una tendencia. Se pueden clasificar en indicadores de estado o de presión. Los primeros son los que aportan información sobre la situación actual del aspecto que se evalúa. Los segundos son aquellos que indican el efecto que distintos factores ejercen sobre dicho aspecto.

Es necesario para facilitar luego el análisis, que cada indicador esté formado por una escala en donde cada nivel representa distintas situaciones o estados del indicador. Los puntos más altos de la escala deben representar las situaciones más deseables, mientras que los niveles más bajos representan las situaciones menos deseables. De esta manera, todos los valores, independientemente de su unidad original, se transforman a esta escala, es decir, se estandarizan, para poder comparar indicadores. Esto permite integrar varios indicadores de distinta naturaleza, en otros más sintéticos o robustos. Así, aspectos complejos como, por ejemplo, actitudes y visiones de los agricultores se pueden analizar y comparar (Blandi, 2016), lo que le da una potencia que pocos instrumentos tienen. La elección del contenido que formará cada nivel estará en función de los objetivos, la información disponible y de la profundidad del estudio, y se correlaciona con las posibilidades de relevamiento de la información. Es por ello que, por ejemplo, se

pueden usar indicadores con escalas de niveles numerosos, por ejemplo de 5 opciones, o indicadores con escalas de menos niveles, por ejemplo con 3 opciones. A mayor escala, más precisión, pero más dificultad en definir cada nivel.

Aplicación de indicadores. Selección de técnicas de relevamiento de la información

Según el objetivo de la investigación y el tipo de información que se quiera relevar, se seleccionarán los instrumentos para la recolección de datos. Para un mismo estudio puede utilizarse una o varias técnicas, dependiendo de los indicadores. Si la información que se necesita para completar los indicadores son datos a nivel macro, es decir regionales, se pueden obtener por recopilación y análisis bibliográfico (Abbona, 2017). En caso de necesitar relevar información sobre los componentes biológicos, generalmente a nivel de agroecosistema, será necesario realizar muestreos y su posterior procesamiento en laboratorio (por ejemplo, de especies cultivadas, vegetación espontánea, artropodofauna, etc.) (Roboredo *et al.*, 2016). En este paso se debe definir la técnica de muestreo: tipo (por ejemplo censos florísticos, trampas de caída, etc.), cantidad, distribución en el universo de estudio, momento, etc., así como las técnicas de procesamiento en gabinete o laboratorio. Particular énfasis se le otorga a las encuestas, cuestionarios y entrevistas, ya que son las técnicas de relevamiento más utilizadas al trabajar con indicadores. Ello se debe a que permiten relevar gran cantidad de información de forma sencilla. Cuando el estudio y los indicadores construidos contemplan cuestiones relacionadas a los conocimientos, creencias, motivaciones, entre otros, es conveniente entrevistar a las personas donde ese conocimiento es puesto en práctica (Mello Amorozo & Viertler, 2010; Gargoloff, 2011). El capítulo 13 aborda aspectos del conocimiento ambiental local entendiendo que es un saber situado a la realidad propia de cada agricultor/a, determinado entonces por su contexto histórico, ambiental, socioeconómico y político, por lo que, es preciso, documentar dicho saber en el mismo sitio donde se genera, en este caso, el agroecosistemas. Es decir, describir los conocimientos del agricultor recolectando el discurso de éste sobre sus propias prácticas y sobre el contexto ecológico y técnico de acción en el mismo lugar donde se produce la práctica por la cual se pregunta.

Relevamiento de la información

Es el momento cuando se realizan la recopilación bibliográfica, las entrevistas o los muestreos. Por lo general, se incluye un pedido de consentimiento al actor involucrado, donde se expone el objetivo del encuentro y se le pide permiso explícito para grabar, sacar fotos, tomar muestras y publicar los resultados de la investigación. Este paso puede ir acompañado de un croquis de la unidad productiva, diario de campo, cuaderno de notas, observación directa, listados libres, entre otros (Albuquerque *et al.*, 2010; Martin, 1995). Además, involucra todos los materiales necesarios para realizar los muestreos, cuando el estudio los contempla.

Asignación del valor de la escala del indicador

En este paso, a partir de la información recolectada, se elige cuál de las opciones de la escala es la más adecuada, es decir, se procede a completar los indicadores. Para ello, es necesario un paso

previo de procesamiento de la información recolectada, ya sea mediante el trabajo de laboratorio, transcripción, sistematización y análisis de las entrevistas, realización de cálculos en gabinete, etc., que nos permitirá obtener el dato final para elegir el valor. Por ejemplo, cuando se utiliza como indicador el balance de nutrientes, se recopila la información sobre las entradas y salidas de nutrientes al sistema, luego se procede al cálculo del balance, y a partir del valor obtenido, se elige cuál de las opciones de la escala del indicador es la más adecuada. Este procedimiento se repite con cada indicador, en función del tipo de resultado que demande la escala.

Análisis de los resultados según gráficos o tablas

Finalmente, con los indicadores completos, se pueden volcar los resultados en gráficos o tablas, según lo que se quiera resaltar de los mismos. Uno de los medios más usados es el gráfico de tela de araña. Este otorga una visión integradora y holística a partir de la cual es posible reconstruir el concepto de manera sencilla. A partir del análisis del gráfico se identifican para cada componente los puntos críticos y las fortalezas, es decir, los puntos más cercanos y más alejados del centro, respectivamente. En este sentido, se puede establecer un valor umbral, por ejemplo el punto medio de la escala, considerando que por debajo del mismo se encuentran los puntos críticos.

Si el análisis se realiza a nivel de finca, el gráfico en tela de araña permite visualizar de manera sencilla las diferencias entre los agroecosistemas. También, es útil para comparar los resultados entre grupos de agricultores o diferentes modelos de producción (Roboredo *et al.*, 2016; Marandure *et al.*, 2017). Para integrar los indicadores en un solo valor se puede utilizar un promedio ponderado.

Estudio de caso: Utilización del mapa mental para evaluar la agrobiodiversidad en fincas hortícolas de La Plata, Argentina

Breve introducción al objeto de estudio

En los últimos años ha comenzado a reconocerse la importancia de la agrobiodiversidad y su estrecha interrelación con la agricultura sustentable. La agrobiodiversidad puede subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al mejorar los procesos ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (Altieri & Nicholls, 2007), aspectos fundamentales para el diseño de sistemas agrícolas sustentables. A pesar de que cada vez hay una mayor conciencia mundial sobre su importancia, la agricultura, basada en el enfoque de la revolución verde, no la tiene en cuenta y es la principal causa de su disminución. Este enfoque se basa en la simplificación del sistema con pocos cultivos de alto valor económico y en la gran utilización de pesticidas, generando graves daños ecológicos y sociales (Toledo, 2005; Gliessman, 2014). Este puede ser el caso del Cinturón Hortícola Platense, Buenos Aires, Argentina. Durante mucho tiempo en este territorio, se ha cultivado una gran diversidad de especies en sistemas al aire libre con bajas inversiones de capital. Pero, en las últimas décadas, las agricultoras y

los agricultores han reemplazado gran parte de los cultivos al aire libre por el cultivo bajo invernáculo, que si bien “aparenta” ser más rentable, trajo aparejado serios problemas ecológicos, económicos y sociales (Blandi *et al.*, 2015). Esta tecnología, asociada a un gran paquete de insumos químicos, representa la máxima simplificación de los sistemas hortícolas, porque limita el número de especies cultivadas sólo a las más rentables, se utilizan pesticidas de una forma intensiva y se eliminan ambientes seminaturales. En este contexto, se presupone que el cultivo bajo invernáculo promueve una menor agrobiodiversidad en comparación con el cultivo al aire libre. Es así que se asume la siguiente hipótesis: los agricultores que cultivan bajo invernáculo cuentan una menor agrobiodiversidad en sus fincas que los agricultores que cultivan al aire libre.

El objetivo del estudio es evaluar la agrobiodiversidad en fincas de agricultores que cultivan bajo invernáculo y al aire libre en el Cinturón Hortícola Platense.

A continuación se muestra el mapa mental que facilitó el proceso de armado y aplicación de indicadores para evaluar la agrobiodiversidad en fincas hortícolas de La Plata, Argentina (Figura 18.2).

Es importante destacar que en todos los pasos de construcción de indicadores el mapa mental cumplió la función de hilo conductor, que guió el desglose de la definición de Agrobiodiversidad. Muchas veces se tuvo que recurrir al gráfico para rever las definiciones elegidas y constatar su correcto desglose en conceptos menores hasta llegar a los indicadores. También el gráfico auxilió en la aplicación de los indicadores, ayudando a cumplir con los pasos de una forma ordenada y reflexionando sobre en qué etapa del estudio los agricultores tuvieron mayor participación.

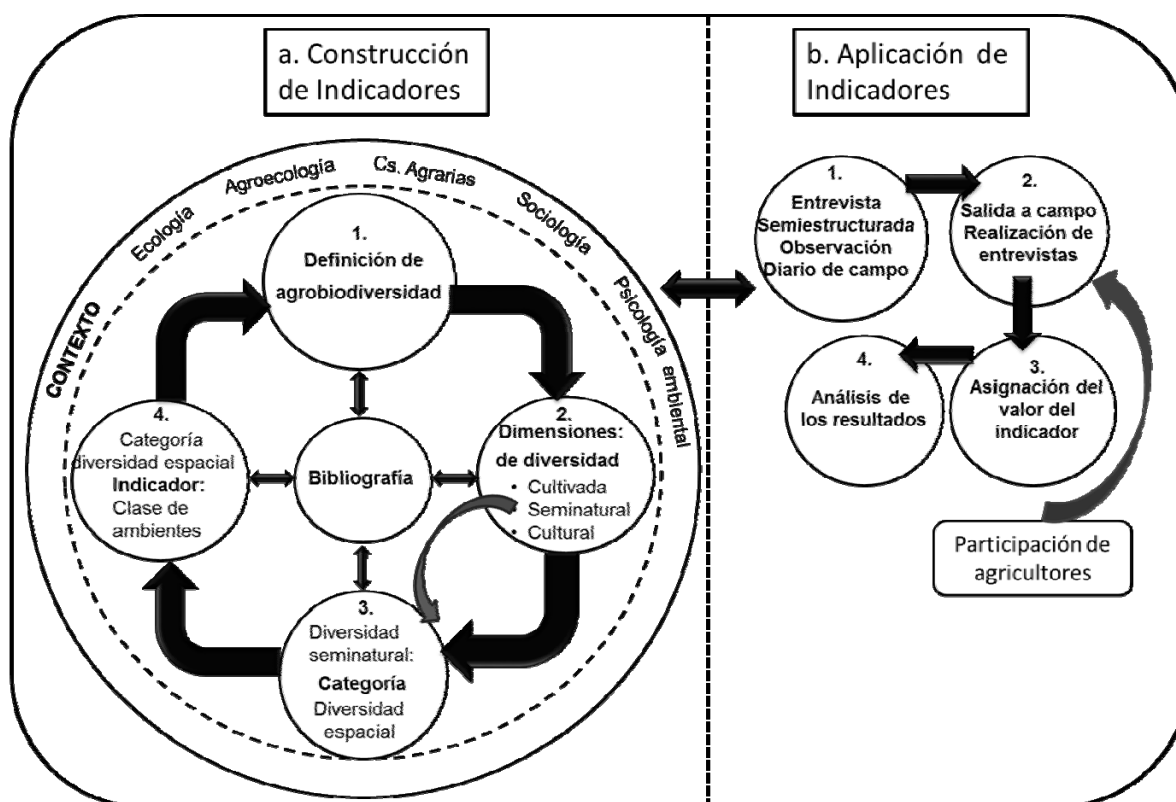


Figura 18.2. Mapa Mental: Proceso de construcción (a) y aplicación de indicadores (b) en la evaluación de la agrobiodiversidad en horticultores de La Plata, Argentina.

Proceso de construcción de indicadores

Definición del concepto

Se definió el marco conceptual y el concepto a abordar mediante algunas preguntas orientadoras como: ¿Qué se entiende por agrobiodiversidad?, ¿Cuál es la definición de agrobiodiversidad que más se adapta al objeto de estudio?

En la ecología existen varias definiciones, pero para el desarrollo de este estudio se eligió la definición de la UNEP (2000) por ajustarse mejor a los objetivos del estudio. Así, se definió que la agrobiodiversidad comprende la diversidad planeada o cultivada, la diversidad seminatural o espontánea, y la diversidad cultural, dado que el nivel de agrobiodiversidad presente y la complejidad del sistema están determinados por los conocimientos, valores y prácticas de manejo del agricultor y de la agricultora.

Desagregar en componentes el concepto definido

La definición de agrobiodiversidad adoptada nos orienta a desagregar el concepto en 3 componentes o dimensiones: “diversidad cultivada”, “diversidad seminatural” y “diversidad cultural” (Tabla 18.1). La “diversidad cultivada” comprende cultivos y animales incluidos en el agroecosistema por decisión del agricultor, que variarán en forma directa según el manejo que se realice. La “diversidad seminatural” es representada por la flora y fauna del suelo, herbívoros plagas, descomponedores y depredadores benéficos, cercos vivos, zanjas, márgenes del campo y depresiones húmedas. Éstos, de manera indirecta, también son influenciados por el tipo de manejo. La “diversidad cultural” incluye los conocimientos con que cuenta el agricultor para manejar la agrobiodiversidad.

Tabla 18.1. Dimensiones, categorías e indicadores empleados en la evaluación de la agrobiodiversidad en agricultores que cultivan bajo invernáculo y al aire libre del Cinturón Hortícola Platense, Buenos Aires, Argentina.

Dimensión	Categoría	Indicador
Diversidad cultivada	Composición	Número de especies cultivadas Tipo y origen de las semillas
	Diversidad espacial	Asociaciones Equitabilidad de cultivos
	Diversidad temporal	Rotaciones
Diversidad seminatural	Diversidad espacial	Relación área cultivada/área natural Clases de ambientes
Diversidad Cultural	Conocimiento	Variabilidad de especies cultivadas Rotaciones Asociaciones Vegetación seminatural Utilización de pesticidas

Aspectos a abordar dentro de cada dimensión

En el siguiente paso se definieron aspectos que se vinculan estrechamente con cada una de las dimensiones y que las explican. Algunas preguntas utilizadas fueron ¿Cuáles son los aspectos que influyen sobre las dimensiones definidas?, ¿Qué características definen cada dimensión de manera más específica?, ¿Cómo podemos ampliar la información que brinda cada una de las dimensiones?

Para definir los aspectos que más influyen dentro de cada dimensión de la agrobiodiversidad se tuvieron en cuenta las definiciones de Noss (1990) y Gliessmann (2002). Particularmente, para la dimensión “diversidad cultural” se tuvieron en cuenta conceptos de sociología y psicología ambiental. Así, la dimensión “diversidad cultivada” contó con 3 categorías: “composición”, “diversidad espacial” y “diversidad temporal”. La dimensión “diversidad seminatural” contó con una categoría: “diversidad espacial” y la dimensión “diversidad cultural” contó con la categoría: “conocimiento”.

Creación de indicadores

En esta instancia las preguntas que orientaron la definición y construcción de los indicadores fueron: ¿Qué prácticas hortícolas impactan sobre cada categoría de la agrobiodiversidad? De allí se desprendieron los indicadores para cada categoría, como por ejemplo los indicadores: “número de especies cultivadas” y “tipo y origen de las semillas”. Estos pertenecen a la categoría “composición” porque impactan directamente sobre la composición de la diversidad cultivada.

Finalmente, se desarrollaron un conjunto de 12 indicadores, de los cuales 5 corresponden a la dimensión “diversidad cultivada”, 2 a la dimensión “diversidad seminatural” y 5 a la dimensión “diversidad cultural” (Tabla 18.1). Los indicadores fueron contruidos y fundamentados, reparando en la facilidad de obtención de los datos necesarios para completar los indicadores. Todos los indicadores fueron estandarizados en una escala de 5 niveles, de 0 a 1, siendo 0 el valor menos deseable y 1 el valor óptimo. Se eligió esta escala ya que se consideró acorde a los objetivos del trabajo y a la información disponible. Luego, se realizó la ponderación. La dimensión “diversidad seminatural” se ponderó con un valor de dos (2), por ser un reservorio de diversidad más significativo que el de la “diversidad cultivada”. En la dimensión “diversidad cultural”, el indicador utilización de pesticidas se ponderó con un valor de 2 porque un alto uso de químicos de alta toxicidad y escasa selectividad, puede afectar el efecto benéfico de la diversidad cultivada y seminatural. A modo de ejemplo se presenta la estandarización del indicador “diversidad espacial” (Tabla 18.2).

Tabla 18.2. Escala para el indicador Diversidad espacial.

Valor	Escala del indicador
1	Cultiva en franjas, líneas intercaladas, al azar y utiliza cultivos de cobertura y cercos vivos
0,75	Realiza tres de las opciones mencionadas
0,50	Realiza dos de las opciones mencionadas
0,25	Realiza una de las opciones mencionadas
0	No realiza ninguna de las opciones mencionadas arriba.

Aplicación de indicadores

Selección de la técnica de relevamiento de la información

La técnica de relevamiento elegida fue la entrevista de tipo semi-estructurada. Además se realizaron observaciones y se utilizó un diario de campo (Taylor *et al.*, 2015). En este sentido, Yin (2013) recomienda la utilización de múltiples fuentes de datos y el cumplimiento del principio de triangulación, que es la combinación de diferentes técnicas que permiten analizar las convergencias y divergencias de la información obtenida mediante diferentes fuentes. En el caso del presente estudio, se trianguló la información relevada con las entrevistas y la observada a campo, para garantizar la validez interna de la investigación.

Relevamiento de información

Se entrevistaron agricultores durante los años 2012 y 2013 en la zona hortícola del Partido de La Plata.

Asignación del valor de la escala del indicador

Se realizó la sistematización y análisis de las entrevistas, lo que permitió asignar los valores que correspondieron a cada indicador. Se hizo un promedio entre todos los agricultores entrevistados a fin de facilitar su interpretación y se expresaron los resultados entre 0 y 1.

Análisis de los resultados según gráficos o tablas

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a su análisis. Para ello, los mismos se volcaron en un gráfico de tela de araña, en donde se pudieron observar todos los indicadores en simultáneo, se obtuvo una visión holística y se logró visualizar la complejidad. Esto permitió identificar diferencias entre fincas: los agricultores que cultivan bajo invernáculo tienen una menor agrobiodiversidad en sus fincas que los agricultores que cultivan al aire libre (Figura 18.3). Esto se debe a que cuentan con manejos y conocimientos que tienden a disminuirla, como por ejemplo, no varían el tipo y origen de las semillas que utilizan, no realizan asociaciones, tienen baja equitabilidad de cultivos, realizan muy pocas rotaciones, tienen una exigua relación área cultivada/área natural y prácticamente sus fincas no cuentan con clases de ambientes. Además, todos los aspectos que evaluaron el conocimiento de los agricultores en relación al manejo de la agrobiodiversidad se encontraron en una situación crítica. Por el contrario, las fincas de los agricultores que cultivan al aire libre presentaron mejores valores de agrobiodiversidad. Si bien cuentan con varios aspectos críticos, el mayor número de especies cultivadas, las diversas rotaciones, la variedad de clases de ambientes y el conocimiento con el que cuentan los agricultores para realizar gran variedad de cultivos y rotar, hacen que estos cuenten con una mayor agrobiodiversidad.

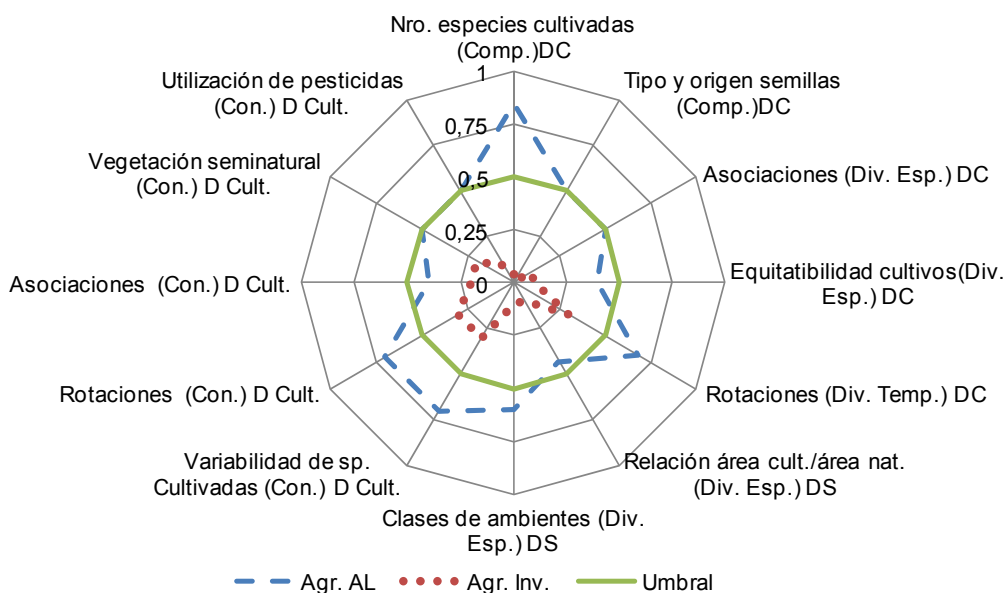


Figura 18.3. Representación gráfica de los indicadores de agrobiodiversidad de fincas de producción hortícola bajo invernáculo y al aire libre del Cinturón Hortícola Platense, Buenos Aires, Argentina. La línea continua representa el valor umbral. Referencias: (Comp.)DC: Composición, diversidad cultivada; (Div esp.) DC: Diversidad espacial, diversidad cultivada; (Div. Temp.) DC: Diversidad temporal, diversidad cultivada; (Div. Esp.) DS: Diversidad espacial, diversidad seminatural; (Con.) D. Cult: Conocimiento, diversidad cultural.

Participación de los actores involucrados: los agricultores

En este estudio de caso los agricultores participaron en la etapa de relevamiento de información, compartiendo sus conocimientos y experiencia en el manejo hortícola. A pesar de que no hubo una instancia explícita de validación con los agricultores, los indicadores fueron revisados en el proceso de asignación del valor de la escala y, en algunos casos reformulados de acuerdo a las entrevistas con los agricultores.

Conclusiones

La Agroecología entiende que el logro de sistemas alimentarios sustentables demanda, de manera urgente, abordar aspectos complejos que hasta ahora no se presentaban como necesarios o importantes, como la agrobiodiversidad. La metodología de indicadores es una herramienta fundamental para ello; sin embargo, su construcción es compleja. El mapa mental, puede facilitar esta tarea ya que a través de su estructura gráfica con formas y pequeños textos facilita la organización, priorización y comprensión de la información, lo que resulta muy importante para trabajar con conceptos complejos. En este sentido, el gráfico permite un recorrido lógico visual por medio de la relación secuencial de conceptos, desde los generales a los específicos. Además, permite visualizar las interrelaciones entre conceptos, contribuyendo de esta manera a la capacidad de observar el tema en estudio desde una visión integradora.

El estudio de caso demostró la utilidad del mapa mental para guiar, de manera sencilla, la construcción de indicadores para evaluar la agrobiodiversidad, que se desagregó en conceptos menores hasta llegar a simples variables medibles y comparables, pero sin perder la visión holística. Los indicadores resultantes se aplicaron en fincas hortícolas del Cinturón hortícola platense y resultaron pertinentes y de utilidad para detectar los puntos críticos y potencialidades en relación a la agrobiodiversidad.

Así, se demuestra que el mapa mental es una herramienta que auxilia a la metodología de indicadores para lograr un abordaje desde la complejidad, entender el funcionamiento de los agroecosistemas y así avanzar hacia una agricultura sustentable.

Preguntas para el repaso y la reflexión

1. *¿Es posible abordar la complejidad?*
2. *¿Por qué es necesario contar con metodologías y herramientas que puedan abordar aspectos complejos?*
3. *¿Qué características tiene la metodología de indicadores?*
4. *¿Por qué se necesita una herramienta que auxilie la metodología de indicadores?*
5. *¿Qué es un mapa mental?*
6. *¿Qué le aporta el mapa mental a la metodología de indicadores?*
7. *¿Se puede abordar la agrobiodiversidad con un enfoque reduccionista?*
8. *¿Con qué metodologías se puede abordar la agrobiodiversidad?*
9. *¿Cuáles son las etapas del mapa mental? ¿Qué pasos incluye cada una?*
10. *¿Es importante la participación de los agricultores en la construcción y aplicación de los indicadores?*
11. *¿Qué se debe tener en cuenta para definir el concepto complejo?*
12. *¿Cómo se puede desagregar en componentes el concepto definido?*
13. *¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para abordar cada componente o dimensión?*
14. *¿Cómo se crean los indicadores?*
15. *¿Los indicadores son universales?*
16. *¿En función de qué características se seleccionan las técnicas de relevamiento?*
17. *¿Cómo es el proceso de asignación del valor de la escala del indicador?*
18. *¿Cómo se pueden analizar los resultados?*
19. *¿Qué demuestra el estudio de caso?*

Referencias

Abbona EA (2017) *Flujos de nutrientes en la agricultura y la alimentación para un ecosistema alimentario sostenible en la provincia de Buenos Aires*. Tesis doctoral. La Plata: Universidad

- Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Libro digital, PDF. ISBN 978-950-34-1515-3. 263 pp.
- Albuquerque UP, R Farias de Paiva Lucena & NL Alencar (2010) Métodos e técnicas para colecta de dados etnobiológicos. Em: *Métodos e técnicas na pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica*. Primera Edición (39-64). Ed NUPEEA, Recife, (PE), Brasil.
- Altieri MÁ & CI Nicholls (2007) *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Vol. 2. Icaria Editorial. 248pp.
- Blandi ML (2016) *Tecnología del invernáculo en el Cinturón Hortícola Platense: análisis de la sustentabilidad y los factores que condicionan su adopción por parte de los productores*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 303pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/52015>
- Blandi ML, SJ Sarandón, CC Flores & I Veiga (2015) Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*, 114(2): 251-264.
- Chango Amaguaña EF (2014) *Evaluación del avance agroecológico mediante indicadores de sustentabilidad en las fincas de la unión de organizaciones productoras agroecológicas y comercialización asociativa PACAT*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 187p.
- Deluchi SG, CC Flores & SJ Sarandón (2015) Análisis de la sustentabilidad del uso del recurso hídrico bajo tres estilos de producción hortícola en el Cinturón Hortícola Platense. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114(2): 287-294.
- Gargoloff NA, Albaladejo C & SJ Sarandón (2011) La entrevista paisajística: un método para situar las prácticas y saberes de los agricultores. *Cadernos de Agroecología* 6(2): 1-5.
- Gliessman SR (2002) *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Gliessman SR (2014) *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC press. 365pp.
- Guzmán Casado G, M González de Molina & E Sevilla Guzmán (2000) Métodos y técnicas en Agroecología. En: *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible* (149-195). ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Iermanó MJ, SJ Sarandón, LN Tamagno & AD Maggio (2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114(Núm. Esp.1): 1-14.
- Jónsson JOG, B Davíðsdóttir, E Jónsdóttir, SM Kristinsdóttir & KV Ragnarsdóttir (2016) Soil indicators for sustainable development: A transdisciplinary approach for indicator development using expert stakeholders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232:179–189.
- Marandure T, C Mapiye, G Makombe & K Dzama (2017) Indicator-based sustainability assessment of the smallholder beef cattle production system in South Africa. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(1): 3-29. DOI: 10.1080/21683565.2016.1231152
- Martin GJ (1995) Antropología. En: *Etnobotánica, Pueblos y Plantas. Manual de métodos* (85-119). Editorial Nordan Comunidad. Montevideo, Uruguay.

- Martín-Crespo Blanco MC & AB Salamanca Castro (2007) El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*, 27. Disponible en: <http://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/340>
- Mello Amorozo MC & RB Viertler (2010) A abordagem qualitativa na colecta e análise de dados em Etnobiológica e Etnoecológica. Em: *Métodos e técnicas na pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica* (65-83). Primera Edición. Editorial NUPEEA, Recife (PE), Brasil.
- Noss RF (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4 (4) 355-364.
- Roboredo D, SMPP Bergamasco & ME Bleich (2016) Aggregate index of social–environmental sustainability to evaluate the social–environmental quality in a watershed in the Southern Amazon. *Ecological Indicators*, 63: 337–345.
- Sarandón SJ & CC Flores (2009) Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Revista Agroecología*, 4: 19-28.
- Sarandón SJ, MS Zuluaga, R Cieza, C Gómez, L Janjetic & E Negrete (2006) Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Rev. Agroecología*, 1:19-28.
- Sarandón SJ, CC Flores, NA Gargoloff & ML Blandi (2014) Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En Sarandón SJ & CC Flores (Ed), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Capítulo 14: 375-410). Edulp, La Plata.
- Silva-Laya SJ, S Pérez-Martínez & LA Ríos-Osorio (2016) Evaluación agroecológica de sistemas hortícolas de dos zonas del oriente antioqueño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2): 355-366.
- Taylor SJ, R Bogdan & M DeVault (2015) *Introduction to qualitative research methods: A guidebook and resource*. John Wiley & Sons. 416pp.
- Toledo VM (2005) La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa*, 20(4): 16-19.
- Toledo VM & N Barrera-Bassols (2008) *La memoria biocultural, la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria editorial. 230 pp.
- UNEP/CDB/COP/5 (2000) The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, 15-26 de mayo 2000.
- Yin R (2013) *Case study research: Design and methods*. 5ta edición. Sage. London. 312pp.

Los autores

Coordinador

Sarandón, Santiago Javier

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional de La Plata. Profesor Titular de Agroecología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Docente Investigador Categoría 1. Director del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA), de la citada Universidad. Investigador Principal de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Bs. As. Autor de más de 120 trabajos científicos publicados en revistas nacionales, e internacionales y más de 240 presentaciones en Congresos del país y el exterior. Ha dictado más de 195 conferencias en eventos nacionales e internacionales. Autor de 34 capítulos de libros y editor de 3 libros sobre Agroecología y Agricultura sustentable. Ha dictado 100 cursos de postgrado en el país y en el exterior. Ha dirigido y dirige varias tesis de Maestría y Doctorado sobre Agroecología. Presidente de la Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología (SOCLA) y de la Sociedad Argentina de Agroecología.

Autores

Abbona, Esteban Andrés

Ingeniero Agrónomo y Dr. de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP), Máster en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible (Universidad Internacional de Andalucía). Profesor Adjunto del Taller de Integración Curricular I y Jefe de Trabajos Prácticos del curso de Agroecología, de la FCAyF-UNLP. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Autor de los trabajos: Abbona EA, SJ Sarandón, ME Marasas, M Astier (2007) Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119:335-345. Abbona E., M. Presutti, M. Vázquez, S Sarandón (2016). Los sistemas de producción de carne y leche bovina en la Provincia de Buenos Aires ¿conservan los nutrientes del suelo? *Revista Facultad de Agronomía, de la FCAyF, UNLP*. Vol. 115(2):251-263. Premio Scholar Award 2013, otorgado por el International Plant Nutrition Institute (IPNI).

Ángel Sánchez, Diego Iván

Doctor en Agroecología, magíster en Ciencias Agrarias con énfasis Suelos, Especialista en Agroecología e Ingeniero Agrónomo de la UNAL. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, docente de cursos de Desarrollo rural, Agroecología, Edafología, Agroecología y Desarrollo Rural, Seminario II y Ecología. Integrante del Grupo de Investigación en Agroecología, miembro de SOCLA y la RENAF, además, ha trabajado en investigaciones conjuntas con la REDMAC. Ha publicado dos libros, tres capítulos de libro y boletines divulgativos. Ha dirigido proyectos de investigación y extensión relacionados con agroecología, abonos verdes, control biológico, soberanía alimentaria, servicios ecosistémicos y semillas criollas.

Baldini, Carolina

Licenciada en Biología (orientación Zoología), egresada de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNYM UNLP). Es Jefe de Trabajos Prácticos de la materia Teledetección y SIG en la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV). Actualmente es becaria doctoral de CONICET, desarrollando su investigación en la Cátedra de Agroecología en la temática de las transformaciones territoriales del Cinturón Hortícola Platense en el período 1985-2015. Se encuentra realizando su tesis de maestría en Gestión Ambiental en la Universidad San Martín (UNSAM). Participa de un proyecto de Investigación y Desarrollo (I+D), un Proyecto Institucional para el Desarrollo Tecnológico y Social (PITS) y dos proyectos de extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF), orientados a la transición agroecológica, los sistemas participativos de garantía y los circuitos cortos de comercialización.

Blanco, Viviana

Ingeniera Agrónoma, UNLP- Argentina. Docente del Curso de Socioeconomía, del Departamento de Desarrollo Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias de esa Universidad. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología, LIRA. Además, es consultora de la Unidad de Gestión y Monitoreo de Programas y Proyectos con financiamiento internacional, del Ministerio de Agricultura de Argentina. Allí integra el Equipo de Gestión Ambiental y Social, donde trabaja en Relaciones de género en las comunidades rurales, Pueblos originarios, Cambio Climático y Agroecología. Con amplia experiencia de campo, ha dictado cursos, seminarios, y talleres de formación para extensionistas, funcionarios públicos y decisores políticos, e integrantes de organizaciones de la Agricultura familiar, en Argentina y el MERCOSUR. Es integrante de la SOCLA, y miembro fundadora de la Sociedad Argentina de Agroecología, SAAE.

Blandi, María Luz

Ingeniera Agrónoma y Doctora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF-UNLP). Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA-FCAYF). Autora de los trabajos: Blandi, M. L., Sioux-Cavalcante, M., Agustina-Gargoloff, N., & Sarandón, S. J.

(2016). Prácticas, conocimientos y percepciones que dificultan la conservación de la agrobiodiversidad. El caso del cinturón hortícola platense, Argentina. Cuadernos de desarrollo rural, 13(78), 97-122 y Blandi, M. L., Rigotto, R. M., & Sarandón, S. J. (2018). Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina, 50(1), 203-216. Secretaria de redacción de la revista de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Bonicatto, María Margarita

Dra. de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP); Licenciada en Biología orientación Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) UNLP. Ayudante diplomada del Curso de Agroecología FCAyF- UNLP. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Autora de los trabajos Bonicatto MM, ME Marasas, SJ Sarandon & ML Pochettino (2015) Seed Conservation by Family Farmers in the Rural–Urban Fringe Area of La Plata Region, Argentina: The Dynamics of an Ancient Practice. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39:6, 625-646. Y Pochettino ML, Bonicatto MM & JA Hurrell (2017) Huertos comerciales del periurbano de La Plata (Buenos Aires, Argentina): Reservorio de diversidad biocultural. En: Casas A.; Torres-Guevara J. & F. Parra. *Domesticación en el continente americano. Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo*. Vol 2. Capítulo 17: 413-430. Directora del proyecto de extensión Variedades hortícolas locales, conservación, producción y consumo.

D'occhio, Melisa

Licenciada en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV). Trabajo Final de Licenciatura: "Conservación de murciélagos en agroecosistemas pampeanos: su importancia para el logro de sistemas agrícolas sustentables" (2018). Ayudante alumna durante el 2018 de la materia Biología de la Conservación en el Departamento de Ambiente y Turismo (UNDAV). Asistente de campo en diferentes proyectos de investigación de ecología de aves y mamíferos (2017 a 2019).

Dubrovsky Berensztein, Nadia

Dra. de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP); Licenciada en Biología orientación Ecología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) UNLP. Ayudante diplomada de la Cátedra de Introducción a la Botánica FCNyM - UNLP. Profesional técnica de la Dirección Nacional de Transferencia y Extensión del INTA. Autora del trabajo: Dubrovsky Berensztein, N.; M. Ricci; L. A. Polack y M. E. Marasas (2017) Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires. Revista de la Facultad de Agronomía,

La Plata (2017) Vol 116 (1): 141-154. Integrante de proyectos de extensión universitaria en temáticas ambientales y socio-productivas.

Flores, Claudia

Ingeniera Agrónoma y MSc en Economía Agroalimentaria con Orientación al Desarrollo Rural de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA, FCAYF, UNLP). Miembro de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Miembro fundador y Vocal Titular de la Comisión Directiva de la Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE). Profesora Adjunta de la Cátedra de Agroecología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales en la que desempeña su labor como docente-extensionista-investigadora desde su creación). Ha publicado 23 trabajos en revistas científicas nacionales e internacionales con referato. Ha sido Coeditora del libro “Agroecología: bases teóricas para el manejo, diseño y evaluación de agroecosistemas sustentables”. Ha escrito 20 capítulos de libros en temáticas referentes a la Agroecología.

Gallego, José Miller

Magíster en Ciencias Agrarias e ingeniero agrónomo de la UNAL. Con experiencia en cultivo de café y proyectos de extensión. Ha escrito artículos relacionados con abonos verdes y efectos de la vinaza en suelos. Integrante del Grupo de Investigación en agroecología por 5 años.

Gargoloff, Natalia Agustina

Dra. de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP); Ing. Agrónoma egresada de la Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Ayudante diplomada del Curso de Agroecología FCAYF- UNLP. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Miembro de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y de la Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE). Los trabajos de investigación y extensión se vinculan a la sustentabilidad de los sistemas hortícolas, la agrobiodiversidad y el conocimiento ambiental local en agricultores familiares del cinturón hortícola de La Plata. Integrante del Grupo responsable del Proyecto Institucional para el Desarrollo Tecnológico y Social (PITS): “Sistema participativo de garantía en la horticultura platense: construyendo soberanía alimentaria”.

Iermanó, María José

Ingeniera Agrónoma y Doctora de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Autora de Iermanó MJ & Sarandón SJ (2018) Eficiencia en el uso de energía en sistemas agrícolas y mixtos en la región pampeana argentina. Su relación con procesos ecológicos, Cap. 1: 4-16, EdiUNS y Iermanó MJ, Sarandón SJ, Tamagno LN & AD Maggio

(2015) Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 114(NºEsp.1): 1-14. Fue Becaria Doctoral (FCAyF-UNLP) y Posdoctoral (CONICET-INTA EEA Bella Vista, Corrientes). Integrante en proyectos de investigación y extensión relacionados a la evaluación, diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.

Lutz, María Ayelen

Doctora en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Licenciada en Biología, con orientación Zoología (FCNyM, UNLP). JTP de la materia Biología de la Conservación en el Departamento de Ambiente y Turismo de la Universidad Nacional de Avellaneda. Ayudante diplomada en la cátedra de Protección y Conservación de la Naturaleza de la (FCNyM, UNLP). Tesis doctoral sobre la relación de los ensambles de murciélagos y el uso de la tierra en el noreste de la región Pampeana de Argentina (2014). Desarrollo de diferentes trabajos y estudios sobre fauna, en particular murciélagos. Autora de publicaciones sobre el tema en revistas científicas, capítulos de libros y medios de divulgación. Miembro del Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina.

Marín Beitia, Elida

Candidata a doctora en Ciencias Agrarias, magíster en Ciencias Agrarias e Ingeniera Agrónoma de la UNAL. Docente Ocasional del curso de Biología del suelo y monitorea de cursos como Rizosfera y Micorriza en la Universidad Nacional de Colombia. Ha escrito siete artículos científicos, entre otras publicaciones. Obtuvo mención meritoria por la investigación realizada en la tesis de pregrado y maestría. Trabaja en proyectos de investigación relacionados con agroecología, biología del suelo y poblaciones del suelo. Sus investigaciones han girado en torno a las poblaciones de macrofauna en suelos del Valle del Cauca y poblaciones del suelo con manejo agroecológico.

May, María Paula

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Ayudante diplomada del Curso de Introducción a las Cs. Agrarias y Forestales (FCAyF- UNLP). Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA-UNLP). Becaria de investigación UNLP y doctoranda del doctorado de la FCAyF-UNLP. Autora de los trabajos: María Paula May; Florencia I. Ciocchini. (2018). Crisis alimentaria global, posibles salidas locales: cultivos tradicionales, en La Plata, Argentina. *Observatorio Mediambiental*. Vol N°21. Pp. 211-231. Y May M. Paula, Otero J., Ahumada A., Bonicatto M. M., Gargoloff N. A. (2018) Cultivos tradicionales en contextos actuales: variedades locales en el cinturón hortícola de La Plata, Argentina. Montevideo, Uruguay. *X Congreso de Sociología Rural*, ALASRU. ISBN 978-9974-8713-0-4. Coordinadora del proyecto de extensión Variedades hortícolas locales, conservación, producción y consumo.

Ortiz Ríos, Juan Carlos

Magíster en Ciencias Agrarias de la UNAL e Ingeniero Agrícola de la UNIVALLE. Integrante del Grupo de Investigación en Agroecología con experiencia en proyectos de investigación enfocados a la agroecología y en la organización de eventos científicos agroecológicos. Ha investigado sobre etnoedafología con la colaboración de la REDMAC, semillas criollas y cultivo de cebolla larga. Ha publicado un capítulo de libro y dos artículos científicos.

Paleologos, María Fernanda

Licenciada en Biología (Zoología) y Doctora en Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Ayudante diplomada del Curso de Agroecología y del Curso de Zoología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF- UNLP). Investigadora del CONICET. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Autora de los trabajos: Paleologos, MF; Iermanó, MJ; Blandi, ML; Sarandón, SJ (2017) "Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología", Revista de Desarrollo Regional- REDES: 92-115 y Paleologos, MF; Pereyra, PC; Sarandón, SJ; Cicchino, AC. (2015) "El rol de los ambientes semi- naturales en la abundancia y diversidad de coleópteros edáficos en los viñedos de la costa de Berisso, Argentina". Rev.Fac.de Agronomía: "Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio" (on line) 1669-9513. Integrante de proyectos vinculados al estudio y fortalecimiento de sistemas agrícolas sustentables de la provincial de Buenos Aires.

Perea Morera, Erika

Ingeniera Ambiental de la UNAL. Integrante del Grupo de investigación en Agroecología, apoya en la organización de eventos científicos relacionados con agroecología, organización y escritura de artículos, libros, capítulos de libros, boletines y fue auxiliar de la clase de Biología del Suelo. Participa en proyectos de investigación y extensión Ha publicado un artículo relacionado con el efecto del glifosato en hongos endófitos y plántulas de una orquídea del Valle del Cauca. Posee experiencia en proyectos agroecológicos, proyectos de reforestación, edición de documentos científicos y en la elaboración de diagnósticos de los grupos de investigación de la UNAL.

Perez Toffoletti, Julieta

Ingeniera Agrónoma, recibida de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAYF UNLP). Cuenta con experiencia en actividades de producción ganadera y desarrollo de Proyectos de Innovación Tecnológica aplicado a ganadería de precisión. Trabajo final de carrera "El rol de los polinizadores en la sustentabilidad" publicado por la Editorial Académica Española (<https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-620-0-01728-4/el-rol-de-los-polinizadores-en-la-sustentabilidad?search=julieta%20perez%20toffoletti>).

Pochettino, María Lelia

Dra. en Ciencias Naturales or. Antropología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, donde se desempeña actualmente como Profesora Titular de Botánica Aplicada, y Profesora Adjunta de Antropología General. Es directora del Laboratorio de Etnobotánica y Botánica Aplicada (LEBA) de la misma facultad e investigadora principal del CONICET. Sus áreas de desempeño son Etnobotánica y Paleoetnobotánica. En los últimos años los temas prioritarios han sido el conocimiento botánico local y su transmisión en contextos rural y urbano, y el estudio etnobotánico de la horticultura, criterios de selección y conservación del material reproductivo, desarrollando sus investigaciones en el Noroeste de Argentina, Misiones y Buenos Aires. Como resultado cuenta con publicaciones y presentaciones en diversos ámbitos y ha desarrollado numerosos proyectos de extensión universitaria. Dirige becarios y tesis en temas vinculados con su especialidad.

Prager Mosquera, Martín

Doctor en Agronomía de la UPM e Ingeniero Agrónomo de la UNAL. Docente jubilado de la UNAL donde impartió clases de agroecología, Bienestar rural y desarrollo, Seguridad alimentaria, Abonos verdes y acolchados orgánicos, Investigación en sistemas de producción y Sistemas de diversificación de producción agrícola. integrante del Grupo de Investigación en Agroecología. Ha publicado nueve libros, dos capítulos de libro y doce artículos científicos, entre otros. Reconocido con la medalla al mérito Científico otorgada por la Alcaldía Municipal de Palmira Valle del Cauca, Colombia en el 2003. También, obtuvo reconocimiento de Extensión Meritoria por el Consejo de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNAL en el 2007 y por su tesis de doctorado, calificado como Cum Laude Sobresaliente en el 2003.

Sánchez de Prager, Marina

Doctor Ingeniero Agrónomo de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Magíster en Suelos con énfasis en Microbiología del Suelo de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Magíster en Administración Educativa de la Universidad del Valle, Ingeniera Agrónoma de la UNAL. Docente de Biología del Suelo, Microbiología, Agroecología Avanzada, Rizosfera, Micorriza y Diseño de Sistemas Productivos Agroecológicos en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Coordinadora Grupo de Investigación en Agroecología, miembro de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y trabaja en investigaciones conjuntas con la Red de Mercados Campesinos Agroecológicos del Valle del Cauca (REDMAC). Recientemente publicó su quinto libro titulado «Aportes de la biología del suelo a la agroecología», ha escrito 104 artículos científicos, 52 contenidos de imprenta, 7 capítulos de libro, entre otros.

Sanclemente Reyes, Oscar

Doctor en Agroecología, magíster en Ciencias Agrarias e Ingeniero Ambiental de la UNAL. Docente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en áreas de propiedades y contaminación

del suelo y, control de la contaminación atmosférica. Docente ocasional de abonos verdes y sistemas de cobertura vegetal en la UNAL y de las áreas de ciencias naturales y educación ambiental en el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Autor de trece artículos científicos y dos capítulos de libros. Desarrolla proyectos de investigación relacionados con abonos verdes, bacterias solubilizadoras de fosfato y captura de carbono.

Sarandón, Santiago Javier

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional de La Plata. Profesor Titular de Agroecología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Docente Investigador Categoría 1. Director del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA), de la citada Universidad. Investigador Principal de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Bs. As. Autor de más de 120 trabajos científicos publicados en revistas nacionales, e internacionales y más de 240 presentaciones en Congresos del país y el exterior. Ha dictado más de 195 conferencias en eventos nacionales e internacionales. Autor de 34 capítulos de libros y editor de 3 libros sobre Agroecología y Agricultura sustentable. Ha dictado 100 cursos de postgrado en el país y en el exterior. Ha dirigido y dirige varias tesis de Maestría y Doctorado sobre Agroecología. Presidente de la Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología (SOCLA) y de la Sociedad Argentina de Agroecología.

Stupino, Susana Andrea

Doctora en Ciencias Naturales y Licenciada en Biología Orientación Ecología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Ayudante Diplomado del curso de Agroecología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF, UNLP); representante del curso en el Departamento de Ambiente y Recursos Naturales (FCAyF). Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA-UNLP). Tema de tesis doctoral sobre la diversidad vegetal espontánea en sistemas hortícolas de La Plata y su relación con diferentes estilos de agricultura (2019). Autora de diversos trabajos en relación con la biodiversidad, en especial la vegetación espontánea asociada a los cultivos, y el efecto de manejo sobre la misma a distintas escalas espaciales. Integrante de proyectos en agroecología, en relación con el estudio y diseño de sistemas agrícolas sustentables.

Tamagno, Lía Nora

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Jefe de Trabajos Prácticos del curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales de la FCAyF – UNLP. Integrante del Laboratorio de Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA). Autora de: Iermanó MJ, LN Tamagno, AD Maggio y SJ Sarandón (2018). Aporte de los sistemas ganaderos a la conservación de la agrobiodiversidad en agroecosistemas pampeanos. Importancia del “potencial de regulación biótica” En: *Sistemas extensivos del sur de la región pampeana. Abordaje agroecológico*. Ed. UNS Serie Extensión. Colección Ciencia y tecnologías. Capítulo 2: 17-33 Tamagno LN, MJ Iermanó & SJ Sarandón

(2018). Los saberes y decisiones productivo-tecnológicas en la agricultura familiar pampeana: Un mecanismo de resistencia al modelo de agricultura industrial. *Mundo Agrario*, 19(42), e100. <https://doi.org/10.24215/15155994e100>

Zúñiga Escobar, Marianela

Licenciada en Nutrición Humana por la Universidad de Costa Rica (UCR), Máster en Gerencia de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) de la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y Doctora en Desarrollo Rural de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur (UFRGS), Brasil. Docente e investigadora de la Sección de Nutrición Pública de la Escuela de Nutrición de la UCR. Miembro de la Comisión Institucional de SAN (CISAN) de la UCR y del Círculo de Referência em Agroecologia, Sociobiodiversidade, Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (ASSSAN) de la UFRGS. Ha participado y coordinado proyectos de investigación y acción social sobre SAN, ferias del agricultor y mercados locales, gobernanza de la SAN desde el enfoque sistémico, abastecimiento alimentario, agricultura familiar, obesidad infantil y patrones alimentarios y de actividad física en escolares.

Sarandón, Santiago Javier

Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable / Santiago Javier Sarandón ; María Margarita Bonicatto ; coordinación general de Santiago Javier Sarandón. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; EDULP, 2020.

Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-34-1948-9

1. Agroecosistemas. 2. Agricultura Sustentable. I. Bonicatto, María Margarita. II. Título. CDD 635.048

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata

48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina

+54 221 644 7150

edulp.editorial@gmail.com

www.editorial.unlp.edu.ar

EduLP integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2020

ISBN 978-950-34-1948-9

© 2020 - EduLP

n
naturales


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA