

LA TAXONOMIA Y LA REVOLUCION EN LAS CIENCIAS BIOLOGICAS

por

ELIAS R. DE LA SOTA

Profesor, Sistemática de Plantas Vasculares
Facultad de Ciencias Naturales y Museo
La Plata, Buenos Aires, Argentina

Departamento de Asuntos Científicos
Unión Panamericana
Secretaría General de la
Organización de los Estados Americanos
Washington, D.C. - 1967

© Copyright 1967 by
The Pan American Union
Washington, D. C.

Derechos Reservados, 1967
Unión Panamericana
Washington, D. C.

*Esta monografía ha sido preparada para su publicación en el
Departamento de Asuntos Científicos de la Unión Panamericana*

Editora: Eva V. Chesneau

NOTA DE INTRODUCCION

La colección de monografías científicas forma parte de los programas generales de información y publicaciones del Departamento de Asuntos Científicos y tiene como finalidad principal difundir y presentar de manera sencilla los nuevos temas y métodos que surgen del rápido desarrollo de las ciencias y de la tecnología.

En la actualidad la colección consta de cuatro series, en español y portugués, sobre física, química, biología y matemática, pero se contempla la posibilidad de incluir otros ramos de las ciencias.

Desde su comienzo se dedicó estas monografías a los profesores y estudiantes de ciencias de nivel secundario y universitario básico, no obstante se aspira a que encuentren también acogida entre los hombres de ciencias dedicados a la investigación especializada y el público en general que se interese en adquirir información o conocimientos sobre la materia.

En esta oportunidad, la Unión Panamericana agradece a la Agencia para el Desarrollo Internacional y a la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos por la significativa ayuda económica recibida en apoyo de este programa, así como al Dr. Elías R. de la Sota, autor de la monografía, y al Dr. Alfredo Barrera, Director del Museo de Historia Natural de la Ciudad de México, México, por la revisión técnica del manuscrito.

Jesse D. Perkinson
Director



PROLOGO

Los seres vivos constituyen un universo de entidades susceptibles de ser clasificadas subordinadamente. Este hecho, conocido desde hace mucho tiempo y aceptado hoy sin discusión, no es comprendido, aunque parezca extraño, en toda su profundidad por muchas personas, incluyendo a algunos estudiosos de la Biología. En efecto, no sólo es corriente que la gente en general vea con frecuencia en el taxónomo a un simple coleccionista, o cuando más a una persona capaz de dar extraños nombres a los animales o a las plantas, sino que también es frecuente que ciertos biólogos "modernos", dedicados al estudio de procesos fisiológicos y bioquímicos más o menos complicados, no perciban las implicaciones evolutivas y filogenéticas de la clasificación y la confundan, ora con la determinación, ora con la identificación de especies y de individuos. Un menoscabo por la Taxonomía se une a menudo a esta incompreensión que, en el fondo, no es sino una subestimación por las disciplinas descriptivas, por las ciencias morfológicas, a las que tanto debe la Taxonomía y a las que se suele calificar de pasadas de moda.

No cabe duda de que las fuentes de información taxonómica se han multiplicado gracias al desarrollo de los medios de observación y al de ciertas importantes ramas del conocimiento. A los caracteres morfológicos clásicos, macroscópicos o microscópicos, el taxónomo de hoy puede a veces sumar otros de tipo submicroscópico, bioquímico, inmunológico, etc., cuyo análisis, por otra parte, puede ser objeto de tratamientos cuantitativos extraordinariamente elaborados. Sin embargo, también es verdad que en muchas ocasiones los caracteres submicroscópicos, bioquímicos y fisiológicos no hacen sino confirmar lo que los caracteres morfológicos --que no son sino expresión de los primeros-- indican, y que de los métodos estadísticos y numéricos se ha abusado de tal manera hasta llegar a alterar la significación de los hechos y a exagerar la de la técnica misma a la que algunos pretenden elevar a un inmerecido rango. Ejemplo de esto último es la actitud del neoadansonismo ante la llamada Taxonomía numérica, a la que el autor de esta monografía coloca en su sitio cuando afirma que

no es una fuente informativa más, sino un nuevo método que aplica y valora los datos de manera distinta y según el cual la mayor o menor afinidad se establece a base de un mayor o menor número de caracteres comunes a los que se da arbitrariamente el mismo valor. La Taxonomía numérica, al considerar el aspecto filogenético como puramente especulativo, pretende disminuir la carga subjetiva en el proceso de la clasificación; lo que logra, en realidad, es llevar a dicho proceso a un mecanicismo discutiblemente adecuado.

Ahora bien, es indudable que la Biología se encuentra en plena revolución y que muchos conceptos deben ser revisados y revalorados. Es imposible pasar por alto las importantes novedades respecto de la naturaleza de los virus, de los micoplasmas y de las formas "L" de las bacterias; no se pueden ignorar los recientes descubrimientos sobre la organización celular y, principalmente, sobre la estructura y papel de los ácidos nucleicos como portadores de la información genética. Estos hechos y otros más tienen repercusión en los diferentes campos de la Biología y, en particular, en aquél que trata de abarcar los dos aparentes contrarios: la unidad y la diversidad del mundo vivo. No en balde la presente monografía lleva por título *La Taxonomía y la Revolución en las Ciencias Biológicas*; estamos seguros que facilitará una mejor comprensión de la primera en el cambiante ámbito de la ciencia contemporánea.

Alfredo Barrera

México, D. F., agosto de 1967

INDICE

	Página
Nota de Introducción	iii
Prólogo	v
CAPITULO PRIMERO. LA TAXONOMIA BIOLOGICA ..	1
Concepto y Orígenes	1
Utilidad y Finalidad	3
CAPITULO SEGUNDO. UN POCO DE HISTORIA	5
Creación e Inmutabilidad de los Organismos.....	5
Taxonomía y Evolución	8
CAPITULO TERCERO. LA TAXONOMIA EN EL SIGLO XX	11
Crisis y Decadencia de la Taxonomía Ortodoxa	11
Nuevos y Estimulantes Enfoques.....	13
Citotaxonomía	14
Palinología	17
Taxonomía Numérica	18
Quimiotaxonomía	23
CAPITULO CUARTO. TAXONOMIA α Y TAXONOMIA ω COMPARADAS	27
Taxonomía Experimental	28
Especimen y Población	30
CAPITULO QUINTO. LOS ARBOLES FILOGENETICOS. .	33
Relictos y Eslabones Perdidos.....	42
El Aporte Paleontológico y la Evidencia Negativa	43
CAPITULO SEXTO. LA NATURALEZA DE LOS CARACTERES	45
Variación y Plasticidad	46
El Peso de un Carácter	48
Filogenia de los Caracteres	50

CAPITULO SETIMO. LOS TAXA	55
Un Nudo Crítico	55
Las Causas de la Variación y el Aislamiento	60
Las Nuevas Entidades: ¿Creación o Descubrimiento?	65
CAPITULO OCTAVO. TAXONOMIA Y NOMENCLATURA	67
Los Abogados de la Biología	67
CAPITULO NOVENO. LA ENSEÑANZA DE LA TAXONOMIA	71
Un Rostro Fascinante	71
CAPITULO DECIMO. LA SITUACION EN AMERICA LATINA.....	75
Su Estado Actual y Necesidades	75
Planificación y Trabajo en Equipos.....	76
BIBLIOGRAFIA	79

LA TAXONOMIA BIOLÓGICA

Concepto y Orígenes

Taxonomía, palabra compuesta de origen griego, significa: "ley o norma de ordenación". En términos generales, expresa una preocupación muy antigua del hombre.

La Taxonomía siguió un ritmo acorde con el desarrollo de las ciencias naturales. Algunas de sus facetas primerizas han sido ya superadas, mientras que otras persisten a la par de novísimos enfoques. Con frecuencia se ha pretendido enfrentar estos períodos de la Taxonomía, denominados "alfa" y "omega", tratando de eliminar el primero mediante la comparación con el segundo. Pero se trata de dos peldaños del avance del conocimiento y, muchas veces, es provechosa su convivencia. Más adelante se volverá a tocar este falso antagonismo.

En un principio, el hombre comenzó a observar y a diferenciar los animales y plantas que despertaron su curiosidad o que le eran útiles o dañinos. Después les puso nombres, lo que implica el primer paso en el largo proceso taxonómico. Poco a poco el número de seres vivos conocidos se fue incrementando y surgió la necesidad de reunirlos en grupos definidos.

¿Y cómo lo llevó a cabo? Esta pregunta, aparentemente sencilla, aún no ha perdido actualidad.

La diversidad de objetos y organismos es evidente, y resulta fundamental agruparlos según los fines que se persigan, primitivamente de índole práctica.

Un conjunto de libros se puede dividir en clases, de acuerdo con el tamaño, tipo de encuadernación, calidad del papel, etc., de los mismos; pero estos atributos nada tienen que ver entre sí ni con la naturaleza esencial de los objetos clasificados. Pero si éstos se agrupan de acuerdo con su contenido, lograremos una clasificación funcional, ya que la división se basa en una cualidad

intrínseca del libro. No sólo será posible localizar cada uno en una biblioteca, sino también encontrar en su vecindad libros afines por el tema.

Esta actividad denominada "clasificación" implica, aunque no siempre, la adopción de un "sistema".

La clasificación de objetos de uso corriente es relativamente simple, pues se trata de unidades que, a lo sumo, envejecen o se destruyen. Pero cuando se refiere a plantas o animales, el asunto es sumamente complejo; los entes proceden de otros y tienen la posibilidad de cambiar en el proceso de reproducción. Se clasifican unidades que heredan una historia y en potencial tienen un futuro.

Antes de continuar es conveniente distinguir dos procesos que, en Biología, se confunden a menudo: "clasificación" y "determinación".

Lo primero implica ordenar o disponer los seres vivos en clases definidas que, por último, constituirán un sistema.

2

La determinación es una labor posterior a la clasificación y consiste en precisar la ubicación de un organismo dentro de un sistema eventualmente en uso. Las unidades se clasifican, los ejemplares se determinan. La clasificación es una actividad de síntesis, mientras que la determinación es básicamente analítica.

Así, cuando se emplean las claves de un manual de la flora de una región, se está determinando la planta que se ha coleccionado u observado, la cual está ya clasificada. Sólo cuando se encuentran especímenes no conocidos aún, se los clasifica, dándoles un nombre y un puesto exclusivo en un sistema.

Como las jerarquías taxonómicas son por definición conceptos de clases de individuos, una planta o animal concreto se "determina" no "identifica", ya que no hay en la naturaleza dos seres exactamente iguales, por más afines que sean. La identidad sólo funciona con respecto al individuo.

Otra confusión frecuente es considerar sinónimos los términos *Sistemática* y *Taxonomía*. El último de ellos, médula de esta breve monografía, se aplica al análisis de la clasificación en cuanto proceso, al establecimiento de sus principios y métodos. La Sistemática biológica es el conjunto jerárquico de todas las categorías de organismos, una estructura o sistema conceptual que abarca la filogenia de la totalidad de los seres vivos.

Taxonomía y Sistemática no significan lo mismo, aunque hay una estrecha dependencia entre ambas, porque una provee las bases y la otra ofrece los resultados concretos. En última instancia, lo que se pretende es idear o hallar un sistema que sea "natural".

¿Qué se entiende por ello? Aquí hay dos criterios fundamentales. Puede considerarse "natural" incluir en el mismo grupo los individuos que presenten un cúmulo de caracteres comunes o los que tengan antepasados inmediatos comunes.

Por ejemplo, se dice que el animal "A" está íntimamente vinculado con el "B" por sus caracteres comunes o, en otro sentido, que "A" se halla emparentado con "B", por poseer un antecesor común "X". En el primer caso la relación se llama "fenética" (por similitudes), mientras que la última se llama una relación "filogenética" (por parentesco). Estos criterios, como veremos más adelante, aunque no siempre coinciden, son la base de los denominados "sistema natural" y "sistema filogenético", respectivamente.

Utilidad y Finalidad

La actividad primaria del taxónomo es la búsqueda de especímenes sobre los cuales va a llevar a cabo sus investigaciones.

¿Para qué sirve eso?, se le puede preguntar a un naturalista que colecciona mariposas, víboras o plantas. Se puede contestar algo cómodo para salir del paso: Para decorar, para extraer el veneno y preparar antídotos o para la elaboración de medicamentos. Nada más sencillo y en general menos cierto. No olvidemos que para el curioso superficial, sólo tiene sentido estudiar lo útil o lo que pueda serlo en un futuro cercano.

Se puede, por ejemplo, herborizar para hacer el catálogo de las plantas de una comarca definida, y después otros especialistas, a partir de estos resultados, indagarán la probable aplicación de dichas plantas. Lo que hoy no es aprovechable, mañana puede resultar una panacea, como prueban ejemplos de estos casos (el de la penicilina entre otros). Además, todo conocimiento es por esencia útil.

Ya en los laboratorios y en las bibliotecas las preguntas siguen y a menudo surgen de los mismos investigadores. ¿Para qué se hace todo eso? La utilidad ya no es un motivo de preocupación y entonces aparece otro interrogante: la finalidad. La razón o motor fundamental de esta búsqueda y ordenación es la sed

insaciable del hombre de entender el mundo que lo rodea. Pero, dejando de lado este aspecto teórico, la Sistemática provee las bases de otras disciplinas. Brinda un lenguaje y un orden que facilitan la transmisión y aplicación del saber.

Esta finalidad inmediata, que se confunde con la utilidad, se concreta en múltiples oportunidades. Así el médico especialista en alergia necesita saber qué plantas producen cierto tipo de polen; al bioquímico le interesan los organismos en que indaga la presencia de una droga; para el biogeógrafo y el ecólogo es fundamental conocer qué elementos constituyen la comunidad cuya historia o dinámica analizan, el geólogo necesita la clasificación de fósiles, que a veces es fundamental para obtener la edad de los sedimentos donde halló aquéllos, etc.

En todo este panorama de aplicaciones, la Sistemática es imprescindible. Pero a veces sus beneficiarios consideran superfluo lo que va más allá de la mera determinación de una planta o animal. Es un medio y nada más; y por ello se insiste en la necesidad y conveniencia de limitarla a estudiar los grupos útiles. Las demás inquietudes del taxónomo, las que constituyen su última meta, se ignoran o no se comprenden.

4

La Sistemática tiene un doble rostro. Es a la vez la base y el vértice de la pirámide de la Biología. Su base crece a medida que se diversifican los seres del mundo orgánico. El vértice es la síntesis, acaso inalcanzable, de la ordenación jerárquica de los seres vivos presentes y pasados. Es el término de la búsqueda de un sistema que refleje la realidad natural y nos permita conocer la esencia y los mecanismos de los cambios de ese fascinante universo que crece, se reproduce y muere.

Se ha hablado hasta aquí de la Sistemática por ser el resultado, la parte concreta. Si la utilidad y demás finalidades de la Sistemática no son bien comprendidas aún, menos lo serán las de la disciplina que la estudia como un proceso: Taxonomía.

UN POCO DE HISTORIA

Desde hace tiempo se pretende idear un modelo de clasificación que abarque la totalidad de los organismos, no sólo los actuales sino también los fósiles.

A pesar de esa continua y tesonera labor, aún no se ha logrado un sistema que satisfaga todas las exigencias y éstas aumentan a medida que se conocen más los seres vivos.

Este afán, ya con cierta forma, se remonta históricamente a la época de Aristóteles y sus discípulos. Así Teofrasto, considerado el padre de la Botánica, clasificaba las plantas de acuerdo con su porte y domesticidad, usando caracteres seleccionados *a priori* y dando un fin utilitario a su sistema.

No tiene mayor sentido, y resultaría monótono, mencionar por orden cronológico los centenares de sistemas propuestos para la clasificación de los seres del reino animal y del vegetal. Más fructífero es presentar y comentar en forma esquemática las bases y la metodología de los mismos.

En la elaboración de un sistema impera una finalidad y se parte de categorías que se definen por los caracteres de los seres que abarcan, cuyo criterio de valoración y selección ha cambiado en el curso de la historia.

Algo se ha insinuado en el capítulo anterior sobre las finalidades de estos sistemas. Bajo un aspecto primario, cada uno es un esquema que permite la ordenación por grado de parentesco de los organismos en categorías definidas, lo que facilita su determinación. En última instancia, se pretende hallar un sistema que refleje una realidad natural. Son sus metas prácticas y teóricas, respectivamente.

Creación e Inmutabilidad de los Organismos

Desde Teofrasto hasta Linneo se trata, en general, de "sistemas artificiales", o sea basados en una selección arbitraria de

los atributos que sirven para diferenciar y vincular los seres de los grupos establecidos.

Esta etapa histórica culmina en Linneo. En lo que se refiere a las categorías, a partir de este famoso naturalista escandinavo, la fundamental o punto de arranque es la "especie", y como tal, ésta adquiere una dimensión universal. Linneo y sus contemporáneos consideraron a la especie inmutable y creada por la Divinidad. Aunque no negaban la variabilidad de los individuos y, por ende, de sus caracteres, la misma se atribuía a diferencias climáticas y edáficas. Con este criterio fijista, un ejemplar de planta o animal podía representarla o tipificarla.

Muchos son los méritos de Linneo, pero sólo mencionaremos los que tuvieron mayor influencia en el futuro: el reconocimiento de la especie como unidad base, la nomenclatura binominal, el establecimiento de una escala jerárquica de categorías y la introducción de una terminología científica uniforme.

6 Más adelante, aunque el concepto de especie se mantuvo sin variantes, muchos biólogos llegaron a la conclusión que a partir de un solo carácter o de pocos para clasificar los organismos, no se podía lograr un sistema que reflejara su "afinidad". El empleo de un mayor número de elementos de juicio y el no incurrir en una selección arbitraria de los mismos, fueron las bases de los denominados "sistemas naturales".

Y hay algo muy curioso en todo este proceso. Si las especies fueron creadas y existieron siempre como tales, ¿de qué manera se explica entonces la idea de relación o afinidad natural? Sólo podría ser interpretada como una cualidad sobrenatural, inherente a la especie desde el momento de su origen.

El uso de todos los caracteres posibles de los seres vivos en su clasificación planteó a su vez el problema de su jerarquización. ¿Son todos iguales o algunos son más importantes que otros? Y así surge una posición peculiar, conocida como la "doctrina adansoniana". De acuerdo con su autor, el botánico francés Adanson, en un sistema de clasificación todos los caracteres empleados deben tener el mismo peso o valor. ¿Pretendía así eliminar la apreciación subjetiva? Visiblemente, Adanson se adelantó a su época, y ya regresaremos al tema cuando se trate más adelante uno de los disidentes enfoques de esta disciplina: la Taxonomía numérica.

Linneo siempre reconoció el grado de arbitrariedad de su sistema y nunca pretendió que fuera perfecto. El momento así lo

exigía; la exploración y acopio de material en riquísimas regiones extraeuropeas necesitaban una rápida clasificación y la ordenación de lo descubierto según un sistema sencillo, sin mayores ambiciones.

En resumen, antes del advenimiento de las teorías de la evolución, los sistemas se elaboraron partiendo de la premisa de que su unidad, la especie, era un ente inmutable creado por Dios. Al final de este período se comienza a abandonar la selección arbitraria de los caracteres y se busca ya la "afinidad natural" entre especies, géneros, familias, etc.

Se podrían representar una clasificación natural y otra artificial a partir de cinco especies de plantas, que se diferencian en cuatro juegos de caracteres, simbolizados cada uno por una letra, según se ilustra a continuación

Especies	Caracteres
1	ABCX
2	ABCx
3	AbCx
4	AbcX
5	abcX

7

Si se clasifican artificialmente, eligiendo *a priori* el par de caracteres Xx, se tienen dos grupos, el primero con X: 1, 4 y 5, y el segundo con x: 2 y 3.

Pero si se hace partiendo de todos los caracteres, tratando de no jerarquizarlos, el resultado se complica, ya que las posibilidades de agrupar las especies son múltiples. De esas combinaciones se podría seleccionar como más adecuada la siguiente: primero, con ABC en común: 1 y 2; segundo, con Ab en común: 3 y 4; y tercero con abc: 5.

Aquí hay una cierta valoración, ya que se consideran más fundamentales para establecer la afinidad entre las especies los pares de caracteres Aa, Bb y Cc, dando un lugar secundario al Xx.

De todas maneras, si comparamos ambos métodos, la artificialidad del primero es evidente. Basándose en la elección arbitraria de un sólo atributo, separamos las especies 1 y 2, que presentan una estrecha relación fenética (tres caracteres en común

de un total de cuatro) y por otro lado, vinculamos las especies 1 y 5, a base de un solo carácter en común (X). (Fig. 1).

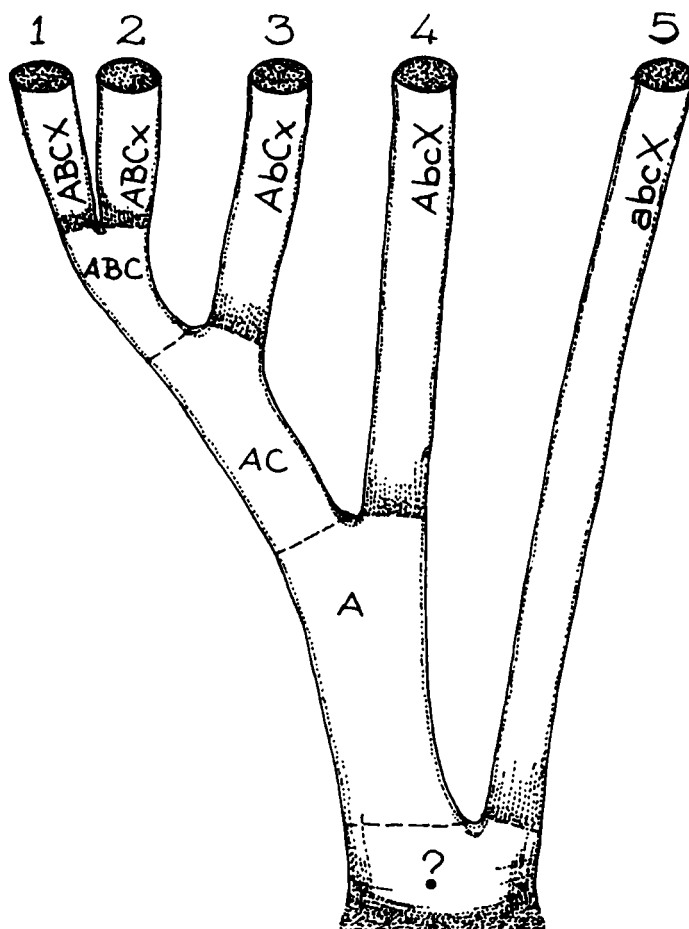


Fig. 1. Esquema de un sencillo árbol filogenético de cinco especies hipotéticas con sus caracteres (ABCX, ABCx, AbCx, AbcX y abcX), y características de sus probables antecesores inmediatos (ABC, AC, A, ?).

Taxonomía y Evolución

Sin ninguna duda, el factor que cambia radicalmente los fines, métodos y naturaleza de los sistemas de clasificación es la teoría de la evolución.

Lo limitado del espacio de esta monografía no permite comentar y discutir las diferentes teorías de la evolución (lamarckismo, darwinismo, neolamarckismo, neodarwinismo, teoría sintética de la evolución, etc.).

Los seres vivos pueden cambiar en el proceso de su reproducción y dar origen a otros con ciertos caracteres distintos. Hay una materia prima dinámica que hace factible la variación y sobre ella actúan complejos factores de calificación, fijación y mantenimiento de las nuevas formas que se logran.

La especie no es una entidad inmutable ni tampoco puede estar tipificada por un ejemplar, sino por "poblaciones", es decir, un conjunto de individuos de la misma especie que ocupan una extensión definida (en tiempo y espacio), bajo determinadas condiciones ambientales y que, por cruzamientos (siempre que se trate de poblaciones con reproducción sexual), intercambian libremente su material genético. Como se puede apreciar, son complejos dinámicos, no estáticos ni fortuitos, cual si se tratase de un espécimen de planta o animal disecado y conservado en una colección.

La idea de evolución ya se insinúa en la época precedente o creacionista. El mismo Linneo, en 1762, un siglo antes de Darwin, anticipa una teoría evolucionista, según la cual en la creación de la especie intervienen la Divinidad y la Naturaleza. Hasta llega a admitir que ciertas especies pueden haberse originado por cruzamientos.

Aquí dejamos de lado las teorías metafísicas sobre la evolución, como las de San Agustín y ciertos filósofos naturalistas. Para ellos la evolución era el cumplimiento de planes preestablecidos por la Divinidad. Aun paleontólogos de la talla de Cuvier, que tenían a su alcance el testimonio de una sucesión histórica de faunas, manteníanse aferrados al creacionismo e inmutabilidad de los seres vivos.

La aceptación general de la evolución ha llevado a sopesar y juzgar los caracteres que definen los peldaños de la Taxonomía, a partir de otros patrones. Este proceso implica la adquisición de nuevos atributos en un grupo, que se denomina "avanzados o especiales", por oposición a los "primitivos o generales", presentes en sus antecesores. Se introduce un vector más, el tiempo, y se distinguen "niveles de especialización" alcanzados por una característica, estructura u organismo.

Al margen de estos hechos, se planteó el tema de cómo acontece el fascinante proceso de la evolución, o sea, cuáles son sus causas y cómo actúan. La Taxonomía pasa de su etapa estática a una dinámica.

Ahora, con estas nuevas aunque rudimentarias ideas, tratemos de examinar las especies vegetales aludidas en los ejemplos anteriores. Lo haremos a base de posibles relaciones de parentesco, dejando de lado por el momento el nivel de especialización de sus caracteres. Partiremos de esta premisa: Todo atributo común a un grupo de individuos estuvo presente en su antecesor inmediato. Aquí también las posibilidades de esquemas son numerosas, y no es tarea sencilla eliminar el peso de factores subjetivos en la

valoración de los caracteres en juego. ¿Qué se logrará? Una clasificación expresable en un simple "árbol filogenético" (Fig. 1). Esto coincide con los resultados que se obtienen mediante la metodología de una clasificación natural. Pero, ¿sucede así siempre? ¿Tendríamos el mismo panorama al introducir el criterio de caracteres primitivos y avanzados?

Hemos pasado a vuelo de pájaro desde Teofrasto hasta los principios del siglo XX, desde los sistemas artificiales hasta los filogenéticos, desde los utilitarios hasta los más recientes, donde la finalidad esencial es precisar las relaciones de parentesco de los grupos y los hechos que expliquen la evolución del mundo viviente.

En resumen, se pueden distinguir tres tipos de clasificación, que corresponden a otras tantas épocas en el desarrollo histórico de la Taxonomía y la Sistemática: artificial, natural y filogenética. Superando estas etapas Alston y Turner, en 1963, proponen la división siguiente de los períodos de la historia de la Taxonomía:

a) Megamórfico (desde 400 años a. de J. C. hasta 1700): las clasificaciones se hacen a base de caracteres de la morfología externa.

b) Micromórfico (desde 1700 hasta 1860): el estudio de los seres vivos y su clasificación se profundiza gracias a la invención del microscopio y a sus consecuencias.

c) Evolucionista (desde 1860 hasta 1900): los sistemas se fundan en las relaciones de parentesco y se abandona el fijismo y creacionismo de la especie.

d) Citogenético (desde 1900.....): a partir del redescubrimiento de las leyes de la herencia, la Taxonomía comienza a transformarse en una disciplina experimental, y se presta especial atención a las causas genéticas de la evolución.

e) Bioquímico (desde 1950.....): el parentesco de los organismos se establece de acuerdo con patrones bioquímicos.

Es decir, en la actualidad la Taxonomía está atravesando dos períodos simultáneos: el citogenético y el bioquímico. Estos nuevos enfoques y otros son el objeto del próximo capítulo.

LA TAXONOMIA EN EL SIGLO XX

Crisis y Decadencia de la Taxonomía Ortodoxa

A grandes pasos, a partir de Linneo, debido a la generalización de la nomenclatura binominal, a un léxico científico apropiado y a una escala de categorías taxonómicas subordinadas, a la par que a un adelanto técnico indiscutible, el conocimiento de la diversidad de formas y estructuras del mundo orgánico se incrementó notablemente.

Por un lado, se llevaron a cabo numerosos viajes de exploración biológica. Gran parte de estas primeras colecciones en masa, fruto de esfuerzos y penurias, fueron a enriquecer los principales centros de investigación del viejo mundo. Así comenzaron a crecer los herbarios y las exposiciones de animales en Inglaterra, Alemania, Francia, Italia, etc. y, en América, en los Estados Unidos.

A la etapa heroica y a veces novelesca de aquellos coleccionistas que se adentraron en las selvas o atravesaron las variadas regiones del planeta, siguió la paciente labor de describir todo lo que se recibía y de clasificar las nuevas entidades de acuerdo con los sistemas naturales o filogenéticos en boga.

Después del choque de las ideas de Darwin, la evolución fue poco a poco aceptada, pero nada se sabía de sus íntimos detalles. Algunos sistemáticos se aventuraron a construir árboles filogenéticos a partir de la información morfoanatómica y del aporte creciente, pero paupérrimo, del mundo fósil.

Con el avance técnico y el redescubrimiento de las leyes de la herencia enunciadas por Mendel, la actividad taxonómica comienza a entrar en una etapa divergente y competitiva. Algunos sistemáticos continúan con la tesonera labor de exploración, descripción y clasificación del material recogido a raudales, mientras que otros ya penetran en el fascinante campo de la evolución, tratando de desentrañar sus secretos y causas, aunque sin la

pretensión de abarcar la totalidad del mundo orgánico. El aspecto primeramente mencionado, que es en esencia descriptivo y estático, se llama hoy "Taxonomía clásica", "ortodoxa" o "alfa".

El nacimiento de otras disciplinas biológicas, como Ecología, Morfogénesis, Embriología, Citología, Genética, etc., y los estudios experimentales sobre material vivo, ofrecieron un panorama sumamente atractivo. Todo esto llevó a considerar, errónea e injustamente, los primeros pasos de este largo camino como una etapa superada.

Los nuevos biólogos enfocaron los problemas con un criterio dinámico, liberándose de sistemas de estructuras y modelos rígidos y tipificados. Los nuevos enfoques colmaban sus lógicas inquietudes, brindando mayores posibilidades de progreso y satisfacción personal.

Algunas disciplinas se presentaron con un aspecto impresionante y produjeron un fenómeno de "modas", que aún hoy persiste. Legiones enteras de incipientes investigadores se dedicaron a la Citotaxonomía, Citogenética, Palinología, etc. Cada vez aparecía un aspecto nuevo, más complejo y apasionante que desplazaba a los anteriores.

Esto condujo a la subestima y hasta el olvido de los peldaños básicos de la clasificación. Mucho tuvo que ver con esto el inevitable avance y diversificación de la ciencia, y también los seguidores de la Taxonomía clásica, que no marcharon acordes con la revolución que se operaba a su alrededor. Dejaron de valerse de nuevos métodos y técnicas e ignoraron los adelantos que se llevaban a cabo en otras disciplinas. Se mantuvieron aislados dentro de un esquema secular, catalogando el número de especies conocidas, pasando de Linneo y sus coetáneos, que describían una especie con una decena o menos palabras, a diagnosis detalladas y verbosas.

Se llegó a un momento, en Europa, que el conocimiento de la flora y fauna era suficiente para superar esa fase. Pero, ¿acontece en la actualidad lo mismo en América latina y otras vastas regiones del globo? Por desgracia no. Dentro de la zona Neotrópica hay enormes territorios no explorados aún sistemáticamente y de otros sólo se tiene un pobre muestrario de su posible riqueza. En estas regiones es necesario continuar con la actividad tradicional, si bien rejuvenecida, sin olvidar otros campos del conocimiento biológico. El atraso obliga a atacar varios aspectos simultánea y concurrentemente. No se puede caer en la repetición histórica de lo que ha sucedido en países avanzados a lo largo de un par de siglos.

El retraso en alcanzar los aspectos primarios incide sobre el atraso de otras disciplinas. Así, es posible analizar la dinámica de una comunidad forestal en una región totalmente explorada, donde la determinación de los árboles se puede llevar a cabo en cualquier época del año, aun partiendo de material precario desde el punto de vista informativo (ramas sin flores ni frutos). ¿Qué sucedería si se pretendiera hacer investigaciones semejantes en muchas áreas boscosas de América latina? En Amazonas, para mencionar un caso extremo, puede haber hasta un centenar de especies arbóreas por hectárea, y de un buen porcentaje de ellas sólo se conocen el tronco y a lo sumo las hojas, nada se sabe de sus órganos reproductores. ¿Cómo hacer estudios a partir de una base tan pobre?

En la mayor parte de los países europeos y aun en los Estados Unidos de Norteamérica, una buena monografía de la flora de una región, en lo que a plantas superiores se refiere, suple la función de un sistemático ortodoxo, pero en otras partes, su función es imprescindible para abordar temas laterales.

Como se puede apreciar, la crisis de la Taxonomía clásica tiene un origen subjetivo. No se puede alimentar un falso antagonismo entre diferentes niveles de una misma disciplina, ya que su coexistencia se justifica plenamente en numerosas oportunidades.

13

Nuevos y Estimulantes Enfoques

En la actualidad, la exploración sistemática cuidadosa de un grupo de plantas o animales ya no se limita a claves, descripciones y bibliografía y material consultado; sino que, por lo general, tiene algo más que cambia el panorama, que lo enriquece. Las monografías actuales aportan más elementos de juicio, que permiten el desarrollo de especulaciones marginales y el establecimiento de relaciones de parentesco sobre bases más amplias y sólidas.

Esto no significa que un estímulo puede cambiar substancialmente el enfoque. Hay datos sin duda más fundamentales que los puramente morfológicos. Un estímulo puede ser un nuevo método o un dato informativo.

Ahora pasaremos a comentar algunos de estos enfoques, sin la pretensión de abarcarlos todos, sino más bien como ejemplos de su influencia.

Citotaxonomía

El uso de los caracteres localizados en los cromosomas para resolver problemas sistemáticos (como la diferenciación de entidades en grupos críticos y las relaciones de parentesco) se ha incrementado mucho en los últimos tiempos. Pero esto no representa una información morfológica más, sino algo primordial, ya que los cromosomas constituyen la base de la herencia.

En el campo de la Citotaxonomía o Citogenética, uno de los primeros datos que se requieren es el número de cromosomas, que es constante para cada especie de planta o animal.

Este número de cromosomas de cualquier célula somática se dice "diploide" ($2n$), mientras que en los gametos o células que incumbe la reproducción (óvulos y espermatozoides, por ejemplo) se reduce a la mitad, n , y se dice "haploide". No se olvide que los gametos proceden de células somáticas especiales que, mediante dos divisiones sucesivas (una reductora y otra ecuacional), originan cuatro células germinativas, cada una con la mitad de cromosomas que poseía el núcleo madre. El número diploide se restablece en el proceso de la fecundación al formarse el huevo o cigoto, punto de partida de un nuevo ser.

14

Se llama número "básico u operacional" (x) al menor haploide encontrado en un género, familia, etc. Así, en el caso de los sauces (*Salicaceae*) x es igual a 19. Este número puede ser constante o no dentro de una categoría sistemática. Por ejemplo, en la familia de la remolacha (*Chenopodiaceae*) $x = 9$, mientras que en otra muy emparentada con ella, a la que pertenecen los claveles (*Caryophyllaceae*), x es notablemente variable (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17).

Volviendo a los sauces, no todas sus especies tienen el mismo $2n$, aunque sí idéntico $x(19)$. Así, en las Islas Británicas, hay sauces con $2n$: 38, 76, 114, 152, todos múltiplos de 19. Este hecho se llama "poliploidía" y las especies en que ocurre pueden constituir una serie más o menos numerosa.

En las plantas ahora mencionadas, la primera, con 38 cromosomas somáticos, tiene un número diploide ($2x$); la de 76 cromosomas, un tetraploide ($4x$); la de 114, un hexaploide ($6x$), y la de 152, un octoploide ($8x$).

La poliploidía es bastante frecuente en el reino vegetal y representa uno de los medios de formación de nuevas especies.

Se denominan "poliploides equilibrados" cuando el múltiplo o factor de x es par ($4x$, $6x$, $8x$) y los organismos donde ocurren son fértiles. Los de valores intermedios ($3x$, $5x$, $7x$), "no equilibrados", son básicamente estériles.

A veces la alteración del número cromosómico no representa un múltiplo de x , sino una pérdida ($2n - 1$) o ganancia ($2n + 1$) de un cromosoma; este fenómeno se llama "aneuploidía". La variación se puede explicar por la duplicación de un cromosoma aislado, la fragmentación de alguno o su pérdida total. Los seres aneuploides son apomícticos en la naturaleza (sólo se reproducen por partenogénesis o vegetativamente).

La poliploidía se puede originar por cruzamientos ("anfi" o "aloploidía") o por autoduplicación de sus cromosomas ("autopoliploidía").

Muy a menudo la anfiploidía es un medio de fijar híbridos interespecíficos estériles. Si cruzamos una especie "AA" con otra "BB", el híbrido resultante "AB" será estéril si no tiene todos sus cromosomas homólogos, requisito indispensable para el proceso de la meiosis (formación de células sexuales). Pero esto será factible si el híbrido "AB" duplica sus cromosomas originando un "anfitetraploide" ("AABB") fértil. Por ejemplo, en la figura 2

15

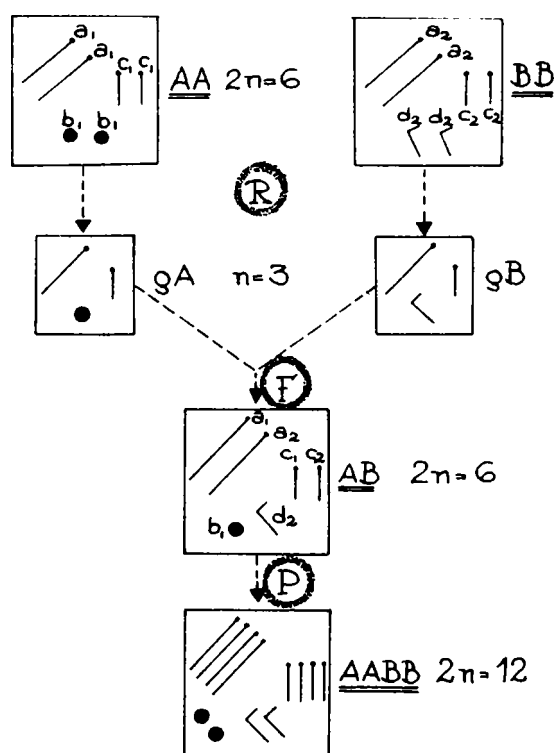


Fig. 2. Formación de un alotetraploide fértil (AABB), a partir del cruzamiento de dos especies (AA x BB) que dieron previamente origen a un híbrido estéril (AB). En todos los casos se indican los juegos de cromosomas homólogos de AA (a_1, b_1, c_1) y BB (a_2, c_2, d_2); gA y gB , gametos de AA y BB, respectivamente; R reducción meiótica; F, fecundación; P, poliploidía.

tenemos el caso de un cruzamiento entre dos especies (AA × BB), cada una de las cuales tiene pares de cromosomas homólogos, que se designan en el esquema por las letras a1, b1 y c1 para "A" y a2, c2 y d2 para "B". Las células somáticas del híbrido correspondiente (AB) tendrán también 3 pares de cromosomas, pero sólo dos serán homólogos y el restante no (b1, d2). ¿Qué pasa si este organismo duplica sus cromosomas? Estaremos en presencia de un anfitetraploide con 12 cromosomas somáticos. Aquí todos tendrán sus respectivos homólogos y pueden dar gametos normales. Un ejemplo clásico es el del probable origen del tabaco (*Nicotiana tabacum* de $2n = 24$), a partir de *N. otophora* ($2n = 12$) × *N. sylvestris* ($2n = 12$).

Este aspecto dinámico, presentado de modo fragmentario, da la pauta de su importancia para comprender ciertos procesos evolutivos y la formación de nuevos tipos en determinados grupos de seres vivos.

Desde el punto de vista estrictamente morfológico interesa, en los cromosomas, además de su número, su forma, dimensiones, presencia de satélites, localización del centrómero, comportamiento en la meiosis (frecuencia y posición de los quiasmas), etc.

16

En lo que se refiere a tamaño, hay desde organismos con cromosomas pequeñísimos (alrededor de 1μ) hasta los gigantes politenes, que se encuentran en las glándulas salivales de ciertos dípteros, como la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Sus dimensiones inusitadas han permitido trazar "mapas cromosómicos", donde se hallan ubicados los genes a que se deben ciertos caracteres somáticos.

También el número de cromosomas varía entre límites muy amplios, desde $2n = 4$ (de una planta de la familia de las *Compositae*, *Haplopappus gracilis*) o $n = 1$ (en un gusano, *Ascaris megalocephala*, variedad *univalens*), hasta los altos poliploides de algunos helechos ("lengua de serpiente", *Ophioglossum*), donde n es igual, aproximadamente, a 1250.

Los datos cromosómicos son de gran ayuda en Taxonomía, pero a veces se ha dado a su solo número una importancia excesiva en detrimento de otros datos. Además, una cosa es hacer Citotaxonomía, y otra es llevar a cabo estudios citogenéticos, donde la fase experimental es imprescindible.

Palinología

Esta joven rama de la Botánica tiene por objeto la investigación de los granos de polen (de las fanerógamas) o de las esporas (de las plantas inferiores, como los helechos, musgos, hongos, algas, etc.). Exigencias micropaleontológicas, médicas (alergias), industriales (elaboración de miel), paleoecológicas, paleoclimáticas, etc., han sido causa de un notable avance de esta disciplina en las últimas décadas. En la actualidad hay revistas exclusivamente dedicadas a la Palinología, que centralizan todo lo que se refiere a este campo.

El estudio de los granos de polen y de las esporas no sólo añade el conocimiento de finos caracteres morfológicos de las plantas, sino que brinda la posibilidad de hacer otras investigaciones muy provechosas.

Es posible determinar muchas plantas conociendo solamente las características de estos granos (simetría, dimensiones, número y posición de los poros germinativos, escultura de las capas). Esto es de gran ayuda en casos donde no hay otro material informativo (fósiles).

En numerosas oportunidades, un cuidadoso análisis de las dimensiones de los granos de polen o de las esporas y su vitalidad (funcional o abortada) puede dar la sospecha de híbridos estériles, poliploides o poblaciones apomícticas. Todo esto es fundamental para comprender la evolución de grupos de especies íntimamente vinculadas y no siempre fáciles de distinguir por su morfología.

Por ejemplo, el estudio de las esporas de ciertos helechos pertenecientes al género *Dryopteris*, comunes en el hemisferio norte, permite reconocer los híbridos, aun en especímenes secos de herbario. Como en los productos de cruzamientos interespecíficos los cromosomas se distribuyen de modo irregular en las esporas, éstas varían genéticamente, presentan formas irregulares y dimensiones dispares (Fig. 3).

En otros helechos, como en las populares "doradillas" (*Anemia*), frecuentes en los países del Plata, se han encontrado en ejemplares morfológicamente muy parecidos las siguientes diferencias:

a) Unos contenían esporangios de 64 esporas funcionales y un diámetro uniforme; resultaron diploides, y al germinar sus

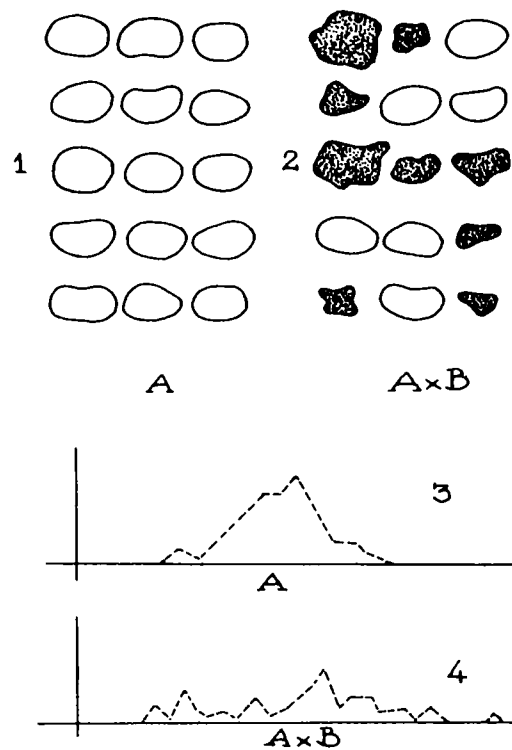


Fig. 3. 1, muestrario de esporas de una especie de helecho A; 2, ídem de un híbrido estéril A x B (en punteado las esporas que escapan por sus dimensiones o formas irregulares); 3, polígono de frecuencia para las dimensiones de las esporas de A; 4, ídem para el híbrido A x B.

esporas dan protalos normales, con reproducción sexual corriente.

18

b) Otros tenían esporangios cuyo número de esporas era variable y sus dimensiones muy dispares; resultaron ser triploides y al germinar sus esporas dan protalos no funcionales, no se realiza la fecundación y los jóvenes esporofitos se originan por apogamia.

La Palinología puede dar informaciones de este tipo y otros y brinda una serie de cuestiones más allá del minucioso estudio de una pequeña estructura.

Taxonomía Numérica

Uno de los problemas que más preocupa al sistemático es el peso de los caracteres de los organismos objeto de estudio. ¿Tienen todos el mismo valor o los hay más importantes que otros? Y en este caso, ¿qué criterio se sigue para saber si el carácter "X" tiene mayor peso que "y"? ¿Es una actividad subjetiva o se resuelve mediante un planteamiento lógico?

Por ejemplo, la forma de la hoja en un género de plantas puede ser lo más decisivo para diferenciar las especies, mientras que en otro este carácter es secundario en comparación con los tipos de pelos que cubren su superficie. Esta conclusión es fruto de la experiencia y de un conocimiento más o menos completo

del grupo. Hay caracteres que son más sensibles que otros a los cambios ambientales, y este hecho no es uniforme para todos los organismos. No se puede establecer una regla fija, aunque, en general, los atributos finos e íntimos son más constantes.

Dice el refrán que "no hay nada nuevo bajo el sol" y muchas de las novísimas ideas no son sino la actualización de las viejas.

Así, en 1763, el botánico francés Adanson, contemporáneo de Linneo, propuso un sistema de clasificación basado en todos los caracteres observados de las plantas y dándoles igual importancia.

Este principio, rejuvenecido y mecanizado, de una antigüedad de dos siglos, se conoce como "doctrina neoadansoniana" y es la base de la llamada "Taxonomía numérica" o "Taximetría". A diferencia de la Citotaxonomía, Palinología y Quimiotaxonomía no es una fuente informativa más, sino un nuevo método que aplica y valora los datos de una manera distinta.

Según este método, la afinidad se establece a base del mayor o menor número de caracteres comunes (relación fenética), considerando el aspecto filogenético puramente especulativo y tratando de eliminar la valoración subjetiva. ¿Hasta qué punto se ha logrado esto y con qué resultados?

<i>unidades</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>caracteres</i>			
1	+	+	-
2	+	-	+
3	+	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	+	-
7	+	+	-
8	-	+	+
9	+	+	+
10	-	-	+

Fig. 4. Tabulación de diez caracteres (1 a 10) en tres especies (A,B,C) de acuerdo con la anotación "+" y "-".

Por las técnicas taximétricas más sencillas los caracteres, mediante sus estados o expresiones se tabulan según las alternativas: todo o nada, 1 ó 0, más o menos, y se usa la notación "NC" cuando no se puede establecer comparación.

En el ejemplo del cuadro de la figura 4 tenemos tres unidades (que pueden ser especies): A, B y C, en las cuales se ha examinado la presencia o la falta de 10 caracteres. Esto significa que si el atributo N° 3 se refiere a "hojas opuestas", si la planta las tiene se anota "+" y si son alternas, es decir, no opuestas, se anota "-".

	A	B	C
A	X		
B	0,80	X	
C	0,20	0,20	X

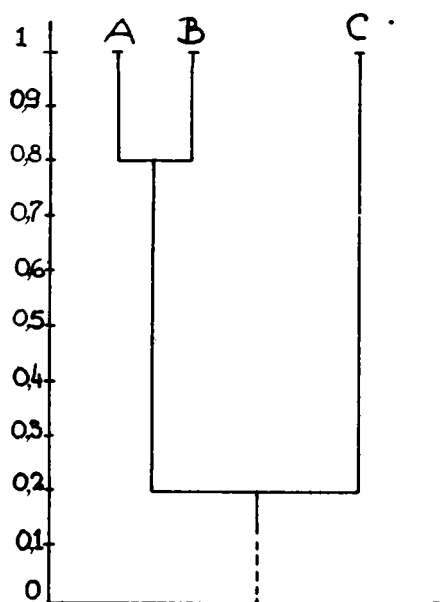


Fig. 5. Arriba, coeficientes de similitud de las especies A,B,C de la figura anterior a partir de los caracteres tabulados.

Abajo, dendrograma correspondiente.

De estos datos se puede obtener un "coeficiente de similitud", que es igual a la relación entre los caracteres en común y la totalidad de los tabulados. Este coeficiente varía entre 0 y 1, 0 cuando no hay similitud y 1 cuando existe identidad. Los valores determinados se hallan en la parte superior de la figura 5 y, basándose en los mismos, es factible construir un "dendrograma" (Fig. 5, parte inferior), que no es un árbol filogenético, aunque se le asemeja superficialmente.

Hay otras técnicas más completas de tabulación, pero su comentario escapa a la finalidad de este capítulo.

La Taximetría, que se ha empleado con cierto éxito en la Sistemática microbìológica, requiere el empleo de decenas a centenares de caracteres y su complejo análisis se lleva a cabo con computadores electrònicos, convenientemente alimentados. Es éste un ejemplo de cómo un adelantotécnico torna posible el desarrollo de una nueva metodología.

Pero, ¿es lógico dar a todos los atributos de un organismo idéntico valor? Tal vez eso sea más fácil de comprender en los animales y plantas inferiores, cuya estructura es muy simple.

A modo de ejemplo pasaremos a un caso concreto, donde sus resultados son absurdos. Se parte de 3 especies vegetales (véase la tabla de la Fig. 6): X, Y y Z, semejantes en todo menos en lo que se refiere a las hojas. En estos órganos, usando la notación anteriormente comentada de +, - y NC, se tienen en cuenta 7 caracteres (presencia o falta de un estado definido): 1 (existencia de la hoja), 2 (forma), 3 (margen), 4 (ápice), 5 (superficie), 6 (color) y 7 (nerviación). En la planta "Z" los atributos 2-7 no se pueden tener en cuenta, ya que carece de hojas.

	X	Y	Z
1	+	+	-
2	+	-	NC
3	+	-	NC
4	+	-	NC
5	+	-	NC
6	+	-	NC
7	+	-	NC

Fig. 6. Tabulación de siete caracteres (1 a 7) en tres especies (X,Y,Z) a base de la notación "+", "-" y "NC" (no comparación).

Aplicando el método propuesto por Kendrick en 1963, se obtiene un coeficiente de similitud ("M") entre X/Y y X/Z del siguiente modo

$$M_{X/Y} = \frac{n + 1}{n + (1 + 6)} \text{ (las similitudes + las diferencias)}$$

$$M_{X/Z} = \frac{n + 0}{n + (0 + 1)}$$

Si $n = 10$, se tiene para $M_{X/Y} = \frac{11}{17} = 0,64$ y para $M_{X/Z} = \frac{10}{11} = 0,90$, o sea que la especie "X" es más semejante a "Z"

que a "Y". Pero "X" y "Y" poseen hojas, mientras que "Z" es áfila. Aquí se ve cómo la igualdad de peso conduce a un resultado ilógico.

Para evitar estos casos se ha recurrido a lo que se llama "dependencia de los caracteres" (Kendrick 1963), distinguiendo "caracteres primarios" y "secundarios". Si se adopta un criterio morfológico, como en el ejemplo anterior, un carácter primario es siempre un órgano (la hoja). Entonces, el peso de un atributo primario es tantas veces mayor, cuando está presente, como atributos secundarios aporta (7), ya que si la planta carece de hojas, no habrá expresión de forma, margen, color, nerviación, etc.

Planteado desde este nuevo punto de vista se tabula, como se indica en la figura 7 y aquí,

$$M_{x/y} = \frac{10 + 7}{10 + 13} = 0,73 \quad M_{x/z} = \frac{10 + 0}{10 + 7} = 0,58$$

y estos resultados están más de acuerdo con la realidad.

22

Kendrick da un claro ejemplo de dependencia refiriéndose al caso de los artrópodos. Este numeroso grupo de animales se caracteriza por una cutícula quitinosa, apéndices articulados, mecanismos de muda, carencia de músculos circulares, de cilias y de membranas mucosas, y gran capacidad para regenerar sus apéndices. Una cutícula de esa naturaleza es un carácter primario, ya que todos los restantes son, directa o indirectamente, consecuencia de éste (caracteres secundarios).

	X	Y	Z
1	+++++++	+++++++	-----
2	+	-	NC
3	+	-	NC
4	+	-	NC
5	+	-	NC
6	+	-	NC
7	+	-	NC

Fig. 7. Lo mismo que en la tabla anterior, pero usando el criterio de "dependencia de los caracteres" (véase el texto).

Sokal (1963), uno de los defensores más entusiastas de la Taxonomía numérica, encuentra los siguientes inconvenientes

para aplicarla a la sistemática de las plantas (y tal vez de los animales superiores): a) la escasez de caracteres y b) lo que determina ésto: la manera de seleccionarlos. De acuerdo con Sokal, los sistemáticos corrientes sólo consideran "carácter" a lo que hace factible distinguir un organismo de otro, y eso limita la generalización de las técnicas taximétricas.

Mucho se ha discutido el valor de este método, y aquí no se pretende criticar sino informar. Uno de los puntos de la Taxonomía numérica más atacados por los biólogos es que divorcia la especulación filogenética de los procedimientos sistemáticos.

Quimiotaxonomía

Las diferencias en la composición de los seres vivos ha llamado la atención desde tiempo remotos, cuando el hombre comenzó a reparar en su aroma, gusto, etc. y a usarlos en la alimentación, como medicinas, drogas, etc.

Esto representa una fuente de saber que también puede aplicarse a la clasificación de los seres vivos. La conjugación de la Bioquímica y de la Taxonomía dio recientemente origen a una nueva disciplina: la Quimiotaxonomía.

En un principio, toda la investigación se centralizó en los productos secundarios (alcaloides, gomas, resinas, aceites esenciales), tal vez porque son los más útiles y llamativos, dejando de lado los primarios, ya que, por ser fundamentales, su distribución es prácticamente universal en el material examinado.

La presencia de una substancia determinada puede dar un indicio de parentesco entre organismos, pero no siempre es así. La nicotina se encuentra en el tabaco y en la planta "cola de caballo" (*Equisetum*), si bien ambas plantas están muy distanciadas desde el punto de vista filogenético pues la primera es una fanerógama y la segunda pertenece a un grupo primitivo emparentado con los helechos.

El análisis de la composición química de los seres vivos llevó al desarrollo de la Bioquímica comparada. La aplicación sistemática de estos datos se remonta a 150 años.

Casos clásicos los ofrecen la reclasificación de los grandes grupos de algas, hechos a partir de la naturaleza de los pigmentos y las substancias elaboradas durante la fotosíntesis, y la reestructuración sistemática de los eucaliptos, a partir del análisis de sus aceites esenciales.

Más adelante, la actividad y el interés se concentraron en las proteínas, lo cual es lógico, ya que son la base material de todos los fenómenos vitales. Sus moléculas son tan complejas y hay tan enorme posibilidad de combinación de sus partes que es permitido decir que cada especie animal o vegetal se caracteriza por un sistema proteínico exclusivo. En la actualidad ya no parece tan lejana la profecía del bioquímico Crick sobre una "Taxonomía proteínica".

Recientemente se han llevado a cabo investigaciones de este tipo de Taxonomía en huevos de aves que dieron muy buenos resultados. No sólo se estudió la composición de las proteínas, sino también la secuencia y ubicación de sus aminoácidos integrantes.

Pasando a la parte metodológica, hay varias técnicas de estudio quimiotaxonómico, pero sólo se mencionarán las más usuales: las basadas en la serología, la cromatografía y la electroforesis.

La serología, que fue motivo de muchas críticas, tuvo un gran desarrollo entre 1920 y 1930, y la mayoría de sus resultados sobre el reino vegetal se deben a la escuela alemana de Königsberg, dirigida por Mez y sus sucesores. Hasta se llegó a construir árboles filogenéticos de las plantas a base, casi exclusiva, de la información serológica.

El fundamento de este método radica en la reacción "antígeno-anticuerpo" y se puede ilustrar de la siguiente manera: si se introduce en el torrente circulatorio de un animal "X" sangre de un animal "Y" se produce un precipitado característico, que no sólo es específico de "Y" sino también de otros animales emparentados con él. En Botánica, en vez de sangre, se han empleado jugos de plantas, con resultados similares. Esto constituye la "serodiagnosís" filogenética.

Mayores posibilidades y exactitud ofrecen en la actualidad las técnicas de cromatografía y electroforesis aplicadas a este tipo de investigaciones. El reducido espacio de esta monografía, no permite entrar en los detalles de las mismas.

Paso a paso, penetrando aún más en la composición química de los seres vivos, se llega a lo que se podría denominar y se denomina en efecto "Taxonomía molecular".

Se sabe que el DNA (sigla del ácido desoxiribonucleico) es el constituyente de los genes, partículas éstas de los cromosomas y base material de la herencia. La compleja molécula de DNA está formada por dos cadenas helicoidales y paralelas de bases púri-

cas y pirimídicas, unidas entre sí por enlaces que actúan específicamente.

Estudios recientes de bacterias y células de mamíferos permiten comprobar la posibilidad de establecer homologías entre dos estructuras simples de DNA, procedentes de distintos organismos. La formación de la doble hélice, característica del DNA, sólo ocurre entre especies emparentadas. Esto es lo que se ha llamado "hibridación del DNA" y ha conducido a resultados sorprendentes (Hoyer, McCarthy & Bolton, 1964).

Mucho se espera de la Quimiotaxonomía, y aún más cuando su desenvolvimiento sea más amplio y se cuente con nuevas técnicas. Algunos autores, como ya se indicó (Alston & Turner, 1963), hablan de un "período bioquímico" en la historia de la Taxonomía.

Otro de los problemas laterales que surgen de la aplicación de esta disciplina es el que la presencia y cuantía de una sustancia en un ser vivo pueden variar por causas internas (fluctuación diaria, estacional, ontogenética) o externas (diferentes tipos de suelo o clima).



TAXONOMIA α Y TAXONOMIA ω COMPARADAS

Se llama Taxonomía clásica, ortodoxa o alfa, a la meramente descriptiva y estática que se basa en datos o caracteres morfológicos. Su objeto es describir y clasificar los seres vivos, según categorías de parentesco, en un sistema u orden. La unidad de partida es la especie a la que siguen otras cada vez más amplias, como se indica a continuación:

Especie (y grados de parentesco infraespecíficos: subespecie, variedad, raza, forma, etc.)

Género

Familia

Orden

Clase

División (en plantas) y *Phylum* (en animales)

Reino.

En caso necesario se intercalan entidades conceptuales intermedias mediante el prefijo "sub" (subgénero, subfamilia, suborden, etc.) o tribu (entre géneros afines) o sección, serie (para agrupar especies de un mismo género).

Todo esto forma una escala ordenada y rígida. A pesar de las críticas de que ha sido objeto, la Taxonomía clásica es aún imprescindible en vastas regiones del globo, donde el conocimiento de la fauna y de la flora es escaso. Además, no debe olvidarse de que hay buenos y malos sistemáticos ortodoxos, sea cual fuere el sistema que adopten.

El enfrentamiento entre sí distintos niveles en Taxonomía es absurdo y su resultado negativo. Un equilibrio sano y el trabajo en equipo puede salvar esta situación de falso antagonismo.

Taxonomía Experimental

A esta manera de enfocar el viejo problema también se le denomina "Biosistemática", término poco feliz ya que ambas, la Sistemática de hace 300 años y la de nuestros días, trabajan sobre seres orgánicos, a menos que el vocablo se limite al empleo de material vivo. Más adecuado es denominarla experimental, destacando su índole dinámica.

Esta sistemática "omega" se basa en toda la información posible y es una interminable síntesis. Su punto de partida no son especímenes aislados, sino poblaciones, que permiten analizar el comportamiento reproductivo-genético y ofrecen un adecuado panorama de las variaciones de sus integrantes.

Mediante cruzamientos se establece el grado de fertilidad y vigor de los híbridos, y la naturaleza de las "barreras de esterilidad", caso de haberlas.

Dado que los individuos que componen las poblaciones de una misma especie difieren morfológicamente, es necesario el trabajo experimental para apreciar si tal variación es de origen genético o es el resultado de las condiciones del medio.

28

Desde hace varios años se resuelve esto aplicando técnicas de trasplante (en el caso de los vegetales), que pueden ser "recíprocas" (Fig. 8, 1), a "un medio uniforme" (Fig. 8, 2) o "clonal" (Fig. 8, 3). El último es uno de los procedimientos más útiles, aunque no siempre factible, ya que brinda la oportunidad de analizar la variación del fenotipo, partiendo de un genotipo uniforme. De una planta de malvón o begonia, mediante gajos, hojas, etc., logramos por reproducción vegetativa una población homogénea en su material hereditario (un "clon") y se pueden repartir sus integrantes en diferentes nichos ecológicos.

En resumen, la totalidad genética de un individuo es su "genotipo", mientras que la expresión o exteriorización del mismo de acuerdo con el medio es su "fenotipo". Dos organismos con un mismo genotipo pueden presentar distintos fenotipos. Las técnicas de trasplante permiten estudiar esta relación "genotipo-ambiente-fenotipo".

Otra diferencia apreciable entre los que cultivan la Taxonomía experimental y la clásica es que los primeros trabajan con un género o grupo de especies emparentadas y no pretenden abarcar en sus planes de investigación la totalidad de los seres vivos. Su objetivo es otro: revelar la evolución y sus mecanismos, a partir de casos concretos.

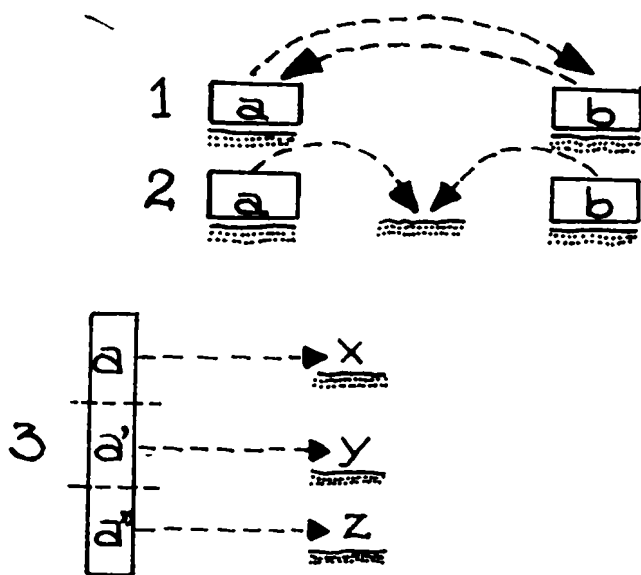


Fig. 8. Trasplantes experimentales: 1, recíproco; 2, a un medio uniforme; 3, clonal (a, a', a'', fragmentos de un individuo; x, y, z, diferentes medios).

Para tal fin, se ha ideado una serie de categorías o unidades (hay sobre esto diversos puntos de vista), que nada tienen que ver con las propuestas por los taxónomos ortodoxos, aunque a veces puede haber una cierta correspondencia entre unas y otras.

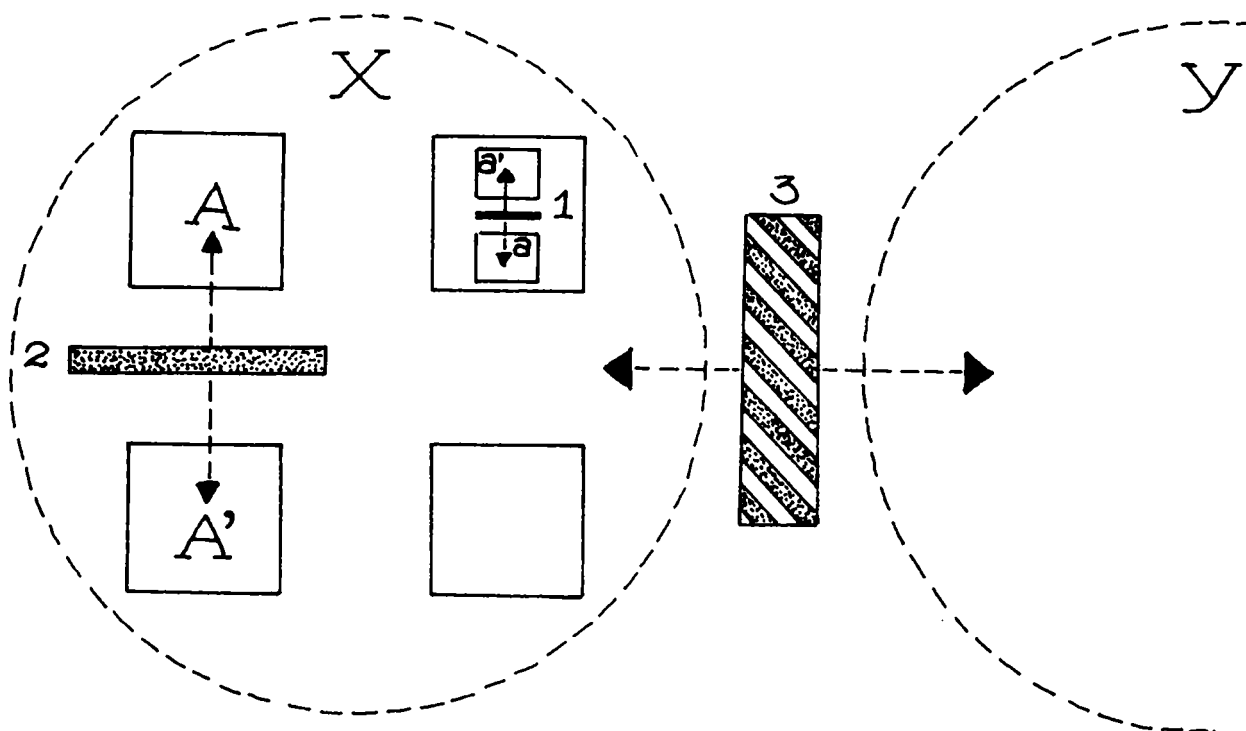


Fig. 9. Categorías experimentales de acuerdo con Turesson): a, a', ecotipos; A y A', ecoespecies; X, Z, cenoespecies; 1, barrera ecológica; 2, barrera genética incompleta 3, ídem completa. Las flechas indican cruzamientos.

Estas unidades se definen por la capacidad de cruzamiento de sus integrantes, la fertilidad y vigor de la descendencia, y la presencia o no de barreras de esterilidad.

De acuerdo con el esquema de Turesson (Fig. 9), las categorías experimentales se denominan: ecotipo, ecoespecie, cenoespecie y *comparium*.

Los ecotipos, dentro de una misma ecoespecie, son interfértiles entre sí, ya que no hay barreras genéticas, pero su individualidad y la limitación de un libre intercambio de material genético están restringidos por "barreras ecológicas".

La ecoespecie presenta barreras genéticas, aunque incompletas. De manera que, cuando se cruzan dos ecoespecies pertenecientes a la misma cenoespecie, el híbrido resultante es parcialmente estéril, o, si resulta fértil, sus descendientes en la segunda generación están debilitados.

Entre cenoespecies afines, las barreras genéticas son completas y sus híbridos son siempre estériles, a menos que la anfiploidía, partenogénesis o reproducción vegetativa permitan su supervivencia.

El *comparium* reúne en sí todas las cenoespecies que se pueden cruzar.

Se puede establecer tentativamente una equivalencia entre estas unidades y las que se usan en Taxonomía clásica:

Ecotipo.....	Subespecie o variedad
Ecoespecie.....	Especie
Cenoespecie.....	Sección o subsección de un género
<i>Comparium</i>	Género

Además, Turesson propuso el término "agamo-especie" para agrupar conjuntos de formas que no se reproducen sexualmente.

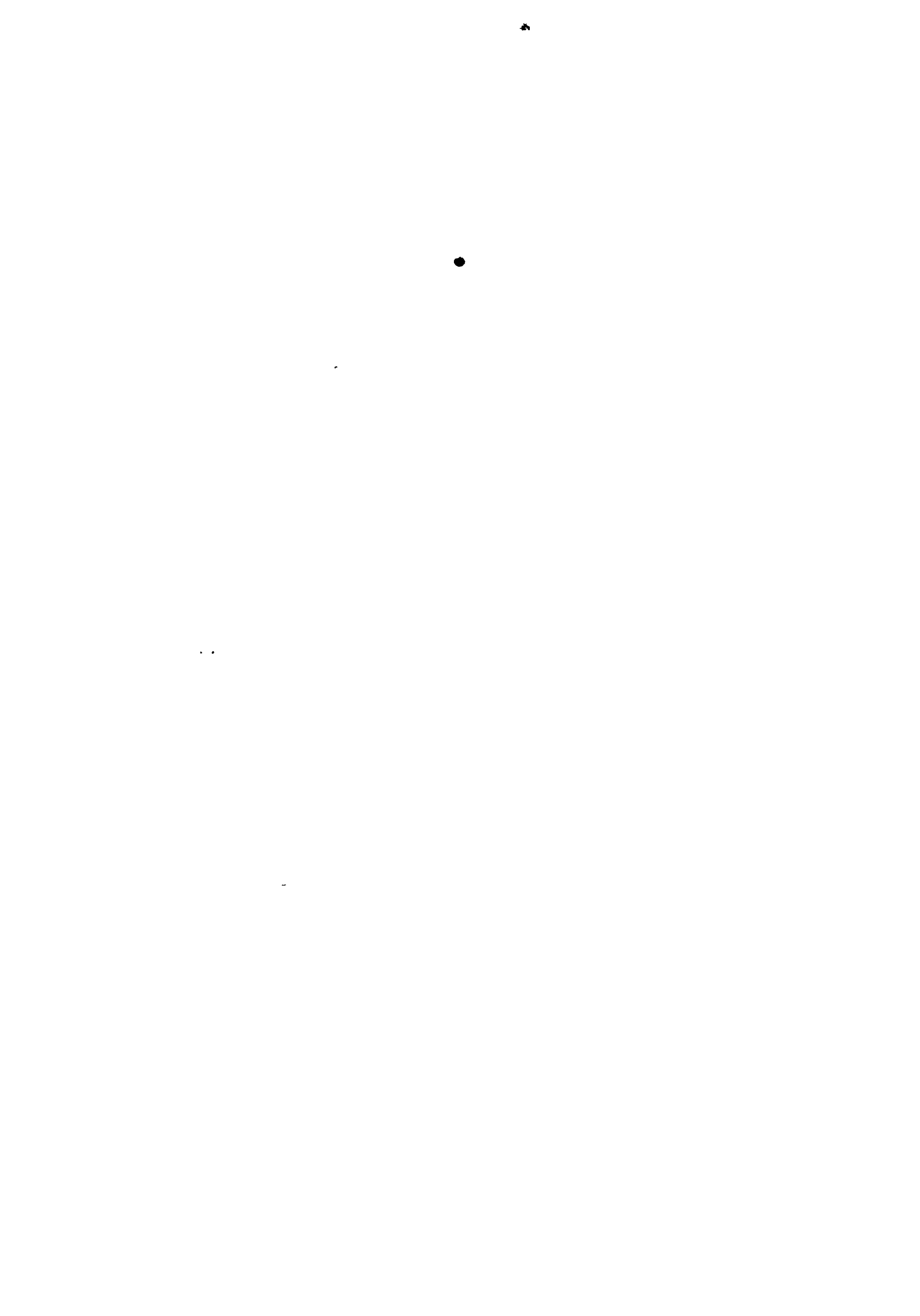
Especimen y Población

Los sistemáticos ortodoxos trabajan con individuos o fragmentos más o menos representativos de los mismos. Un botánico establece una nueva especie, la caracteriza y comenta su variabilidad a partir de un conjunto de ejemplares de herbario, que en la mayoría de los casos son incompletos.

Los taxónomos experimentales, como ya se ha visto, por la naturaleza de sus métodos, llevan a cabo su labor a partir de especímenes vivos y se basan en poblaciones.

Los peligros de partir de especímenes son múltiples, pero a menudo es el único medio con que se cuenta. Gracias a esto, un especialista en Europa puede hacer la revisión monográfica de un género o familia de plantas o insectos que viven exclusivamente en América tropical mediante el estudio de un conjunto de ejemplares que le remiten varias instituciones. Esta base no da la pauta de la variabilidad de la especie. Con frecuencia se propone una unidad a partir de uno o pocos individuos que, justamente, pueden corresponder al extremo de la curva de variabilidad de ciertos caracteres, y más cuando éstos se aprecian cuantitativamente. Los especímenes de que dispone un investigador no bastan para llevar a cabo un análisis estadístico y, mucho menos, correlacionar la variación de los fenotipos a las condiciones del medio. Las fichas llenadas por los coleccionistas carecen muy a menudo de datos precisos sobre suelo, exposición y aun exactitud geográfica o altitudinal. Por desgracia muchos de estos informes no se pueden tener en cuenta.

Por otro lado, sería imposible abordar todo desde un punto de vista experimental. El objetivo de la Sistemática, de brindar un panorama razonablemente completo de la diversidad de tipos del mundo orgánico, estaría muy lejano. Lo anterior no implica una crítica, sino un comentario sobre la lógica limitación de la Taxonomía clásica. Gracias a ese estatismo de sus métodos, tenemos ahora un discreto conocimiento de la fauna y la flora de determinadas regiones, si bien en otras este aspecto aún se encuentra en pañales.



LOS ARBOLES FILOGENETICOS

Se define como "filogenia" la historia evolutiva de un grupo de organismos.

La evolución es un proceso general de los seres vivos; consiste en cambios de índole cualitativa y cuantitativa, que se transmiten por herencia, dando como última etapa la aparición de nuevos tipos. Estos no siempre son viables ni significan progreso; tampoco se les puede asignar una dirección preestablecida, si bien en ocasiones es factible descubrir su tendencia a base del camino ya cubierto.

Comúnmente se consideran filogenia y evolución como sinónimos. Para la primera interesa conocer los antecesores de las especies y el momento en que se originaron, y ésto sólo se logra a partir de la información paleontológica. Aquí se habla de grupos "antiguos" o "modernos".

En evolución lo fundamental es el grado de especialización alcanzado por plantas o animales; se puede trabajar y extraer conclusiones científicas a partir de datos recientes. Según este criterio, los grupos se denominan "primitivos" o "avanzados". No siempre un grupo antiguo es primitivo en sus caracteres, y a veces organismos antiguos coexisten a la par de los más recientes. Todo esto hace necesario distinguir bien ambos conceptos.

Se puede ejemplificar lo expuesto a partir de un sencillo e hipotético árbol filogenético de los saurópsidos (reptiles y aves). Como se aprecia en el esquema de la figura 10, las aves (A) se han originado a partir del mismo tronco que los cocodrilos (C), que son los reptiles más evolucionados. Desde el punto de vista "filogenético", las aves y cocodrilos están emparentados por tener un antecesor común pero, teniendo en cuenta el grado de especialización de los representantes de estos grupos, los cocodrilos se aproximan más a los restantes reptiles, mientras que las aves se alejan sensiblemente por la adquisición de nuevos caracteres.

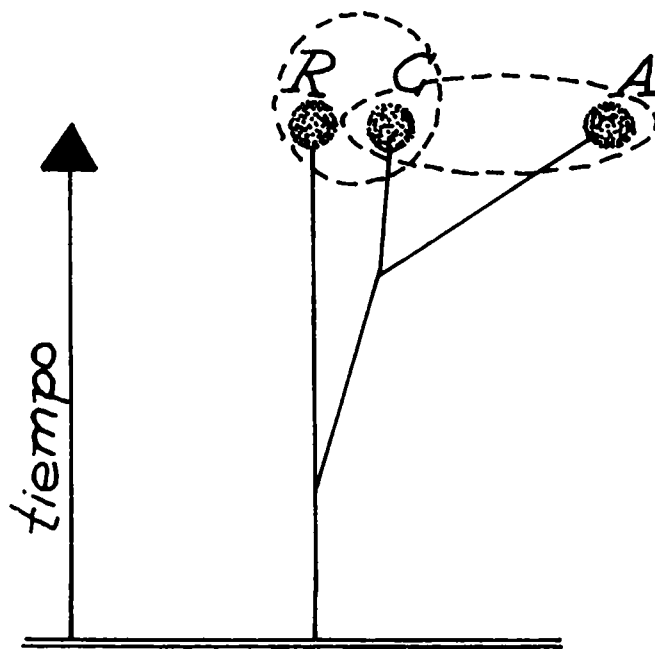


Fig. 10. Relaciones filogenéticas (elipse) y evolutivas (círculo) dentro de los saurópsidos: R, reptiles; C, cocodrilos; A, aves.

34

Para construir el árbol filogenético más o menos ideal de un grupo se requiere: a) determinar los posibles antecesores; b) precisar los momentos decisivos de arranque de los descendientes y c) establecer el grado de especialización de cada uno de sus integrantes. Un árbol consta de taxa reales, hipotéticos, vivientes y fósiles.

No es tarea sencilla construirlo y casi siempre queda mucho en un terreno especulativo, ya que los hechos distan mucho de ser completos. Además, para abarcar la dimensión tiempo es imprescindible el testimonio paleontológico.

Los procesos evolutivos así como sus mecanismos y resultados son muy complejos. En lo que se refiere a su naturaleza, la evolución es en esencia "divergente", pero pueden aparecer otras variantes, como "paralela", "convergente" o "reticulada" (Fig. 11). Los fenómenos de paralelismo y convergencia enmascaran muchas veces la historia evolutiva de un grupo, y hasta llegan a originar falsas interpretaciones de parentesco.

Se llama paralelismo a la aparición de órganos o estructuras similares en líneas filéticas remotamente emparentadas. La convergencia ofrece resultados análogos, pero se presenta en grupos no vinculados filogenéticamente. En el reino animal hay ejemplos muy ostensibles de convergencia, como los ojos de los cefalópodos y vertebrados, las alas de los insectos, aves y quirópteros, etc.

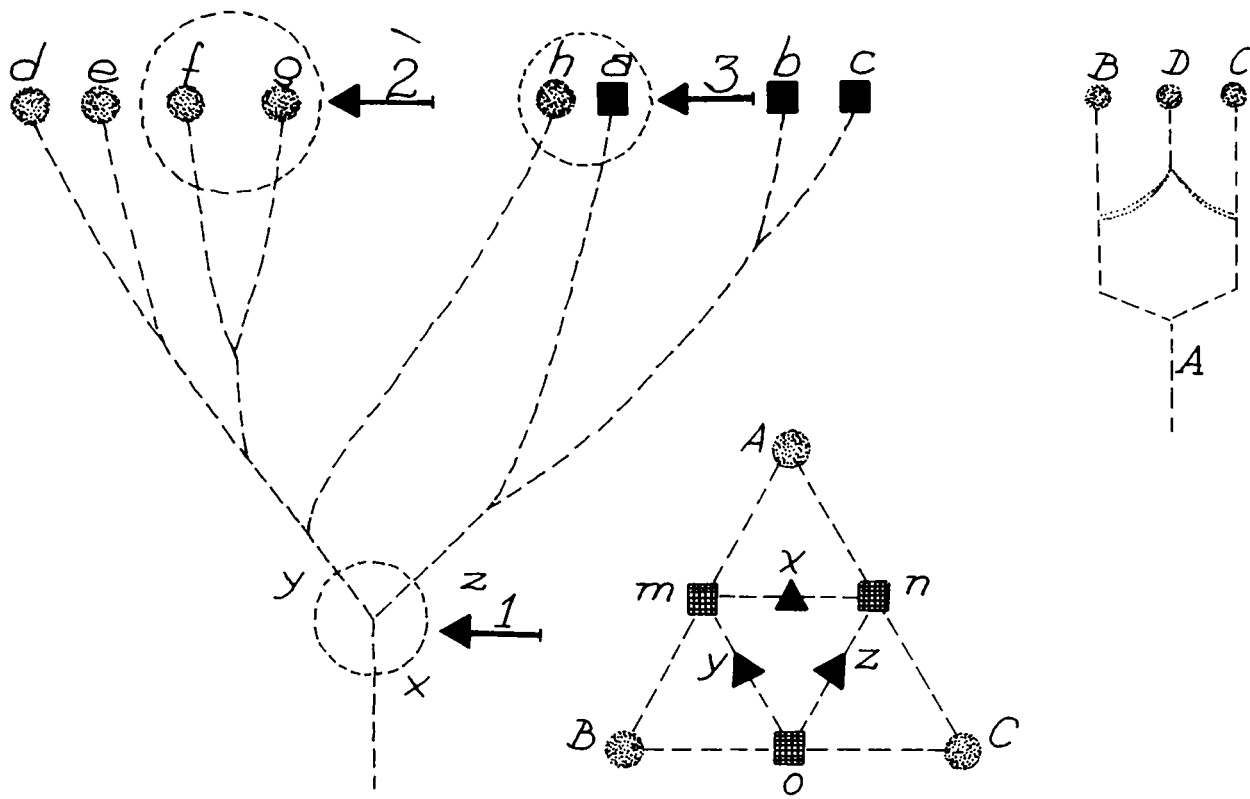


Fig. 11. Arriba izquierda, esquemas de evolución divergente (1), paralela (2) y convergente (3) en un árbol filogenético para ocho unidades (a-h). Arriba derecha, caso simple de evolución reticulada (A, antecesor común; B y C, antecesores inmediatos; D, híbrido resultante de B x C). Abajo, ejemplo de evolución reticulada compleja en ciertos helechos (A,B,C, antecesores).

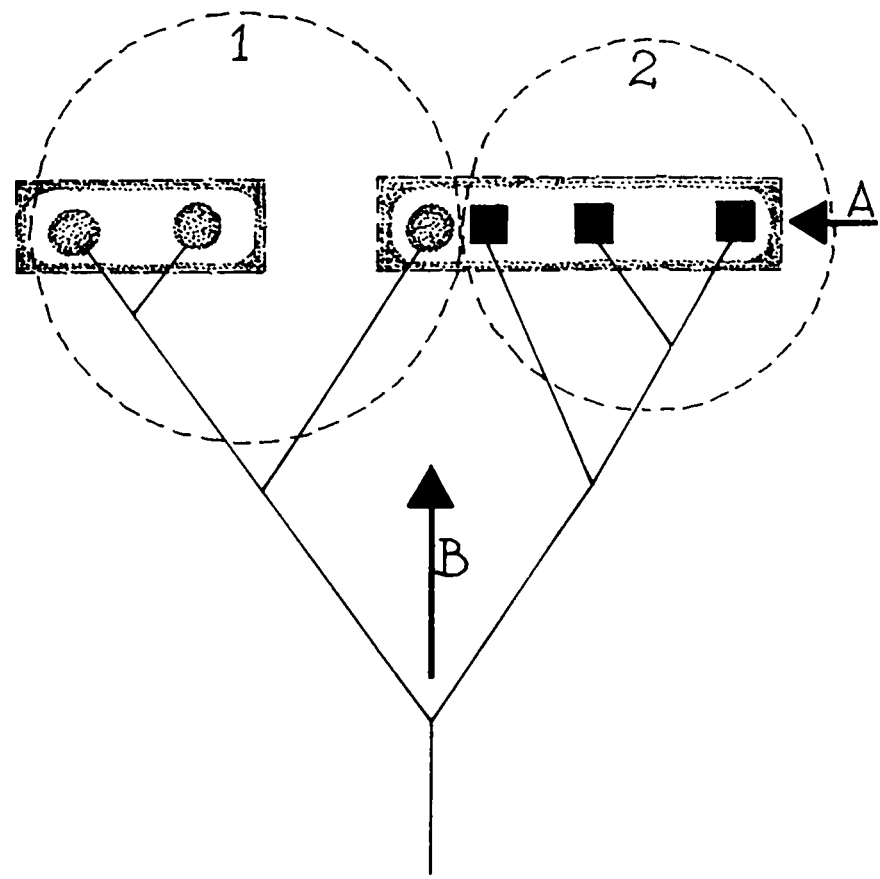


Fig. 12. Relación fenética (caso "1", rectángulos punteados; clasificación horizontal) y filogenética (caso "2", círculos interrumpidos; clasificación vertical).

Los seres vivos pueden clasificarse en un sentido horizontal, desde un punto de vista fenético y excluyendo la dimensión tiempo (Fig. 12, proceso A), o en un sentido vertical, filogenético (ídem, proceso B). En el primer caso, como se advierte en el esquema, hay el peligro de incluir en un grupo elementos que decididamente pertenecen a otro y cuya semejanza es sólo fruto de una convergencia.

En seres donde es frecuente el tipo de evolución reticulada, como en ciertos helechos, el panorama se complica muchísimo en lo que se refiere a la orientación del proceso. Tomemos uno de los casos más simples (Fig. 11, arriba derecha), donde dos especies (B y C), que tienen un antecesor común (A), originan por cruzamiento una tercera (D). Un esquema más denso se ilustra en la misma figura (ídem, abajo); aquí hay tres antecesores (A, B, C) que, por hibridación, forman otras especies (m, n, o), las cuales pueden a su vez cruzarse entre ellas y dar una tercera descendencia (x, y, z). En este caso no es posible establecer una tendencia, ya que se trata de un retículo intrincado, cuyo esclarecimiento no es siempre fácil.

36

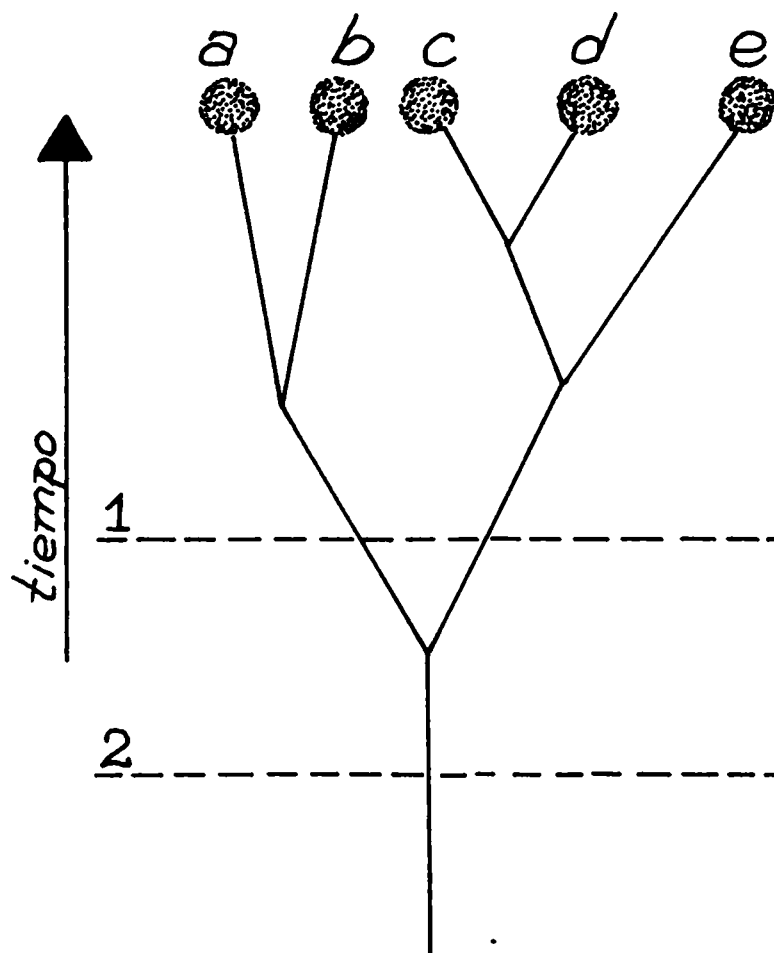


Fig. 13. Apreciación relativa del origen de un grupo constituido por cinco unidades (a-e); en el nivel temporal 1 es difilético, en el 2, monofilético.

Cuando se trata de un grupo sistemático de mayor importancia, interesa el número de sus troncos antecesores o sea, si es mono, di, tri o polifilético, problema éste objeto de constante controversia en la mayoría de los casos. El concepto es relativo, pues depende del estadio temporal de referencia. Así, el grupo integrado por 5 unidades que aparecen en el esquema de la figura 13, será difilético si se considera el momento "1" de la escala de tiempo, pero si se desciende a un nivel inferior "2", se puede considerar monofilético. En otros, por más que se retroceda en el tiempo, se mantiene la independencia de sus líneas de descendencia. Por supuesto, el monofiletismo es un argumento en pro de la naturalidad de los grupos.

Desde la aceptación de las teorías evolutivas, los sistemas de clasificación trataron de reflejar el parentesco de los grupos respectivos. Muchos naturalistas se aventuraron a construir los tan conocidos y llamativos "árboles filogenéticos", en su mayor parte basados en la especulación, ya que al principio de esta etapa nada se sabía sobre este particular.

Hay diferentes tipos de esquemas filogenéticos de acuerdo con el número de dimensiones a que se ajustan. Los llamados "bidimensionales" son más simples y pueden o no abarcar el factor tiempo. Los primeros, que excluyen la dimensión temporal, se construyen a partir de los niveles de especialización y expresan el estado evolutivo del grupo más bien que su filogenia.

Los árboles más completos, denominados "tridimensionales", manifiestan el grado de especialización y el momento de origen de cada grupo, su expansión en los diferentes niveles temporales, y se desarrollan en espacio.

La figura 14 ofrece un esquema basado en niveles de organización, con posibles relaciones de parentesco. Aquí intervienen 5 grupos de plantas: A, angiospermas; G, gimnospermas; P, pteridofitas; B, briofitas y C, algas verdes (clorofitas). Cada uno se puede desplegar abarcando uno o más niveles, que son acumulativos, a menos que uno elimine o reemplace al anterior.

En la figura 15, se tiene un esquema filogenético de ciertas familias representativas de pteridofitas (en especial helechos), construido a base de fósiles o sea abarcando el vector tiempo y estableciendo los probables vínculos, si bien excluyendo niveles de organización o especialización.

En este caso, los datos paleontológicos han permitido especular sobre el desarrollo temporal ("biocrón") y espacial de cada

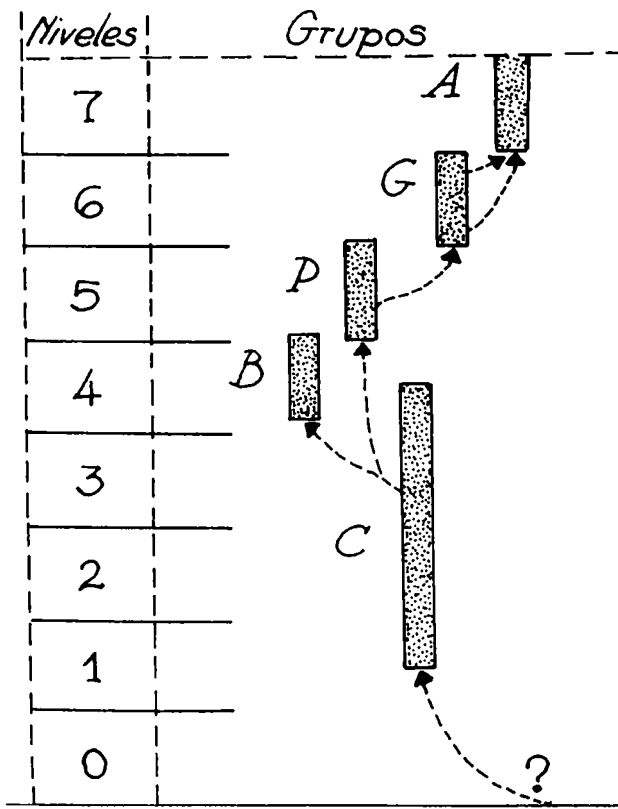


Fig. 14. Esquema de grupos vegetales basado en niveles de organización, cada vez más complejos, con indicación de probables relaciones de parentesco (flechas). A, angiospermas; G, gimnospermas; P, pteridofitas; B, briofitas; C, algas verdes. Niveles: 0, unicelulares sin núcleo; 1, unicelulares con núcleo, móviles; 2, unicelulares inmóviles; 3 pluricelulares filamentosos; 4, pluricelulares con talo; 5, pluricelulares con cormo; 6, cormofitos con semilla; 7, cormofitos con frutos y doble fecundación. Esquema adaptado del de Harder.

38

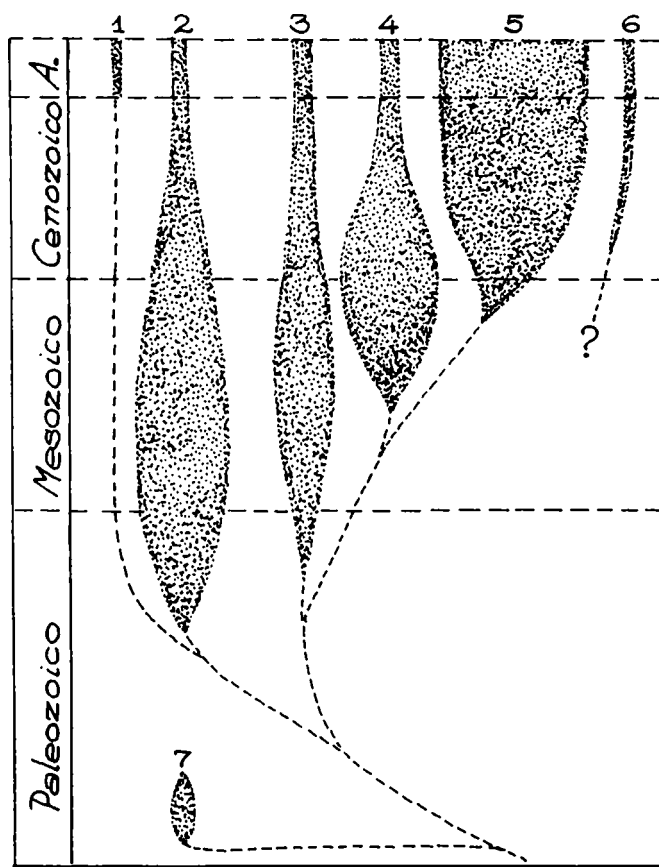


Fig. 15. Árbol filogenético con desarrollo temporal y espacial de siete grupos de pteridofitas, que indica las probables relaciones de parentesco; 1, Ophioglossaceae; 2, Marattiaceae; 3, Osmundaceae; 4, Gleicheniaceae; 5, Polypodiaceae; 6, Salviniaceae; 7, Archaeopteridaceae. Adaptado de G. M. Smith, Cryptogamic Botany, 1955.

familia analizada. Por ejemplo, "7" representa un grupo extinto que floreció a principios del Paleozoico; "2" y "3", familias que se originaron a mediados o fines de la era Primaria, y que alcanzaron su apogeo durante el Mesozoico y se hallan ahora en franca regresión; "1", aunque carece de documentación fósil, por otros datos se puede considerar un grupo primitivo que ha persistido hasta nuestros días (un fósil viviente), mientras que "6" podría ser una familia reciente aunque de relaciones de parentesco muy oscuras; el caso de "5" es muy particular, ya que, de todos ellos, es el único grupo con una notable expansión actual.

En fecha reciente ha surgido en ciertas revisiones monográficas, y con buenos resultados, esquemas como el que ilustra la figura 17, que no son estrictamente árboles filogenéticos sino modelos evolutivos, elaborados a partir de datos reales y sin referencia a la dimensión tiempo.

caracteres	organismos		
	A	B	C
a	1		
b		1	1
c	1	1	1
d		1	
e			1
f	1		
g			1
h			1
totales	3	3	5

Fig. 16. Tabulación de 8 caracteres (a-h) en tres especies (A,B,C), con indicación del estado primitivo (en blanco) o de especialización (1) alcanzado por cada uno de ellos.

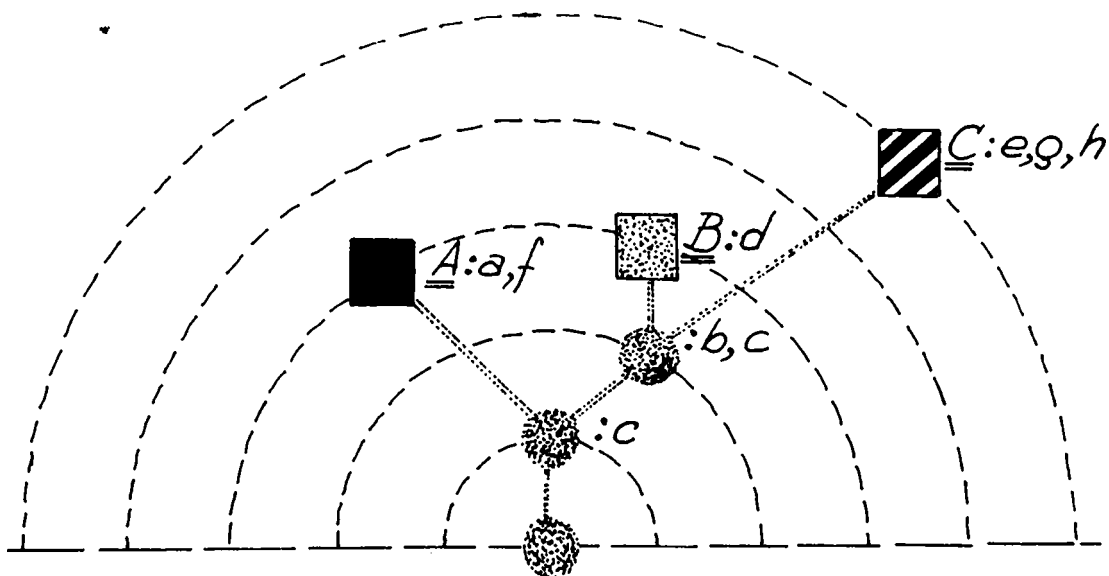


Fig. 17. Esquema evolutivo basado en niveles de especialización (cada semicírculo) para tres especies (A,B,C) con sus posibles antecesores hipotéticos (círculos punteados), construido a partir de datos de la tabla anterior. A la par de cada unidad (real e hipotética) se indican sus caracteres avanzados.

Como se indica en la figura 16, se tabulan las entidades sistemáticas (especies, géneros, secciones, etc.) y los caracteres analizados. Cuando un atributo se halla en un nivel de especialización recibe un valor 1, y cuando es primitivo el valor 0. Se puede hacer uso de valores intermedios entre 0 y 1, siempre que sea posible establecer un gradiente de especialización; en ciertos casos, se utilizan valores superiores a 1, si hay pruebas de sobre-especialización.

El segundo paso del método implica la totalización de estos valores para cada unidad, lo que corresponderá a un "índice de divergencia", o sea, cuánto se aleja cada entidad del antecesor hipotético, base del grupo (Índice = 0). A partir de ese punto, las unidades reales se colocan en los respectivos niveles (semicírculos concéntricos y equidistantes, como aparecen en la figura 17), de acuerdo con su divergencia.

Para agrupar las categorías en líneas definidas se usa un "coeficiente de similitud" ($S = \frac{s \text{ (similitudes)}}{s + d \text{ (similitudes + diferencias)}}$), calculado de antemano.

40

En el ejemplo dado se puede apreciar que la unidad más avanzada es "C", y las primitivas "A" y "B", éstas últimas ubicadas en el mismo nivel, aunque con diferentes caracteres especializados.

Las conexiones y divergencias entre los integrantes del grupo, establecidas en el gráfico resultante, no implican necesariamente líneas de descendencia, sino más bien las tendencias evolutivas del conjunto.

Además, partiendo de la idea que los caracteres que se hallan en todos o en la mayor parte de los organismos emparentados estaban presentes en sus antecesores inmediatos, es factible especular sobre la naturaleza y posición de los mismos (Fig. 17, círculos punteados). Así es probable que "B" y "C" tengan un antecesor común, con los atributos especializados b y c. Estos ascendientes hipotéticos e intermedios, cuyo número depende de la intensidad de parentesco entre las unidades del grupo, son necesarios para concretar el trazado del diagrama.

El comentado principio o doctrina neoadansoniana también se aplica en la construcción de este tipo de esquemas, ya que a todos los caracteres analizados se les atribuye un mismo peso.

Este planteamiento se puede trasladar a círculos concéntricos (Fig. 18), donde el grupo más primitivo ("1") se ubica en el centro y los más especializados hacia la periferia. Si en este

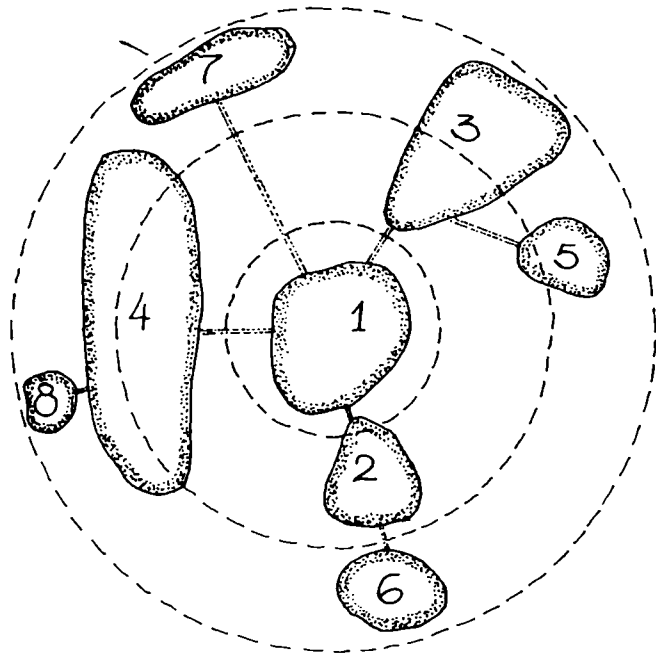


Fig. 18. Clasificación circular de ocho grupos hipotéticos basada en círculos concéntricos que indican niveles progresivos de especialización.

modelo se introduce la dimensión tiempo, se obtendrá un árbol filogenético tridimensional bastante completo, como se puede apreciar en la figura 19. Aquí se tuvieron en cuenta varios factores: antigüedad y punto de arranque de cada grupo, nivel de especialización y desarrollo alcanzado. Lo reproducido en la figura 18 es lo que se denomina sistema circular (Sporne 1962), en oposición al curioso sistema esférico ideado por Lam (1936) para todos los organismos; éste consiste en un infinito número de esferas temporales concéntricas, que dan una idea de la expansión espacial del mundo viviente.

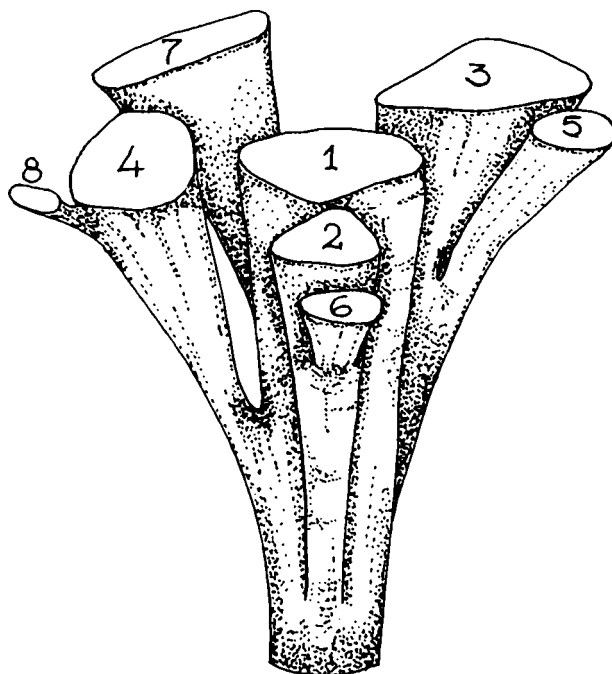


Fig. 19. Árbol filogenético tridimensional de los ocho grupos de la figura 18.

Relictos y Eslabones Perdidos

Los denominados relictos o fósiles vivientes son especies que debieron haber desaparecido ya y, sin embargo, persisten como testigo de otras épocas, en las que proliferaron y alcanzaron riqueza de formas.

Los relictos acusan una serie de características que hacen posible su identificación como tales. Estas pueden ser intrínsecas o constitutivas (retención de caracteres primitivos) o pueden deberse al medio donde viven. Aquí se hace referencia a las "regiones conservativas", que por su aislamiento o por condiciones microambientales han servido de refugios cuando un grupo en vías de extinción era desplazado por otro más agresivo y con mayor capacidad para adaptarse.

Un grupo ilustrativo tomado del reino vegetal lo constituyen las araucarias. Estas plantas, que están en boga como ornamentales por la forma curiosa de su copa, ocuparon en el pasado amplias regiones en ambos hemisferios, y en la actualidad sólo se encuentran en reducidas comarcas predominantemente australes. Hay pruebas paleontológicas que atestiguan su presencia en Estados Unidos y Eurasia durante el Mesozoico; con referencia al hemisferio sur, se han encontrado restos de estas plantas en Patagonia y Antártida, correspondientes al Mesozoico y Terciario. En cambio hoy hay en América sólo dos especies confinadas a pequeñas regiones y en franca regresión, no sólo por la actividad humana (explotación forestal), sino también por el avance y competencia de comunidades vecinas. El resto de las especies de *Araucaria*, que son unas pocas, se hallan en Australia oriental, Nueva Caledonia, Nueva Guinea y Norfolk. No hay que olvidar que los ámbitos insulares, por su aislamiento geográfico, son básicamente conservativos.

Otro ejemplo notable de plantas relicto es el bellissimo árbol *Ginkgo biloba*, originario de China y Japón, cultivado, entre otras razones, por la rareza de sus hojas, las que adquieren un color dorado intenso durante el otoño. Esta especie es el único representante de un grupo de gimnospermas, cuyos orígenes se remontan al Paleozoico y que tuvieron su apogeo en el Mesozoico. Esto es todo lo que ha quedado de su antiguo esplendor. El Mesozoico fue la era de los grandes saurios y gimnospermas, organismos desplazados en la actualidad de casi todas las partes del globo por los mamíferos y angiospermas, respectivamente.

De otros relictos no se conocen restos fósiles pero, por ciertos indicios, es posible deducir que sus caracteres son los de su estructura primitiva, y no el extremo de un proceso de simplificación. Muchas veces la ontogenia así lo comprueba (véase más adelante bajo "Doctrina de la Recapitulación").

Otras de las dificultades de la elaboración de un esquema filogenético es la falta de antecesores "clave", de los eslabones perdidos, de algo que dé solidez al esquema propuesto. A veces un fortuito registro paleontológico los brinda, pero en general esto no sucede o se toman por tales falsos eslabones, demasiado evolucionados para ser el ansiado punto de partida.

Algunos biólogos ya han prescindido en sus intentos teóricos de atribuir a ciertos tipos fósiles el papel de antecesores y prefieren idear uno, por vía especulativa, que pudo haber existido o no.

Es así que ciertos botánicos han propuesto una flor primitiva imaginaria, que varía de acuerdo con las escuelas filogenéticas a que su creador pertenezca. Para algunos, esta flor sería hermafrodita y tendría órganos de reclamo (periantio), mientras para otros sería unisexual y desnuda. Estos puntos de vista opuestos repercuten en la construcción del árbol genealógico de las plantas superiores (angiospermas).

Tal vez es mucho más lógico idear un antecesor que forzar un grupo conocido en un lecho de Procusto. La mayor parte de estos intentos están en tela de juicio, como lo está el origen de las plantas vasculares a partir de *Rhynia* y sus parientes. Investigadores hay que consideran ya a este antiquísimo tipo como la culminación de un proceso evolutivo, más que el posible origen de las restantes plantas terrestres.

El Aporte Paleontológico y la Evidencia Negativa

La información de origen fósil es fundamental pues permite construir un esquema filogenético sobre base estable, añadiendo la dimensión tiempo y dejando de lado lo meramente especulativo. Pero el hallazgo de estos datos es comúnmente fortuito y fragmentario.

De las plantas no siempre se hallan los órganos sexuales, y a veces sólo se disponen de improntas o moldes. Resultan más útiles los restos petrificados o carbonizados que hacen posible el estudio anatómico, a veces con sorprendente detalle. Lo mismo sucede con el polen, esporas, cutículas, etc. Este tipo de

material permite "afinar la puntería", descartando aquél que, por su pobreza de detalle, no se le puede asignar una posición aproximada en un sistema y que constituye los denominados "morfogéneros" y "morfoespecies". Sin duda es muy necesario para establecer correlaciones estratigráficas, más no para enriquecer el conocimiento del mundo orgánico desaparecido.

De numerosos grupos animales o vegetales no hay hasta la fecha datos fósiles. Este hecho es un testimonio negativo y resulta peligroso usarlo en especulaciones laterales. Como ya se dijo a propósito de los helechos, hay familias de las que no hay restos fósiles. ¿Es su origen reciente? Muy aventurado es este tipo de conclusiones, ya que lo mismo puede suceder en un grupo muy especializado que en otro que retiene un buen número de caracteres primitivos.

La falta de fósiles depende de varias circunstancias: que se trate de un grupo en extremo reciente (lo menos probable), que aún no se hayan realizado exploraciones completas o que el material o el ambiente, en ese momento concreto, no ofreciesen las condiciones ideales para la fosilización.

44

En estos casos, sólo teniendo presente elementos de juicio de otra naturaleza (ontogenética, teratológica, de anatomía comparada, etc.), es factible interpolar, pero siempre se opera en un campo hipotético, más cuando se relacionan organismos que no tienen probables parientes en la actualidad, carecen de material fósil y no se pueden considerar relictos por sus características. Aquí el panorama se complica y las relaciones sobre lagunas tan extensas se elaboran partiendo de una base teórica, con una buena dosis de subjetividad e imaginación.

•

LA NATURALEZA DE LOS CARACTERES

Se denomina carácter a todo lo que hace posible diferenciar un ser vivo de otro, como agrupar dichos seres por sus atributos comunes o parecido. Pueden referirse a la forma, estructura, función, composición, etc. Así se habla de caracteres morfológicos, anatómicos, fisiológicos, químicos, etc.

El estudio de su origen, naturaleza, variación, y el criterio de estimar o apreciar los mismos, es primordial para su correcta y eficiente aplicación en la Sistemática.

Un carácter se manifiesta en una gama de aspectos. El color de una flor o las dimensiones de un fémur son, hasta cierto punto, ideas abstractas, que cobran realidad cuando se refieren a un término de comparación: flores celestes, fémures de 15 cm de largo.

En líneas generales se pueden distinguir caracteres cualitativos y cuantitativos. Por ejemplo, el tipo de dehiscencia de un fruto es un carácter cualitativo, mientras que el número de semillas por fruto o el diámetro de éstas son caracteres cuantitativos. Muchos de éstos últimos se denominan, por la manera de estimación, caracteres métricos.

A menudo se habla de caracteres fundamentales de un grupo de plantas o animales determinado, pero en esto hay bastante de personal, ya que por tales se tienen los que permiten una neta y rápida distinción de dichos seres. Sería más justo denominarlos caracteres de clave o diagnóstico, teniendo presente su finalidad, sin entrar en su mayor o menor importancia constitutiva.

¿Qué es para un taxónomo un "buen carácter"? Es aquél que ofrece estas tres condiciones: constancia, curva de variación estrecha y baja sensibilidad a los cambios ambientales. Algunas de éstas son inherentes a la naturaleza del atributo y otras a la conexión entre éste y el organismo que lo lleva.

En Genética se dividen los caracteres en dominantes y recesivos, ligados o no al sexo, hereditarios o adquiridos, etc., pero su estudio excede los límites de esta monografía.

Lo que sí interesa es el análisis del origen y naturaleza genética de los caracteres. La manifestación de los mismos es la resultante de complejas interacciones entre los genes y el ambiente. Por ello, sólo se pueden considerar constantes los genes, no su exteriorización.

Aquí surgen otros interrogantes: ¿cuántos genes implica la expresión de un carácter? Sin entrar en detalles y hablando en términos amplios, los caracteres cualitativos tienen una base genética más sencilla que los cuantitativos, que se rigen por genes polímeros.

Variación y Plasticidad

Si se observa una población de una especie vegetal o un conjunto de especímenes se nota que no hay uniformidad de caracteres entre sus individuos, sino que aquéllos varían dentro de ciertos límites, permitiendo en casos extremos la distinción individual. Aun en la misma planta, el color de las flores, el número de semillas en cada fruto, las dimensiones y formas de las hojas adultas pueden variar dentro de amplios intervalos.

46

Este es un hecho del mundo orgánico reconocido ya desde hace bastante tiempo. No hay dos individuos exactamente iguales en la naturaleza. Linneo atribuía esta variación a las diferentes condiciones del medio (suelo y clima), partiendo del supuesto de que la especie era una entidad fija e inmutable. Y resulta curioso que con bastante anterioridad, John Ray había sostenido que dicha variación se debe a causas internas o a influencias del medio. Para la época (1627-1705) la distinción fue expuesta con notable claridad.

En general, se parte de plantas para esclarecer estos hechos por ser éstos más ostensibles en ellas debido a su imposibilidad de moverse y el tipo de crecimiento (abierto, indefinido). Nada parecido acontece en los animales superiores.

¿A qué se debe la diversidad de fenotipos dentro de una misma especie? ¿A factores del medio o la constitución genética? Sólo métodos experimentales pueden dar la respuesta.

Aquí se hace referencia a la aludida técnica de trasplante; o se puede hacer las investigaciones cambiando los factores sin trasplantar los individuos. Para tal fin son muy adecuados los "fitotrones" (que se emplean en los estudios de fisiología ecológica), complejos invernáculos donde una serie de constantes climáticas,

como temperatura, luz, duración del día, lluvia, etc., se ajustan a voluntad para saber cómo responden las plantas a tales estímulos.

Las poblaciones ofrecen diferentes posibilidades de variación, y esto depende en gran parte de su proceso reproductivo. Las poblaciones agámicas (que se pueden originar a partir de un sólo individuo por multiplicación vegetativa), acusan una uniformidad fenotípica que no se halla en otra población con reproducción sexual normal (por semillas). Esto tiene aplicación frecuente en cultivos agrícolas, cuando se desea una prole estable y homogénea.

En un mismo individuo los diferentes órganos y estructuras no son sensibles por igual a los cambios ambientales. Así, las partes vegetativas de las plantas son más afectadas por ellos que las reproductivas.

Comprobado que la variabilidad de caracteres es consecuencia del ambiente, ¿se transmiten estos cambios a la descendencia? Según el principio fundamental del "lamarckismo", la herencia de los caracteres adquiridos es factible; lo mismo sostenían los "neolamarckistas" de principios de siglo. Eso fue y es aún motivo de intensas controversias, pero hasta la fecha no hay argumentos suficientes que apoyen o nieguen en absoluto tal herencia.

La variación, tenga origen genético o sea fruto de los factores del medio, es un hecho, mientras que por "plasticidad" se entiende la capacidad de un ser vivo de adaptarse a extremas condiciones del medio.

¿Cómo se expresa y estima la amplitud de variación de los caracteres de una unidad sistemática o población? Esto se resuelve mediante métodos gráficos y estadísticos que permiten visualizar datos que, de estar simplemente ubicados en una tabla, no serían tan patentes.

A menudo, tratándose de caracteres métricos, los valores absolutos poco dicen comparados con los valores relativos. Por ejemplo, las dimensiones de las hojas de una planta se pueden expresar mencionando sus extremos (15-20 x 3-5 cm), pero mucho más eficaz resulta su relación ancho/largo (1:4 a 1:5, en este caso), ya que destaca la idea de forma.

Los métodos gráficos ponen de relieve la correlación y expresión simultáneas de los caracteres. El hombre siempre se ha ingeniado para ello y entre las técnicas más usuales figuran: polígonos e histogramas de frecuencia, diagramas de dispersión y pictóricos, polígrafos, etc.

Los histogramas o curvas de frecuencia se emplean para estudiar comparativamente la variación de un carácter en dos o más unidades (véase Fig. 20, abajo). Ya en los diagramas de dispersión y pictóricos (ídem, arriba), las posibilidades son mayores; no sólo se comparan varias entidades, sino diversos caracteres y se puede ver si hay o no correlación entre los mismos.

En el denominado "polígrafo de Hutchinson" (Fig. 21), es factible el estudio simultáneo de muchos caracteres en numerosas unidades. El límite de sus participantes está dado sólo por la claridad del gráfico resultante.

Este tipo de investigación y los métodos estadísticos son muy útiles en el análisis de poblaciones, o donde se presume la existencia de híbridos o series poliploides.

La variabilidad, como integrante de la evolución, se tratará en el próximo capítulo.

El Peso de Un Carácter

Ya se ha aludido repetidas veces al peso o importancia de los caracteres en Taxonomía. Lógicamente, en un ser vivo hay caracteres más significativos que otros, y así un botánico se resiste a aceptar que el tipo de placentación o el número de tegumentos del óvulo de una planta tengan el mismo peso que la forma de la hoja o las dimensiones del pecíolo. Pero en la jerarquización de caracteres interviene el juicio del sujeto que la hace. ¿Cómo eliminar esta parcialidad inconsciente a fin de que dicha jerarquización sea impersonal o neutral? No es tarea fácil.

Ya se vió como resuelven el problema los que aceptan la doctrina "neoadansoniana", o de la igualdad de peso de los caracteres, que es la base de la Taxonomía numérica y de los esquemas basados en el grado de especialización. Pero, ¿hasta qué punto es correcto?

Ya se ha visto que en ciertos casos, aplicando estrictamente este principio, se llega a resultados absurdos. Algunos adeptos de esta escuela taximétrica, para salvar el escollo, comienzan a adoptar el criterio de "dependencia de los caracteres", reconociendo así "primarios" y "secundarios". Los primeros son indispensables para la existencia de los otros y su peso es el total de los parciales que dependen de él. Un carácter primario es más bien una estructura u órgano que cumple una función determinada (la hoja, por ejemplo), siendo secundarios la forma, margen, ápice, nerviación, color, etc.

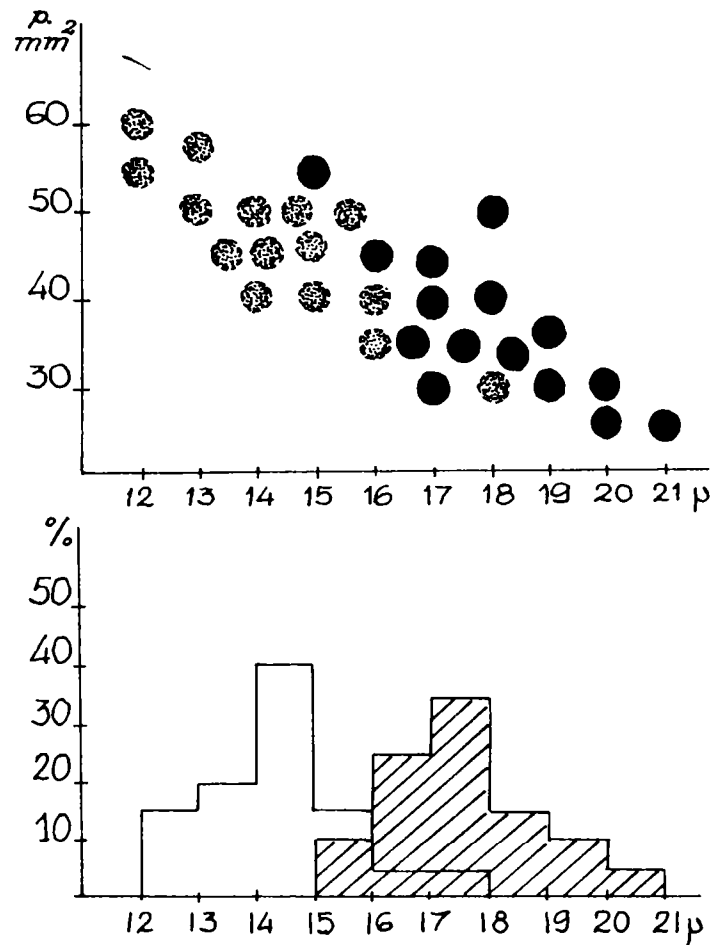


Fig. 20. Arriba, gráfico de dispersión de dos poblaciones (círculos punteados y negros), elaborado teniendo en cuenta la densidad estomática (eje vertical) y dimensión de los estomas (eje horizontal). Aquí se observa la siguiente correlación: a mayor tamaño menor densidad y viceversa. Abajo, histogramas de frecuencia para dimensión de estomas en dos poblaciones (en blanco y rayado oblicuo).

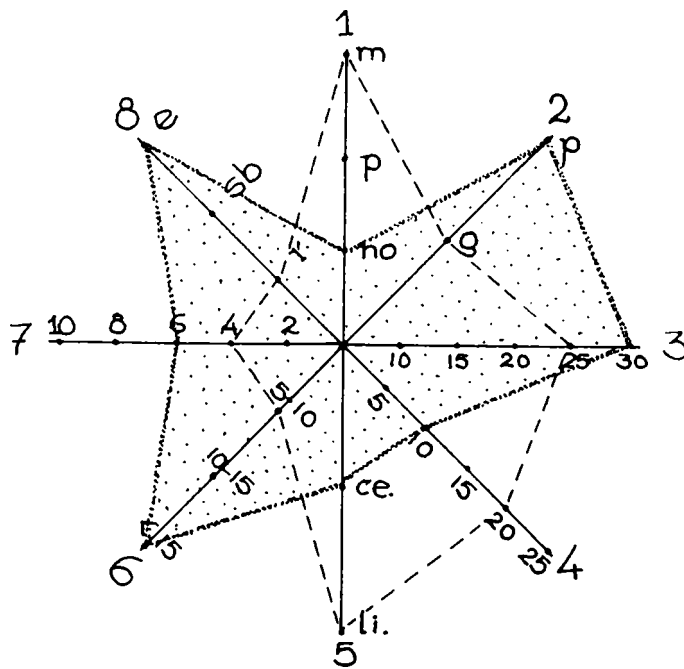


Fig. 21. Polígrafo para la expresión simultánea de ocho caracteres (1-8) en dos especies (polígono en blanco y punteado). 1, presencia de glándulas foliares (muchas, pocas, no); 2, pubescencia (pilosas, glabras); 3, longitud promedio de la hoja en mm; 4, ancho de la misma; 5, color de las flores (celeste, lila); 6, número de flores por inflorescencia; 7, longitud del pecíolo en mm; 8, porte (erecto, suberecto, rastrero).

Pero a la larga interviene la influencia subjetiva, que no se puede descartar completamente. Aunque los atributos los analice una máquina y les dé la misma importancia, quien los elige antes para encomendárselos a la máquina es siempre el hombre.

Filogenia de los Caracteres

Los seres vivos tienen una serie de rasgos bien primitivos o bien avanzados, ya porque retengan los ancestrales o porque en el curso de su historia hayan adquirido otros.

¿En qué se basa la distinción entre unos y otros?

La información de procedencia paleontológica es, en este caso, un arma de doble filo. Puede ser de gran ayuda para precisar el grado de especialización de un atributo o de un órgano, y puede conducir a conclusiones erróneas.

En la actualidad, a la par de seres vivos muy avanzados conviven otros con numerosos rasgos primitivos (relictos o fósiles vivientes). Algunos animales o plantas se han conservado a través de la historia del planeta sin grandes cambios. Otros han desaparecido tras alcanzar un alto grado de especialización. No se puede correlacionar la edad geológica de un grupo con el grado de evolución de sus órganos o funciones. Hay familias igualmente evolucionadas pero de diferente edad.

Además, el proceso evolutivo compromete ciertos caracteres y otros no, y en el primer caso puede hacerlo con diferente intensidad.

La presencia de caracteres primitivos en organismos que por lo demás se consideran especializados se interpreta en general como una retención o reversión. Pero, ¿es la evolución reversible? Regresa un ser vivo a un estado primitivo o pasa a otro al parecer comparable?

La especialización puede implicar una complicación o simplificación de una estructura. Una flor hermafrodita, con su aparato de reclamo completo para que los insectos la polinicen, no siempre es más evolucionada que otra unisexual, sin periantio, y cuyo polen transporta el viento o el agua. Esta última puede haberse originado de otra compleja por un proceso de reducción. A veces está al alcance del especialista determinar esa "tendencia" por haber órganos residuales que dan la pauta de cómo era su antecesor.

Basándose en información reciente es posible, combinando una serie de criterios, llegar a establecer la filogenia de un carácter.

Hay varios puntos de vista que constituyen respectivas doctrinas. A continuación se alude a algunas de éstas con fines ilustrativos.

a) **Doctrina de las regiones conservativas:** según ella, ciertas partes de un organismo son menos susceptibles que otras a las influencias del medio y en éstas será más probable encontrar caracteres ancestrales.

b) **Doctrina de la recapitulación:** se puede sintetizar en el tan conocido apotegma: "la ontogenia recapitula la filogenia". Esto no sólo se refiere al desarrollo embrionario de un órgano (ontogenia), sino también a la secuencia de órganos a lo largo de un eje de crecimiento. Este hecho se observa en plantas siguiendo y comparando la forma y nerviación de sus hojas, por ejemplo, desde las primeras, que en las plantas superiores son los cotiledones. En muchos helechos (Fig. 22), las primeras hojas que se producen son enteras o dicótomas, mientras que las adultas son pinnadas. Aquí el carácter primitivo es, por un lado, la lámina entera sobre la dividida y, por el otro, la ramificación simpodial sobre la monopodial. Cuando esta secuencia es más o menos completa es posible distinguir todos los pasos enunciados en la "teoría del teloma" (simpodio-enderezamiento de los ejes-dominancia apical-monopodio).

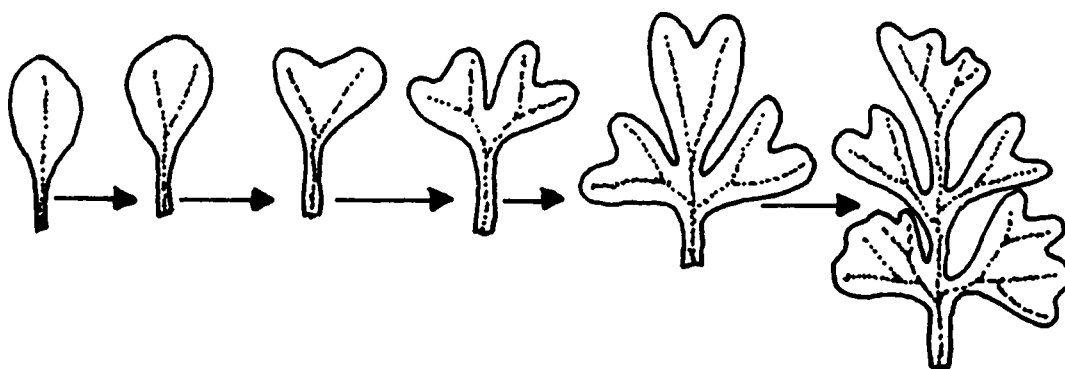


Fig. 22. Serie heteroblástica de hojas en un helecho.

c) **Doctrina de la teratología:** el término "teratología" se aplica a una disciplina secundaria en la que se estudia las anomalías o monstruosidades que tienen accidentalmente algunos seres. Según esta doctrina, las estructuras que no se ajustan al plan normal de la especie deben considerarse como un retroceso a una fase evolutiva ancestral.

d) **Doctrina del principio o causa común:** ésta, ya comentada y aplicada con anterioridad, se puede resumir en las siguientes palabras: los caracteres comunes a todos o a la mayor parte de los integrantes de un grupo sistemático se manifestaron en su antecesor inmediato. Por ejemplo, si en una familia de plantas de 30 géneros, 28 son terrestres y 2 son epifitas, lo más probable es que los antecesores hayan sido terrestres y el carácter de epifitas sea derivado.

Teniendo en cuenta estos puntos de vista y otros que no se han mencionado es posible establecer una serie de "tendencias evolutivas" que se han manifestado en la historia de un grupo de seres, sin recurrir a peligrosas extrapolaciones. Se pueden ejemplificar estas tendencias mediante plantas superiores con flores (angiospermas):

P r i m i t i v o	A v a n z a d o
▲ Plantas leñosas, perennes	▲ Plantas herbáceas, anuales o bienales
▲ Plantas terrestres	▲ Acuáticas o epifitas
▲ Nutrición fotosintética	▲ Saprófitas o parásitas
▲ Hojas siempre verdes	▲ Hojas caedizas
▲ Flores con piezas numerosas y libres	▲ Flores con piezas en número definido y soldadas
▲ Flores de simetría radiada	▲ Flores de simetría bilateral a asimétricas
▲ Ovario súpero	▲ Ovario ínfero
▲ Polinización por insectos.	▲ Polinización por otros animales, agua o viento.

No siempre este orden de sucesión es uniforme de grupo a grupo. A veces órganos o funciones que en ciertas plantas o animales son primitivos son avanzados en otros.

Otro fenómeno que merece comentario es el de "neotenia", que puede oscurecer el panorama evolutivo de un grupo. Se presenta esporádicamente tanto en animales como en plantas, y se caracteriza por la aparición precoz de los órganos sexuales, que pone tope al desarrollo del organismo, dejándolo en una fase juvenil.

Desconociendo el fenómeno, este infantilismo puede interpretarse como un carácter primitivo de acuerdo con la doctrina de la recapitulación.

LOS TAXA

Taxon, "taxa" en plural, es un término de origen griego que abarca todas las categorías sistemáticas en general, sin especificarlas.

El presente capítulo está dedicado a la especie y categorías a ella subordinadas (subespecie, variedad, forma, raza, etc.).

Un Nudo Crítico

La especie a partir de Linneo es la unidad base en Sistemática y la entidad que ha sufrido más cambios de significado y amplitud. Aun hoy, uno de los problemas más arduos y espinosos de la Taxonomía es definir o delimitar qué es especie.

A la luz del conocimiento actual de los procesos evolutivos, no es ya posible contener el mundo orgánico dentro de categorías rígidas.

El concepto y alcance de las diferentes entidades biológicas se han modificado a lo largo de la historia de las ciencias. Aun lo que parecía sencillo, como el concepto de individuo, presenta sus serias dificultades cuando se le quiere dar aplicación general.

La unidad de una población o comunidad es el "individuo", identificable por su autonomía fisiológica. Este criterio no ofrece inconvenientes cuando se aplica a plantas o animales superiores, pero si se desciende en la escala hasta los seres unicelulares, surgen las dudas.

Ciertas algas verdes unicelulares viven en complejas colonias, donde ya es patente la división del trabajo, la cual repercute en la diferenciación de sus miembros. ¿Cómo se define en este caso el individuo? ¿Lo es la colonia o cada una de las algas? La colonia en la escala de organización se halla entre un ser unicelular libre y otro multicelular.

Algo similar sucede con referencia a la unidad de estructura de un ser vivo, que es la célula. Su individualidad morfológica es neta en un vegetal superior, ya que está limitada por una pared celular. Pero, ¿qué acontece en los agregados celulares donde no hay divisiones de la masa protoplasmática, o sea en los plasmodios? Aquí es necesario recurrir a un criterio funcional: a cada núcleo le corresponde un volumen de plasma sobre el cual ejerce su influencia y gobierno; no hay límites netos.

Regresando al problema de la especie, un curioso caso lo ofrece el género *Crataegus*, de la familia de las rosas, cultivado frecuentemente con fines ornamentales. Desde 1842 hasta la fecha se han descrito centenares de nuevas especies. ¿Qué pasó y está pasando? Hay tres explicaciones aceptables: 1) el criterio de los investigadores de este grupo cambió, y comenzaron a "atomizar" las especies hasta entonces descritas; 2) las regiones donde estas plantas crecen no estaban lo bastante exploradas, y 3) lo que sucedió no depende de las limitaciones del hombre, sino de las propias plantas: hubo una explosión evolutiva por efecto de factores que permitieron una inusitada formación de nuevas entidades.

56

Ya algunos, ante este problema y la falta de solución uniforme, llegaron a conclusiones escépticas, poniendo en duda y hasta negando la existencia real de la especie. Otros ofrecieron una definición cómoda e íntegramente personal: "especie es lo que un sistemático competente considera como tal". Pero, ¿es una entidad objetiva o una mera abstracción? Tal vez la mayor dificultad estriba en que la especie no puede ser precisada con un sólo criterio.

En los tiempos preevolucionistas y cuando la variación de caracteres de un individuo a otro de la misma especie se atribuía sólo a diferencias del medio respectivo, la especie era considerada una unidad estática, creada *ab initio* por la Divinidad. Un ejemplar bastaba para representarla. Este concepto persistió durante varios decenios posteriores al advenimiento de las teorías evolucionistas. A pesar de ello, con sorprendente anticipación, botánicos como John Ray (1686) y Lindley (1832) dan su primera definición biológica, a partir de la condición de interfertilidad entre los componentes de una misma especie.

Desde un punto de vista precabido, como suelen hacer los taxónomos ortodoxos, se define la especie como un conjunto de individuos con caracteres morfológicos privativos, asociado con una extensión geográfica definida (criterio morfológico).

En lo que se refiere a la concepción dinámica y biológica de la especie priman dos puntos de vista fundamentales: a) una clara discontinuidad en sus características, b) el aislamiento reproductivo impuesto por "barreras" (inherentes o no al organismo) que impiden sus cruzamientos o que determinan su fracaso.

Pero hay "especies" o conjuntos de ellas donde la aplicación de estos conceptos es dificultosa. Son los llamados "grupos críticos", donde la evolución es muy activa y los procesos de especiación se hallan aún incompletos. Aquí surge la necesidad de crear un término de mayor alcance que especie, si bien independiente de las clásicas categorías sistemáticas.

Para esto, Lotsy propone el de *Syngameon*, que abarca un conjunto de especies o semiespecies ligadas por hibridación natural frecuente u ocasional (Fig. 23).

Como ya hemos dicho, una especie se distingue de otra por su comportamiento reproductivo, ya que hay barreras que no permiten los cruzamientos. No hay entonces intercambio por vía hereditaria. Pero estas barreras no son absolutas ni permanentes, pues a menudo pueden desaparecer (las geográficas por migraciones, las reproductivas por introgresión) y así los límites entre especies se tornan confusos.

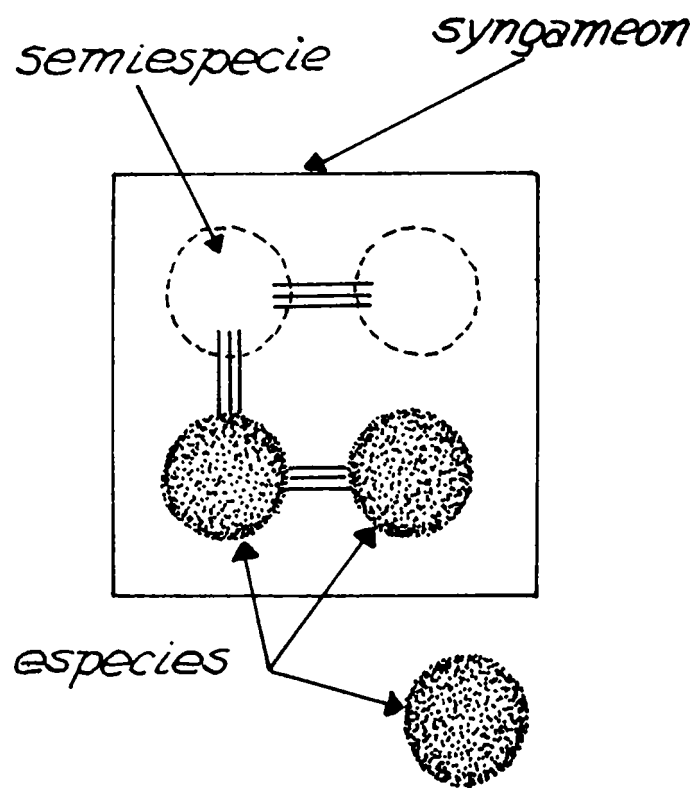


Fig. 23 Relación entre especie, semiespecie y "syngameon" (líneas paralelas, cruzamientos ocasionales). Adaptado de V. Grant, 1957.

El criterio de esterilidad debe ser usado con cuidado y no considerarlo algo definitivo. Un ejemplo decisivo lo constituyen dos especies de árboles del género *Platanus*: *P. orientalis* (originario del este del Mediterráneo) y *P. occidentalis* (del oriente de Norteamérica). Hay una barrera geográfica indiscutible, el océano Atlántico. Pero, ¿qué pasa si ambas conviven en cultivo? Se cruzan y dan un híbrido altamente fértil (*P. acerifolia*). Por su comportamiento, de acuerdo con el ya aludido esquema de Turesson, no serían ecoespecies sino más bien ecotipos, y en su equivalencia en las categorías de la Taxonomía ortodoxa, una subespecie o variedad.

Además, en el caso de originarse híbridos estériles, éstos pueden "fijarse" por mecanismos de poliploidía, o perpetuarse por reproducción asexual. Por ejemplo, si se tienen dos especies, AA y BB, por cruzamiento dan:

$$AA \times BB = AB \text{ (híbrido estéril)}$$

pero si duplica sus cromosomas, se tiene un alotetraploide fértil, AABB. Donde esto suceda habrá un conjunto de individuos pertenecientes a AA, BB, AB y AABB. ¿Cómo se interpreta esto desde un punto de vista estrictamente morfológico? Se reconoce una especie (AA + BB + AB + AABB) muy polimorfa o a lo sumo dos (AA + ciertos AB + ciertos AABB, BB + ciertos AB + ciertos AABB). Pero en realidad hay tres unidades con los atributos de una especie: AA, BB y AABB.

La amplitud de la especie ha variado notablemente. Con referencia a las plantas, las descripciones de Linneo y de contemporáneos eran muy breves e imprecisas y, dentro de esos "amplios límites de interpretación", se ubicaron seres diferentes, llegándose así a verdaderas "macroespecies" o grupos de especies muy afines. Ardua labor tienen los sistemáticos revisionistas para averiguar qué había considerado como tal un botánico de dicha época.

Otro extremo lo representa la atomización, preconizada por Jordan, que llegó a fragmentar la especie linneana ("linneones") en decenas de unidades menores y altamente homogéneas ("jordanones"), que desde el punto de vista genético pueden ser verdaderas "líneas puras" (homocigóticas).

Como se ve, en torno al concepto de especie hay una infinidad de distingos: comportamiento reproductivo, barreras de aislamiento, discontinuidad, región geográfica, amplitud, etc. Por eso, algunos biólogos teniendo en cuenta los problemas inherentes a la noción de especie, proponen el uso de varios tipos.

Descendiendo en la escala por debajo de la especie, hay varias entidades arbitrarias: subespecie, variedad, raza geográfica, fisiológica, química, ecológica, forma, etc. Existe un caos de opiniones sobre el valor de estos términos y sólo se respeta, en lo que a Botánica atañe, la rígida secuencia: subespecie-variedad-forma. Muy a menudo una subespecie se toma por macrovariedad y la forma por microvariedad. Todo depende del criterio adoptado para apreciar las diferencias.

Como es de todos conocido, si se estudian varios especímenes vegetales de una especie se pueden encontrar variaciones en lo que se refiere a color de las flores, altura, pubescencia, etc. Un buen número de sistemáticos clásicos, sin previo estudio de estas diferencias, les asignan un estado taxonómico determinado: variedad *alba*, forma *nana*, subespecie *glabrata*, etc. Pero, ¿quién y de qué manera establece la mayor o menor importancia de los caracteres? ¿Estas variaciones se transmiten a la prole o son consecuencia de los factores del medio?

Los criterios de discontinuidad, interfertilidad y región también se emplean para definir los taxa subordinados a la especie. Así Grant (1963) reconoce tres niveles:

Especie: caracterizada por intersterilidad y discontinuidad;

Semiespecie: por un comportamiento intermedio entre la anterior y la que sigue, y

Raza: caracterizada por la interfertilidad y la falta de discontinuidad.

Dentro de la última categoría, este autor hace una distinción entre "raza geográfica" (viven en regiones diferentes) y "raza ecológica" (coexisten localmente, pero ocupan medios dispares).

Otros biólogos proponen la fusión de subespecie y variedad en una categoría que podría definirse así: son poblaciones distintas desde el punto de vista morfológico, están geográficamente delimitadas y, cuando sus regiones se ponen en contacto o superponen, hay una completa intergradación, sin barreras de esterilidad (Wagner 1960).

Las entidades no son rígidas y pueden en el futuro intensificar su discontinuidad pasando, por ejemplo, de una subespecie o raza a una semiespecie o hasta a una especie (véase más adelante bajo "especiación gradual").

Habr  llamado la atención que siempre estos problemas se hayan referido a plantas y no a animales, pero hay razones de peso y conveniencia que lo requieren. Considerando los grupos superiores de ambos reinos, la delimitación de especies es mucho más ardua en las primeras. La mayor parte de los fenómenos que tornan confuso el panorama y que dificultan su interpretación (especiación incompleta, poliploidía, reproducción asexual, hibridación, etc.) son más frecuentes dentro del reino vegetal.

Las Causas de la Variación y del Aislamiento

La evolución tiene por factores la mutación, hibridación, selección y aislamiento. La consecuencia, aunque no siempre, de la interacción de éstos es la aparición de nuevos tipos orgánicos, proceso que, referido a la especie, se denomina "especiación".

 C mo se origina una especie a partir de las ya existentes? Es uno de los puntos más complejos y fascinantes de la Biología, y resulta difícil tratarlo en unas pocas páginas. Por ello, aquí sólo se darán las líneas generales sin entrar en los detalles y diversidad de procesos.

60

Conviene distinguir dos tipos fundamentales de especiación:

- a) La transformación de una especie en otra "especiación fil tica".
- b) La multiplicación de especies a partir de un individuo, de varios o de una población "especiación verdadera".

El proceso de especiación se descompone en dos etapas esenciales:

- 1) La aparición de una variación genética, o sea que se transmite a la descendencia.
- 2) Sobre esta materia prima dinámica actúan los mecanismos que conducen a la formación de nuevos tipos, incluyendo su fijación y protección.

Sin duda, variación inicial es la "mutación". Por tal se entiende un cambio de la estructura molecular de un gene de un individuo (mutación genética), una alteración de orden de porciones de cromosomas (previamente fragmentados por una de varias causas) o un cambio del número de tales cromosomas (poliploidía, aneuploidía).

La mutación originada en una población "A" puede después ser transferida a otra "B" por migración y cruzamiento de un individuo o gameto que porta el "gene mutante". Este fenómeno se llama "flujo génico" o "deriva génica" (gene-flow), y produce en la población "B" un efecto similar al de una mutación, sin ser, claro está, fuente de variación.

Las "recombinaciones", resultantes de la reproducción sexual, permiten acentuar la variación dentro de las poblaciones, brindando una gama de genotipos sobre los cuales seguirán actuando los otros factores de la evolución (selección y aislamiento).

Aunque las mutaciones son el foco primario de la variación, ni es el único ni el más frecuente. En el reino vegetal es común, y se conoce desde hace años, la formación de especies por hibridación, proceso consistente en el intercambio de genes y en consecuencia posibilidad de nuevos tipos. En general, los cruzamientos entre individuos de distinta especie no originan estirpes pues están bloqueados por barreras. Pero a veces éstas son delezna- bles y hasta pueden desaparecer; así, una barrera espacial se supera por migración, y una genética, por introgresión.

La "introgresión" o "hibridación introgresiva" consiste en la infiltración gradual de genes de individuos de una especie en otra mediante cruces y retrocruces de los individuos de una generación con sus progenitores.

Además, como ya hemos comentado, los híbridos interespe- cíficos estériles pueden establecerse por aloploidía, superando el escollo de la falta de cromosomas homólogos, o perpetuarse gracias a la reproducción agámica.

Obtenido el nuevo tipo, ya sea por mutación, flujo génico o hibridación, seguido de las necesarias recombinaciones, es im- prescindible "fijarlo" para que no se desvanezca, dado que de ninguna manera es dominante en número dentro de la población de origen. Esto se logra por "selección" y "autocruzamiento". La selección es, en principio, un factor evolutivo conservador, que controla la contribución diferencial de los descendientes a la nueva generación.

La esencia de la especiación es el aislamiento reproductivo, actividad conservadora consistente en la protección de los nuevos tipos. Desde este punto de vista, una especie se define como "una población o grupo de poblaciones aisladas reproductivamente".

Hay una infinidad de medios que de una manera u otra contribuyen a este aislamiento y lo determinan. De acuerdo con Grant (1963), se reconocen los siguientes:

GEOGRAFICO: el intercambio de genes entre dos poblaciones se reduce o es nulo, porque viven en localidades distantes.

ECOLOGICO: las poblaciones pueden coexistir localmente, pero en diferentes ambientes.

REPRODUCTIVO: el intercambio genético está restringido o bloqueado por diferencias en los hábitos reproductivos o en las relaciones de fertilidad entre los individuos que componen las poblaciones.

a) Externo: las barreras están fuera del cuerpo del ser vivo y actúan antes de la fecundación.

i) Mecánicos: no hay correspondencia de estructura entre la flor y los insectos (en la polinización) o entre los órganos genitales (en la cópula).

ii) Etológicos: factores psicológicos o de comportamiento se oponen a la unión de gametos o individuos.

iii) Temporales: los períodos de floración o maduración no coinciden en la estación del año u hora del día.

iv) Gaméticos: Los gametos no son atraídos químicamente (en organismos con fecundación externa).

b) Interno: las barreras están dentro del individuo y operan después de la fecundación. Aquí hay diferentes niveles en lo que se refiere a la posibilidad de vida de los híbridos o a su mayor o menor fertilidad futura:

- No se originan híbridos.
- Los híbridos no son viables.
- Los híbridos son viables pero estériles.
- Los híbridos pueden tener descendientes, aunque más débiles.

Todo este proceso de especiación se puede ilustrar a partir de individuos dentro de una población original hipotética (véase Fig. 24). En este caso, cuando la base es un individuo o grupo de individuos, la especiación se llama "abrupta o simultánea", pero

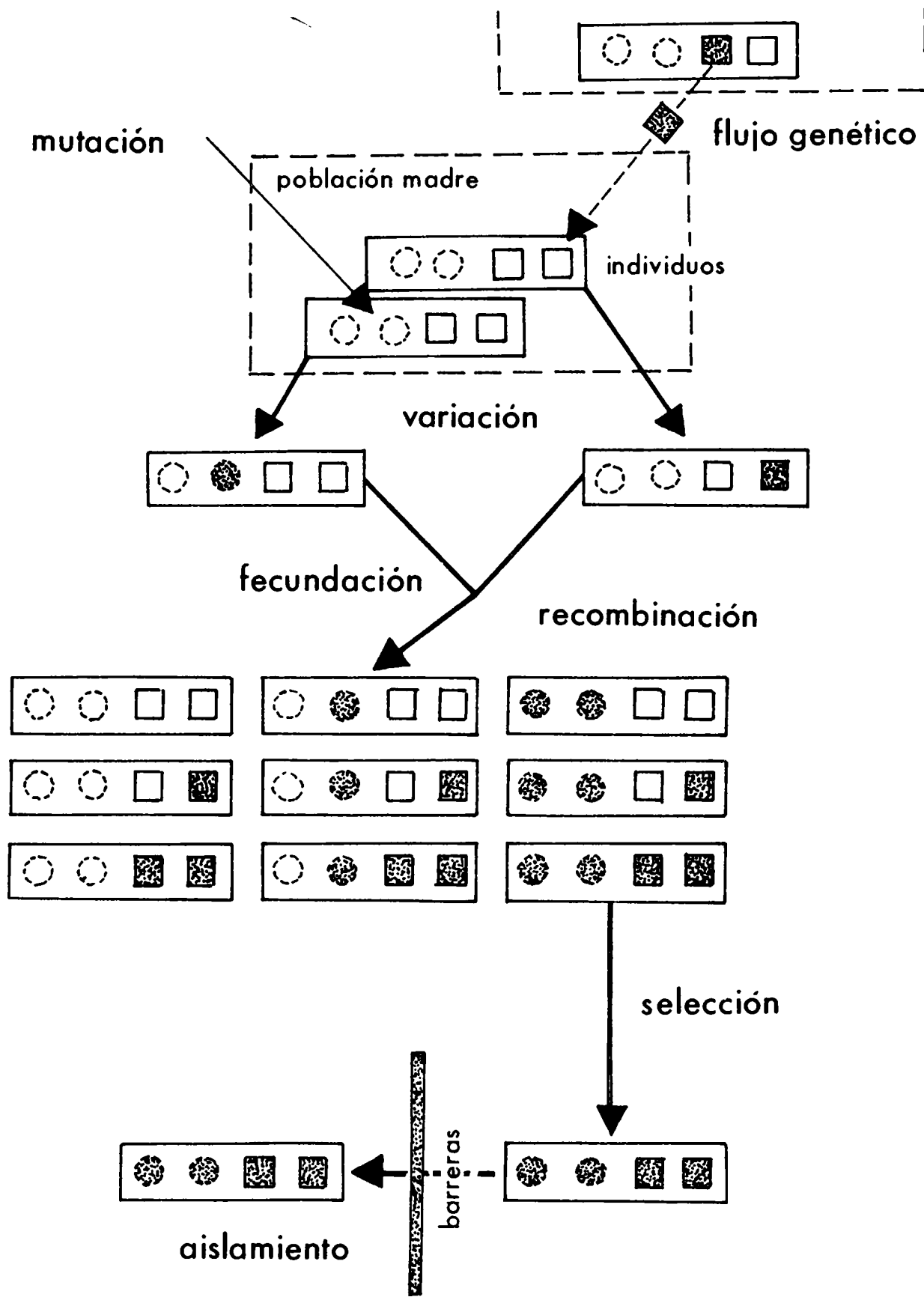


Fig. 24. Esquema de especiación a partir de individuos (véase el texto).

lo más frecuente es que se desarrolle a partir de una población ("especiación gradual"), como se esquematiza en la figura 25.

La especiación depende mucho del potencial evolutivo de un grupo y de que se presenten las condiciones que permitan la liberación de dicho potencial.

El mencionado ejemplo de *Crataegus* comprueba que bastan 200 ó 300 años para producir múltiples especies. En este caso, el elemento fortuito que desencadenó el potencial latente fue la tala de los bosques en Norteamérica. Esto brindó a la planta una mayor superficie y riqueza de nichos ecológicos, además de la posibilidad de encuentros de las especies.

Pero, en la mayor parte de los seres vivos, la velocidad de especiación es ínfima y la limitada vida del hombre no permite apreciarla y esto está estrechamente vinculado al tiempo que requiere el desarrollo de una generación. Así en los peces, animales que carecen de regulación térmica, los procesos de formación de especies son más rápidos en los trópicos que en las demás zonas, ya que una generación se produce, en el primer caso, en la mitad del tiempo que en la segunda, lo que ofrece más posibilidades de cambio.

64

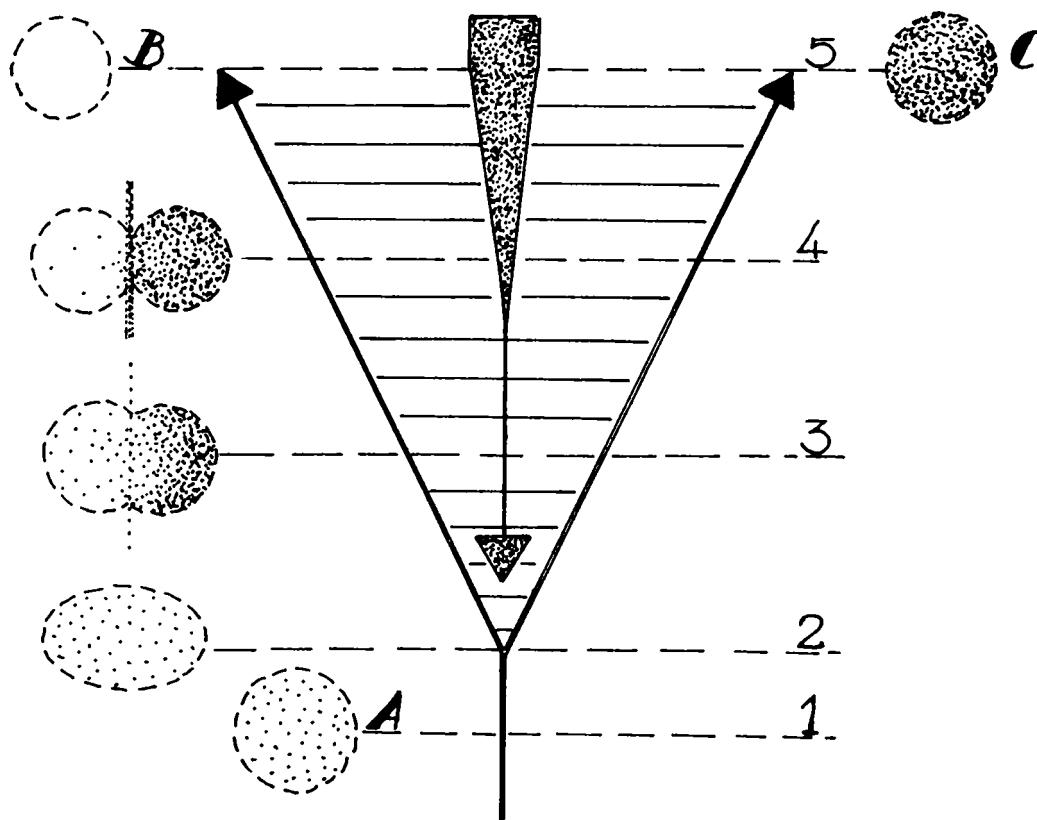


Fig. 25. Esquema de especiación gradual a partir de una población originaria "A" (nivel 1), pasando por subespecies (nivel 3) y semiespecies (nivel 4) hasta constituir dos especies claramente distintas: B y C (nivel 5). Desde 2 a 5 aumenta la divergencia (sector mayor rayado) y se consolida la barrera de esterilidad (sector menor y flecha punteada).

Las Nuevas Entidades: ¿Creación o Descubrimiento?

Hoy cae en manos de los lectores una monografía de una familia "X" de pájaros. En ella el autor describe y da a conocer 10 nuevas especies. ¿Nuevas para quién? ¿Para la naturaleza o para el hombre? Lo más probable es que la existencia de estas "nuevas especies" se remonte a miles de años, a menos que se trate de una descarga de actividad genética análoga a la del género *Crataegus*.

El sistemático asigna nombres a las nuevas especies. No hay duda de que se tratan de descubrimientos, llevados a cabo por el que coleccionó los especímenes y dados a conocer por el autor de la monografía que reconoció y estableció las diferencias respecto de los parientes más cercanos.

En otro caso, muy frecuente en la actualidad, un botánico encara la revisión de una familia de angiospermas mediante nuevas técnicas y métodos. Aquí resulta que la especie "A" no es una unidad homogénea. Propone su fragmentación y de ello surgen nuevas especies, además de la anterior. También es un descubrimiento pues saca a luz detalles más completos. Esto sólo se puede interpretar como una actividad creadora si se parte de que la especie no es una entidad real y biológica, sino una abstracción subjetiva.

Tal vez se podría hablar de creación en un nivel experimental, logrando individuos que se apartan de sus progenitores por mutaciones provocadas artificialmente (radiaciones o estimulantes químicos), y fijadas por una selección controlada. Pero ésta es una situación muy particular y aislada.

El sistemático propone y hasta puede crear nombres, pero no entes biológicos; los descubre y precisa sus límites.

Al margen de lo expuesto, hay en esta disciplina mucho campo para la creación y a menudo la intuición desempeña un papel importante.

TAXONOMIA Y NOMENCLATURA

Los Abogados de la Biología

A partir de Linneo las especies se designan con dos nombres, usualmente de origen griego o latino, cuyo significado puede estar relacionado con ciertas características del organismo, con el país o región donde vive, con su aplicación y hasta con el nombre del coleccionista o del investigador de la especialidad. El primer nombre corresponde al género y el segundo a la especie. Esta nomenclatura binaria se generalizó poco a poco y en la actualidad su empleo es universal.

Las plantas y los animales tienen a menudo nombres vernáculos o populares, como "pino del cerro", "dama de noche", "pez espada", "vicuña", etc., de aplicación más o menos amplia. No es nada raro que el mismo ser reciba distintos nombres en el mismo país o que cambie de una región a otra de un país o países de idéntico idioma. Además, se aplica a veces un mismo nombre a dos o más especies del mismo o de distinto género.

Los lugareños pueden ser cuidadosos al nombrar los seres que los rodean y con frecuencia hacen distingos que a un sistemático resultan a primera vista difíciles. Por ejemplo, en el noroeste de Argentina los nativos distinguen dos especies arbóreas del género *Schinopsis*, muy parecidas morfológicamente: una del llano, "quebracho colorado santiagueño", y otra de la sierra, "horco-quebracho", y hasta distinguen un híbrido, que crece hacia el oriente, el "quebracho mestizo". Su diferenciación llega a veces al plano de la variedad, como en el caso de las palmeras del noreste de Argentina y Paraguay, que los guaraníes designan "yatay" y "yatay-poñí", que corresponden, respectivamente, a *Butia yatay* y *B. yatay*, variedad *paraguariensis*.

Los primeros españoles que descubrieron y recorrieron las vastas regiones del Plata no fueron tan observadores ni cuidadosos con la aplicación de los nombres. Siempre pensaban en el parecido (real o aparente) entre lo que hallaban y lo que conocían

del país de origen. Así se adoptaron vocablos idénticos a los españoles para seres que nada tienen que ver desde el punto de vista de su parentesco. Se podrían citar varios ejemplos de estas denominaciones erróneas, como la de "perdiz" para aves pertenecientes a un orden distinto del de las perdices europeas, o la de "cedro", que en el hemisferio norte se designa coníferas y en Argentina y países vecinos angiospermas de la familia del "paraíso" (*Meliaceae*).

La adopción de la nomenclatura científica permitió unificar el lenguaje, superando las barreras geográficas o idiomáticas, de modo que los botánicos en América latina se entiendan, a este respecto, con los del lejano Oriente.

Pero aun así surgen dificultades. Una especie de amplia distribución geográfica y, por supuesto, de una variación fenotípica notable, puede ser descrita y nombrada varias veces como entidad distinta. Y esto es frecuente, ya que, por una parte, la bibliografía sobre un tema dista de ser completa y, por otra, un mismo grupo puede ser objeto de estudio simultáneamente por especialistas que se ignoran unos a otros. A esto se debe el engorroso caso de los "sinónimos". ¿Cuál es entonces el nombre correcto?

68

También acontece que el mismo epíteto se aplica a organismos diferentes. Aquí se está en presencia de los llamados "homónimos". ¿Quién resuelve y elimina estas confusiones?

Hay una rama de la Taxonomía, que pudiera llamarse legal, que se ocupa de estos problemas y otros similares, como la ortografía de los nombres, validez de las publicaciones, denominación de los híbridos, etc. Esta disciplina es la nomenclatura.

En los periódicos congresos internacionales de Zoología y Botánica siempre hay una sección dedicada a temas de esta naturaleza y, además, hay organizaciones y comités permanentes que se ocupan de redactar los principios y reglas por los que debe regirse la nomenclatura.

Así, las confusiones arriba planteadas de sinonimia y homonimia se resuelven mediante el concepto de "prioridad": ¿cuál es el primer nombre legítimamente publicado?

Otros principios de la nomenclatura biológica, que muchas veces han sido objeto de fuertes críticas y falsas interpretaciones, son el concepto de "tipo" y el establecimiento de una escala rígida de categorías subordinadas.

En un sentido se llama "tipo" al espécimen de planta o animal, conservado en los museos o institutos que se dedican a los estudios sistemáticos, sobre el cual se llevó a cabo la descripción e ilustración original de una especie o de entidades inferiores a ella. El concepto de tipo y su amplitud interpretativa ha cambiado a lo largo de la historia. En la época linneana y posteriormente a ella, mientras no se conoció la evolución y la variación de índole genética del mundo orgánico, un ejemplar podía representar o "tipificar" la especie. Hoy se sabe que ese espécimen, de gran valor histórico y documental, es a menudo, no sólo poco representativo, sino que bien puede ser algo aberrante o inmaduro.

La idea de tipo ha variado, pero a veces se interpreta mal por los acerbos enemigos de la Taxonomía ortodoxa. Un sistemático clásico considera que el ejemplar tipo es un documento conectado con un nombre. Las especies no tienen tipo, los nombres sí.

El concepto de tipo se ha hecho extensivo a categorías de rango superior, pero con otra acepción. Una especie tiene por tipo un individuo, pero no sucede lo mismo en el caso de un género o familia. Se establece una "especie tipo" para un género y un "género tipo" para una familia. La idea es siempre nomenclatorial y nunca biológica.

La utilidad y valor del tipo son fundamentales. Cuando un zoólogo o un botánico se encuentra frente a un cúmulo de material perteneciente a una familia sobre la que se propone escribir una monografía, lo primero que hace es precisar las especies que el grupo contiene, para después asociar éstas por sus caracteres en grupos más o menos naturales. La segunda etapa (denominativa) es dar a estas entidades un nombre, el correcto si lo hay, o inventados, si aún no fueron descritas. Como en otros tiempos las diagnósisis específicas eran muy breves y poco precisas, y carecían en su mayor parte de ilustraciones, a veces la única manera de saber qué designó, por ejemplo, el entomólogo "A", con el nombre "XX", es recurrir al ejemplar tipo.

Otros dos de los aspectos de las "reglas internacionales de nomenclatura", que los taxónomos actuales critican con justa razón, es la rigidez de la escala de categorías y la falta de definición de las mismas. Las reglas sólo ofrecen un esquema jerárquico de unidades nomenclatoriales, no biológicas, y el valor de las mismas queda en manos de cada investigador.

El respeto de las disposiciones sobre nomenclatura es esencial para mantener un orden y uniformidad, pero este respeto no debe llevar a extremos de obediencia. Ciertos sistemáticos, que

podríamos llamar "abogados de la Biología", se ocupan sólo de problemas vinculados con la tipificación, prioridad, legitimidad, etc. Trabajan con nombres y no con seres vivos. La revisión histórica de un epíteto específico se complica, relegando al olvido el animal o planta que se llama así, correcta o erróneamente. Ojalá se estudiasen en ciertos casos los seres vivos tan profundamente como se estudian sus nombres. La nomenclatura es un medio convencional de unificación de lenguaje y comunicación, no una meta en sí.

Todo sistemático tiene que ocuparse de problemas de esta índole, sean o no de su agrado, pues es algo que no se puede pasar por alto. Aun en la actividad altamente creadora hay siempre un quehacer rutinario imprescindible.

LA ENSEÑANZA DE LA TAXONOMIA

Un Rostro Fascinante

La simpatía y atracción que pueda despertar la enseñanza de una disciplina en los alumnos, ya sean de escuelas medias o de cursos iniciales o de orientación de las universidades, depende de cómo se la enseñe.

No es nada extraño escuchar entre los alumnos comentarios adversos a la Sistemática biológica. En general, la consideran un tema rígido, poco llamativo, una acumulación y encasillamiento de nombres difíciles de retener, asociados con caracteres de seres que a lo sumo conocen por los libros.

Ya en los primeros devotos de la Biología se nota una sensible inclinación a disciplinas distintas a la Sistemática, dinámicas en esencia y experimentales, que versan sobre algo más vivo, como Genética, Fisiología, Ecología o que tratan de novísimas facetas de la ciencia, como la Biología molecular. Frecuentemente estas tendencias se generalizan y dominan en una época como las modas. Es como si se hallaran en ellas más posibilidades de saciar inquietudes (aspecto espiritual), y la visión de un futuro más prometedor (realización material).

En las escuelas secundarias la Botánica consta de una parte morfoanatómica, que se trata según el esquema clásico y donde, con frecuencia, los órganos se estudian desvinculados de sus funciones. Se parte de la célula y se llega a las características de las plantas con flores. Falta cohesión y dinamismo y hay demasiada teoría, además de una hipertrofia de las fanerógamas respecto del resto del reino vegetal (por simpleza designado como criptógamas). Ya en Zoología las cosas se presentan más equilibradas; los grupos se enseñan de acuerdo con el nivel de su organización. El enfoque es más dinámico y, en general, se ponen ejemplos de evolución, selección natural, adaptación, etc.

Con referencia a las universidades latinoamericanas, el primer curso de Botánica abarca múltiples facetas, desde estructura de los genes y composición química del protoplasma hasta fitosociología y distribución geográfica de las plantas. Aquí las circunstancias obligan, ya que, siendo los cursos comunes a varias carreras de las ciencias naturales, se procura ofrecer a los alumnos un panorama lo más completo posible. Cuando se tratan los capítulos de Sistemática, el tema se torna rígido. Se dan definiciones más que conceptos, se discuten los sistemas de clasificación por orden histórico y no de escuela, la nomenclatura binominal, las categorías y su jerarquización, el significado de prioridad y tipo. Después de este preámbulo, el alumno ingresa en el agobiante mundo de nombres de clases, órdenes, familias, etc., con sus características y ejemplos representativos. Verdaderos alardes de memorización. Pero, ¿dónde está la ciencia amable, la palpitación de nuestro universo viviente?

¿Qué se puede hacer? Muy sencillo: brindar a los jóvenes el panorama real de la Taxonomía y de la Sistemática.

Hay muchas maneras de presentar las cosas con su verdadero rostro, sin alterarlas ni alejarse de la realidad:

72

1) Encarar la enseñanza de la Taxonomía, no como un prefacio ineludible y tedioso de la Sistemática, sino como lo que es, la base, algo más que una revisión histórica, esquemas rígidos de categorías y disposiciones sobre nomenclatura. Es fundamental que los alumnos aprendan la justa importancia de los conceptos de evolución, selección, adaptación, variación, filogenia, procesos y modos de especiación, etc. Así tendrán una idea de un mundo orgánico cambiante.

2) En Sistemática, dar a conocer los principales grupos, pero no sólo sus nombres, ubicación, características y ejemplos, sino conectarlos con el grado de organización, nutrición, reproducción alcanzados por cada uno de ellos, acentuando en especial su tendencia evolutiva.

3) Hacer hincapié en la observación de la fauna y flora locales.

4) Colocar a los alumnos dentro de la naturaleza y no esperar que ellos reconozcan y analicen los seres que los rodean cuando ya están incorporados a una colección y constituyen un muestrario inerte. A menudo, por ejemplo en el caso de las plantas, éstas se estudian sobre ejemplares herborizados, por necesidad y conveniencia, pero no por gusto.

5) La retención de nombres es relativo y su utilidad limitada. Resulta más provechoso saber cómo y a qué fuentes se debe recurrir para la determinación (manejo de la bibliografía). Para un alumno llegar a precisar el nombre y ubicación de una planta o animal representa un pequeño triunfo que lo entusiasma.

6) No desvincular la parte fósil para no brindar un panorama fragmentario. El mundo viviente se desarrolla en el espacio y en el tiempo.

7) No eliminar del conjunto los animales domésticos o plantas cultivadas que predominan en las comarcas densamente pobladas. Algunos sólo estudian los seres silvestres y dejan del lado los otros. La domesticación altera a veces las especies, pero esto no justifica su exclusión, mucho menos cuando están vinculados a la marcha de la civilización.

En resumen, lo fundamental es conocer la biología de la planta o animal y, después, su nombre y ubicación taxonómica. De esta manera, se estudia con seres vivos, no con nombres asociados a características.

Para todo esto se necesitan profesores preparados y que cumplan su cometido con dedicación y entusiasmo. Pero no basta el aspecto humano, sino también el material. No se puede enseñar en un aula atestada de alumnos, sin instrumental ni base bibliográfica. La actividad de campo es imprescindible para llevar a los jóvenes a encararse con problemas reales. Esto resulta difícil en las grandes urbes, donde la mayor parte del tiempo disponible se consume en el intento de abandonar ese mundo de cemento y maquinaria. A pesar de ello, siempre hay una escapatoria al alcance de la mano: un parque, un paseo, un jardín zoológico, invernáculos, acuarios, etc.

Con demasiada frecuencia los alumnos de los cursos de Sistemática desconocen los seres que les rodean: las flores o árboles que adornan o dan sombra a sus casas o a las calles, las aves que alegran con sus cantos, todo lo que brinda comodidad, alimento, productos químicos, etc. Es lamentable que así suceda y, sin embargo, son estos seres la puerta familiar para entrar en contacto con la naturaleza, a través de lo útil y cotidiano, más allá de las letras e ilustraciones de un libro.

LA SITUACION EN AMERICA LATINA

Su Estado Actual y Necesidades

Resulta obvio separar en un campo de actividad los métodos y conceptos de los resultados concretos. Por esta razón, aquí se encaran simultáneamente los aspectos de la Taxonomía y Sistemática biológica.

Como acontece en otras disciplinas, éstas han seguido una serie de pasos o etapas históricas que, en los países jóvenes, se suceden coetánea y explosivamente. El progreso de estas ramas de la Biología en América latina no es uniforme y el grado de desarrollo en que se encuentran varía dentro de límites amplios.

En gran parte de las comarcas poco accesibles (selvas, cadenas montañosas), que ocupan una gran extensión, falta intensificar y a veces comenzar las exploraciones y recolección de especímenes vegetales y animales para enterarse de lo que hay. En otras, menos agrestes y más pobladas, este paso se ha dado y ahora el cumplimiento de planes más elaborados imprime un matiz selectivo a la actividad. Por ello no se pueden especificar las necesidades de un modo uniforme y de acuerdo con un mismo patrón.

No debe pretenderse un ascenso paulatino, el cumplimiento de una etapa como condición ineludible para acometer la siguiente, como se hizo en la mayor parte de Europa o en Estados Unidos. Se pueden subir a la vez muchos peldaños, pero con armonía y equilibrio, que es lo más difícil. Así, la hipertrofia de un aspecto frena y hasta anula la realización de otros fundamentales.

Hay numerosas trabas humanas y materiales que impiden la aceleración exigida por las circunstancias. Faltan rutas que faciliten las tareas de exploración, vehículos adecuados, instrumental, bibliografía, locales para conservación y estudio de lo coleccionado y, lo que es más grave, no hay suficiente número de sistemáticos para atender las necesidades. Los centros de enseñanza e investigación escasean en relación con la enorme y rica superficie

en que deben actuar. Vastas regiones se hallan huérfanas en lo que a todo esto atañe.

Nadie puede dudar que el avance de una Taxonomía al día favorecerá y a la vez requerirá el de varias disciplinas paralelas. Una base sólida permite construir rápidamente la pirámide.

Planificación y Trabajo en Equipos

Cada día se impone más la conveniencia de actuar coordinadamente para ejecutar planes trazados de antemano y evitar la pérdida de esfuerzo humano y de material. No se pretende con ello una labor impuesta, sino armónica, para obtener un mayor rendimiento de los escasos medios de que se dispone para una cierta tarea.

Un sistemático aislado pierde una buena parte de su tiempo en labores de índole más propia de otro personal. De este convencimiento nace la idea de formar un equipo de auxiliares competentes (ayudantes de laboratorio, dibujantes, correctores de pruebas, jardineros, etc.) para que se ocupen de la parte secundaria y manual de la función taxonómica. En un equipo primario de esta índole se combinan ciencia y técnica.

76

Pero esto ya no basta; se necesitan equipos más efectivos y complejos, compuestos por varios investigadores que trabajen con un empeño y meta comunes, lo que para uno solo supondría una empresa titánica bien por su amplitud o por la diversidad de los temas que abarca. En general, este equipo lo constituyen un experto y los discípulos que abrazan su orientación.

Un ejemplo de magnitud y duración del trabajo lo ofrecen los planes regionales de flora y fauna (vivientes o extintas). La revisión biosistemática de un grupo de organismos, donde se requiere la cooperación de citólogos, anatomistas, estadistas, bioquímicos, palinólogos, ecólogos, etc., es un caso concreto de diversificación de temas. Más sencillo es el estudio de un grupo de fósiles, donde, en general, se encara sólo un doble aspecto: biológico y geológico (estratigráfico). Para el buen éxito de todos ellos, el trabajo en equipo es imprescindible.

Pero un equipo así constituido tiene una duración más o menos definida y lo que se necesita es rendimiento y continuidad. ¿Qué queda si este equipo se disuelve o se fragmenta por cualquier motivo? ¿Sólo los resultados parciales? ¿Y su proyección futura?

Una cosa es investigar y otra formar investigadores, que no es sinónimo de enseñar. Formar es una actividad eminentemente

personal y que tiene mucho de creadora. Un investigador lleva a cabo planes de trabajo, pero un maestro, además de eso, modela y capacita discípulos que sigan sus pasos y apliquen y superen sus métodos e ideas, dando continuidad a su labor. Esto representa la esencia de una "escuela".

América latina está ávida de esos complejos "equipo-escuela". Los investigadores aislados pueden dejar una herencia de incalculable valor, pero la falta de discípulos hace que, a menudo, ese esfuerzo quede trunco.

Nada de esto implica una imposición o investigación al dictado. Los equipos se forman espontáneamente, por atracción mutua de hombres de ciencia con inquietudes y planes de trabajo en común. Y estos conjuntos humanos son los que atraen gente joven, sedientos de saber y dispuestos a conquistarlo en un ambiente amistoso y entusiasta.

De este modo, América latina, en Taxonomía biológica como en otras ciencias, puede progresar y ponerse a la par de otras regiones avanzadas. Comparar la actividad de un hombre con la de un equipo bien constituido es lo mismo que equiparar el crecimiento en progresión aritmética con el crecimiento en progresión geométrica.

BIBLIOGRAFIA

- ALSTON, R. E. y B. L. TURNER, Biochemical Systematics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey (1963).
- ANDERSON, E., Introgressive Hybridization, Wiley, Nueva York (1949).
- ANDERSON, E. y G. L. STEBBINS, Hybridization as a Evolutionary Stimulus, *Evolution* **8**:378-388 (1954).
- CAMP, W. H. y C. L. GILLY, The Structure and Origin of Species, *Brittonia* **4**: 323-385 (1943).
- CAIN, A. J., Animal Species and Their Evolution, Hutchinson, Londres (1954).
- CLAUSEN, J., Stages in the Evolution of Plant Species, Cornell Univ. Press, Ithaca, Nueva York (1951).
- CONSTANCE, L., Systematic Botany--An Unending Synthesis, *Taxon* **13**: 257-273 (1964).
- DAVIS, P. H. y V. H. HEYWOOD, Principles of Angiosperm Taxonomy, Oliver & Boyd, Edimburgo, Escocia (1963).
- DOBZHANSKY, T., Genetics and the Origin of Species, 3ra. ed., Columbia Univ. Press, Nueva York (1951).
- DU RIETZ, G. E., The Fundamental Units of Biological Taxonomy, *Svensk Bot. Tidskr.* **24**: 333 (1930).
- FISHER, R. A., The Genetical Theory of Natural Selection, 2a. ed., Dover, Nueva York (1958).
- GRANT, V., The Plant Species in Theory and Practice. *En: The Species Problem*, E. Mayr ed., Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. N° 50; 39-80, Washington, D.C. (1957).
- GRANT, V., The Origin of Adaptations, Columbia Univ. Press, Nueva York (1963).
- HALDANE, J. B. S., The Causes of Evolution, Harper, Londres (1932).
- HESLOP - HARRISON, J., New Concepts in Flowering - Plant Taxonomy, Heineman, Londres (1953).

- HOYER, B.H., B.J. McCARTHY y E. T. BOLTON, A Molecular Approach in the Systematics of Higher Organisms, *Science* **144**: 959-967 (1964).
- HUXLEY, J. S., The New Systematics, Oxford Univ. Press, Londres (1941).
- HUXLEY, J. S., Evolution: The Modern Synthesis, Allen and Unwin, Londres (1942).
- KENDRICK, W. B., Quantitative Characters in Computer Taxonomy. *En: Phenetic and Phylogenetic Classification*, Heywood & McNeill ed., *Syst. Assoc. Publ.* **6**: 105-114 (1964).
- KENDRICK, W. B., Complexity and Dependence in Computer Taxonomy, *Taxon* **14**: 141-154 (1965).
- LOTSY, J. P., Evolution by Means of Hybridization, Nijhoff, La Haya (1916).
- LOTSY, J. P., On the Species of the Taxonomist in Its Relation to Evolution, *Genetica* **13**: 1-16 (1931).
- LÖWE, A., The Biological Species Concept and Its Evolutionary Structure, *Taxon* **13**: 35-45 (1954).
- MASON, H. L., Taxonomy, Systematic Botany and Biosystematics, *Madroño* **10**: 193-208 (1950).
- MAYR, E., Systematics and Modes of Speciation. *En: Biological Systematics*, *Biol. Colloq., Oregon State College Phi Kappa Phi*, Corvallis, Ore. (1955).
- MAYR, E., The Species as a Systematic and as a Biological Problem. *En: Biological Systematics*, *Biol. Colloq., Oregon State College Phi Kappa Phi*, Corvallis, Ore. (1955).
- MAYR, E., Species Concepts and Definitions. *En: The Species Problem*, E. Mayr ed., Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. N° 50; 1-22, Washington, D. C. (1957).
- MAYR, E., Difficulties and Importance of the Biological Species Concept. *En: The Species Problem*, E. Mayr ed., Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. N° 50; 371 - 388, Washington, D. C. (1957).
- MAYR, E., Animal Species and Evolution, Belknap, Cambridge, Mass. (1963).

- ROE, A. y G. G. SIMPSON, (Editores), Behaviour and Evolution, Yale Univ. Press, New Haven, Conn. (1958).
- ROLLINS, R., Taxonomy Today and Tomorrow, *Rhodora* **54**: 1-19 (1952).
- TURESSON, G., The Species and Varieties as Ecological Units, *Hereditas* **3**: 100 (1922).
- TURESSON, G., The Genotypical Response of the Plant Species to the Habitat, *Hereditas* **3**: 211 (1922).
- SIBLEY, C. G., The Comparative Morphology of Protein Molecules as Data for Classification, *Syst. Zool.* **11**: 108-118 (1962).
- SIMPSON, G. G., Tempo and Mode in Evolution, Columbia Univ. Press, Nueva York (1944).
- SIMPSON, G. G., The Major Features of Evolution, Columbia Univ. Press, Nueva York (1953).
- SIMPSON, G. G., Principles of Animal Taxonomy, Columbia Univ. Press, Nueva York (1961).
- SIMPSON, G. G., El Sentido de la Evolución, EUDEBA, Buenos Aires, Argentina (1961).
- SNEATH, P. H. A., The Application of Computers to Taxonomy, *J. Gen. Microbiol.* **17**: 201-226 (1957).
- SNEATH, P. H. A., The Construction of Taxonomic Groups, Microbiol. Classification (12th Symp. Soc. Gen. Microbiol.): 289-332 (1962).
- SOKAL, R. R., The Principles and Practice of Numerical Taxonomy, *Taxon* **12**: 190-199 (1963).
- SOKAL, R. R. y P. H. A. SNEATH, Principles of Numerical Taxonomy, Freeman, San Francisco, Calif. (1963).
- SOLBRIG, O. T., Evolution and Systematics, Macmillan, Nueva York (1966).
- SPORNE, K. R., On the Phylogenetic Classification of Plants, *Am. J. Botany* **46**: 385-394 (1959).
- STEBBINS, G. L., Variation and Evolution in Plants, Columbia Univ. Press, Nueva York (1950).

- STEBBINS, G. L., The Role of Hybridization in Evolution, *Proc. Am. Phil. Soc.* **103**: 231-251 (1959).
- SWAIN, T. (Editor), Chemical Plant Taxonomy, Academic, Nueva York (1963).
- VALENTINE, D.H. y A. LÖWE, Taxonomic and Biosystematic Categories, *Brittonia* **10**: 153-166 (1958).
- WAGNER, W.H., Evergreen Grapeferns and the Meanings of Intraspecific Categories as Used in North American Pteridophytes, *Am. Fern J.* **50**: 32-45 (1960).
- WHITE, N.J.D., Animal Cytology and Evolution, Oxford Univ. Press, Nueva York (1952).