

Libros de **Cátedra**

Introducción a las herramientas de gestión ambiental

Laura Massolo
(coordinadora)

FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS

e
exactas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

INTRODUCCIÓN A LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Laura Massolo
(coordinadora)

FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS



2015

ÍNDICE

Capítulo 1

Gestión ambiental y desarrollo sostenible: aspectos generales

Laura Massolo

| | |
|---|----|
| Desarrollo sostenible | 9 |
| Gestión ambiental | 11 |
| Principios de la política ambiental | 12 |
| Herramientas de gestión ambiental | 12 |
| Diferentes políticas de gestión ambiental | 23 |
| Bibliografía de referencia | 25 |

Capítulo 2

Evaluación de impacto ambiental

Laura Massolo - Andrés Porta

| | |
|--|----|
| Introducción | 26 |
| Definición | 27 |
| Objetivo | 27 |
| Principales mecanismos de la EIA | 28 |
| Atributos de la EIA | 28 |
| Impacto ambiental | 29 |
| Principales métodos para la evaluación de impactos ambientales | 32 |
| Estructura general de la EIA | 35 |
| Descripción general del proyecto | 36 |
| Definición y descripción del entorno del proyecto | 37 |
| Medio físico | 38 |
| Medio biótico | 41 |
| Medio perceptual | 43 |
| Medio sociocultural | 43 |

| | |
|--|----|
| Encuadre del proyecto dentro del marco político, legal e institucional | 44 |
| Análisis preliminar de los efectos que el proyecto generará sobre el ambiente | 45 |
| Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes y factores impactados. Valoración cualitativa del impacto | 45 |
| Predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor. Valoración cuantitativa del impacto ambiental | 46 |
| Elaboración del plan de manejo ambiental y del programa de seguimiento y control | 47 |
| Desarrollo del plan de participación ciudadana y de otras agencias y organismos interesados | 47 |
| Audiencia pública | 48 |
| Emisión del informe final | 49 |
| Limitaciones de la EIA | 49 |
| Normas que regulan la EIA en Argentina | 50 |
| Bibliografía de referencia | 51 |

Capítulo 3

Auditorías ambientales

Analía Coppola

| | |
|---|----|
| Introducción | 53 |
| Definición | 54 |
| Objetivos | 56 |
| Clasificación de las Auditorías ambientales | 58 |
| Por la procedencia del equipo auditor | 58 |
| Por su objeto | 58 |
| Por el entorno ambiental auditado | 60 |
| Por su periodicidad | 61 |
| Por la temporalidad del efecto | 61 |

| | |
|----------------------------|----|
| Por su alcance | 62 |
| Metodología | 62 |
| Fase 1 | 63 |
| Fase 2 | 65 |
| Fase 3 | 69 |
| Bibliografía de referencia | 72 |

Capítulo 4

Análisis del ciclo de vida

Laura Massolo - Germán Castagnasso

| | |
|---|----|
| Introducción | 74 |
| Orígenes y evolución del ACV | 75 |
| Sistemas de Gestión Ambiental | 77 |
| Evaluación del desempeño ambiental | 78 |
| Etiquetado Ecológico | 79 |
| Etiquetas tipo I | 80 |
| Etiquetas tipo II | 80 |
| Etiquetas tipo III | 81 |
| Análisis de Ciclo de Vida. Definición | 81 |
| Normas asociadas al Análisis de Ciclo de Vida | 82 |
| Enfoques del ACV | 84 |
| Etapas del ACV | 85 |
| Objetivo y alcance | 86 |
| Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) | 87 |
| Evaluación del impacto del ciclo de vida | 88 |
| Interpretación | 91 |
| Características generales ACV | 92 |
| Beneficios del ACV | 93 |
| Conclusiones | 94 |
| Bibliografía de referencia | 94 |

Capítulo 5

Diagnóstico ambiental. Acciones de remediación

Analía Coppola

| | |
|--|-----|
| Introducción | 96 |
| Diagnóstico ambiental | 97 |
| Diagnóstico técnico | 99 |
| Fase previa | 99 |
| Fase de recopilación de información | 100 |
| Fase de presentación del municipio | 101 |
| Fase de análisis | 101 |
| Diagnóstico cualitativo | 102 |
| Plan de seguimiento | 106 |
| Acciones de remediación en sitios contaminados | 106 |
| Alternativas de remediación | 107 |
| Químicas y físicas | 108 |
| Métodos biológicos | 110 |
| Bibliografía de referencia | 112 |

Capítulo 6

Modelos multimediales de dispersión de contaminantes

Andrés Porta - Laura Massolo

| | |
|---|-----|
| Introducción a la problemática | 113 |
| Modelos multimediales | 121 |
| Principales procesos ambientales de distribución de compuestos químicos | 123 |
| Partición | 123 |
| Transporte y transformación | 124 |
| Emisión, transporte y degradación de contaminantes en el ambiente. Parametrización | 130 |

| | |
|--|-----|
| Serie level | 131 |
| Level I: sistema cerrado en equilibrio | 133 |
| Level II: sistema abierto en equilibrio | 136 |
| Level III: sistema abierto en estado estacionario | 136 |
| Level IV: sistema dinámico abierto | 140 |
| Modelos de dispersión de contaminantes en aire | 141 |
| Dispersión de contaminantes en aire | 141 |
| Medio emisor | 142 |
| Medio receptor | 142 |
| Medio difusor | 143 |
| ¿Qué es un modelo de Dispersión de contaminantes en aire? | 144 |
| ¿Cuáles son los objetivos? | 145 |
| Aplicaciones de los modelos de dispersión de contaminantes en aire | 145 |
| Consideraciones generales | 146 |
| Limitaciones | 147 |
| Modelos Gaussianos | 148 |
| Resultados del modelo | 150 |
| Limitaciones de los modelos Gaussianos | 151 |
| Modelos más avanzados que los Gaussianos | 152 |
| Niveles de sofisticación de los modelos | 154 |
| Modelos recomendados por la Agencia Ambiental de Estados Unidos USEPA | 155 |
| Modelos de sondeo | 155 |
| Modelos refinados | 155 |
| Modelos utilizados en la Provincia de Buenos Aires | 156 |
| Bibliografía de referencia | 158 |
| Capítulo 7 | |
| Marco legal e institucional en Argentina | |
| <i>Laura Massolo - Analía Coppola</i> | |
| | 161 |

| | |
|---|------------|
| Derecho ambiental | |
| Constitución Nacional | 162 |
| Artículo 41 | 162 |
| Artículo 43 | 164 |
| Artículo 124 | 164 |
| Orden jerárquico de la legislación ambiental en Argentina | 164 |
| Leyes de presupuestos mínimos | 165 |
| Ley 25.675: Ley General del Ambiente | 165 |
| Ley 25.612: Gestión Integral de Residuos Industriales | 170 |
| Ley 24.051: de residuos peligrosos | 172 |
| Ley 25.916: Protección Ambiental para la Gestión Integral de los Residuos Domiciliarios | 173 |
| Ley 25.688: Régimen de Gestión Ambiental de Aguas | 175 |
| Ley N° 25.831: Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental | 176 |
| Ley 26.562: Protección Ambiental Para Control de Actividades de Quema | 178 |
| Ley N° 26.331: Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los bosques nativos | 178 |
| Ley 25.670: Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de los PCBs | 180 |
| Autoridades de Aplicación de la política ambiental en Argentina | 182 |
| Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación | 182 |
| Autoridades de aplicación en la provincia de Buenos Aires | 183 |
| Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) | 184 |
| Autoridad del Agua (ADA) | 186 |
| Los autores | 192 |

CAPÍTULO 1


Gestión ambiental y desarrollo sostenible: aspectos generales

Laura Massolo

1. Desarrollo sostenible

Durante muchos años se mantuvo el concepto en el cual la protección ambiental resultaba excesivamente costosa y frenaba el desarrollo. Posteriormente se demostró que la problemática y las necesidades tanto presentes como futuras obligan a efectuar un desarrollo sostenido y equilibrado, protegiendo al ambiente y haciendo uso racional de los recursos naturales tanto renovables como no renovables.

Es así como en los años 80 surgió el concepto de desarrollo sostenible a partir del documento "Nuestro Futuro Común" o "Informe Brundtland" presentado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU.



Se define desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas

El desarrollo sostenible es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del

modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida.

El término desarrollo sostenible reúne dos líneas de pensamiento en torno a la gestión de las actividades humanas:

- una de ellas concentrada en las metas de desarrollo
- la otra en el control de los impactos perjudiciales de las actividades humanas sobre el ambiente

En los años 90 se pone en marcha el desarrollo sostenible a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) o Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.

Durante esta conferencia fue aprobado un importante documento conocido como Agenda 21. El mismo fue ratificado posteriormente por las Conferencias de Rio+10 y Rio+20 celebradas 10 y 20 años más tarde respectivamente.

La **Agenda 21** es el plan que fija los cimientos para la promoción del desarrollo sostenible no solo en el área ambiental sino también en la social y económica, relacionando a las mismas de manera tal que una no se vea perjudicada por el progreso de las otras. Más que una guía, es un programa de acción. Es el instrumento vinculante más importante y más influyente en todo el mundo y es marco de referencia para la mayoría de las políticas ambientales existentes. Refleja un consenso mundial y un compromiso político al más alto nivel sobre el desarrollo y la cooperación en la esfera del medio ambiente.

En el documento final de las Naciones Unidas, se dedicaba un capítulo -el 28- al papel de las ciudades en este ambicioso deseo de cambio. Se reconocía tanto la responsabilidad de las ciudades como su capacidad de transformación. Así surge el concepto de **Agenda 21 Local** como un compromiso de actuar hacia la mejora ambiental continua del municipio que se manifiesta a través de la elaboración de un Plan de Acción Local, determinando unos objetivos y estrategias comunes en las políticas municipales.

2. Gestión ambiental

La **gestión ambiental** es el conjunto de acciones y estrategias mediante las cuales se organizan las actividades antrópicas que influyen sobre el ambiente con el fin de lograr una adecuada calidad de vida previniendo o mitigando los problemas ambientales. Partiendo del concepto de desarrollo sostenible se trata de conseguir el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente. Es un concepto integrador que abarca no solo las acciones a implementarse sino también las directrices, lineamientos, y políticas para su implementación. Una adecuada gestión ambiental debería seguir los lineamientos de la Agenda 21.

Debido al carácter antropocéntrico, para la resolución de los problemas, es necesario tener en cuenta diversos factores relacionados a las ciencias sociales además de los relacionados a las ciencias naturales.

FACTORES A CONSIDERAR PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

El ser humano, la flora y la fauna

El suelo, el agua, el clima y el paisaje

Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Interacciones de factores anteriores

3. Principios de la política ambiental

Al desarrollar un plan de gestión ambiental, debemos tener en cuenta algunos principios fundamentales de la política ambiental, de los cuales podemos mencionar:

- Priorizar la prevención por sobre la remediación o corrección.
- Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica no es excusa para evitar políticas preventivas (Principio Precautorio).
- Desarrollo gradual y dinámico de las políticas ambientales, de las actividades y necesidades de la sociedad y de los recursos naturales disponibles, considerando los avances científicos y tecnológicos para proveernos de esos recursos de manera sostenible (Principio de progresividad).
- Derecho soberano a utilizar recursos naturales propios sin perjudicar a otros Estados.

4. Herramientas de gestión ambiental

Existen diversas herramientas e instrumentos para la gestión ambiental. Las podemos clasificar en:

- Preventivas
- Correctivas
- Conservación y mejoramiento

La mayor efectividad de las herramientas de gestión ambiental se logra cuando son aplicadas a priori, no sólo en términos ambientales sino también

económicos y sociales, logrando una mayor eficiencia en el uso de materias primas y energía, y una reducción en la generación de emisiones y el costo asociado a su tratamiento. Además permiten evitar posibles conflictos socio ambientales que generan diversos problemas, entre ellos el deterioro de la imagen de la organización como así también altos costos para su solución.

Entre las distintas herramientas e instrumentos de la política y la gestión ambiental podemos mencionar:

- Legislación Ambiental
- Educación Ambiental
- Ordenamiento Territorial
- Estudios de Impacto Ambiental
- Auditorías Ambientales
- Análisis del Ciclo de Vida
- Etiquetado ecológico
- Ecodiseño o diseño ambiental
- Aplicación de modelos de dispersión de contaminantes
- Sistemas de diagnóstico e información ambiental
- Sistemas de Gestión Ambiental
- Certificaciones

En este libro abordaremos una introducción a algunas de la herramientas e instrumentos de gestión como evaluación de impacto ambiental, auditorías ambientales, análisis del ciclo de vida, modelos de dispersión de contaminantes y legislación ambiental. También introduciremos el concepto de diagnóstico ambiental como el conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en un ámbito territorial.

Las herramientas seleccionadas se describen someramente en los siguientes capítulos, lo cual no quiere decir que las otras herramientas sean menos importantes, sino que describir todas excedería a la extensión planificada para este libro introductorio.

No obstante a continuación se realiza una breve descripción de las herramientas que no serán desarrolladas en los capítulos posteriores.

4.1. Educación Ambiental / Sensibilización ciudadana

Es un proceso de aprendizaje dirigido a toda la población, con el fin de motivarla y sensibilizarla para lograr una conducta favorable hacia el cuidado del ambiente, promoviendo la participación de todos en la solución de los problemas ambientales que se presentan.

El objetivo de la educación ambiental es lograr una población ambientalmente informada, preparada para desarrollar actitudes y habilidades prácticas que mejoren la calidad de vida.

En realidad, el término ***educación para el desarrollo sostenible*** sería un término más indicado, ya que debería ser la meta de la educación ambiental. De hecho, a nivel internacional la educación ambiental está evolucionando hacia educación para la sostenibilidad, que tiene un gran potencial para aumentar la toma de conciencia en los ciudadanos y la capacidad para que se comprometan con decisiones que afectan sus vidas.

En tal sentido, teniendo en cuenta el concepto de desarrollo sostenible, podríamos definir nuevamente a la educación ambiental como el proceso de aprendizaje dirigido a toda la población, con el fin de motivarla y sensibilizarla para lograr una conducta favorable hacia el cuidado del ambiente al mismo tiempo que se promueve el desarrollo económico y la equidad social.

4.2. Ordenamiento Territorial

El ordenamiento territorial es el conjunto de acciones políticas, técnicas y administrativas para la realización de estudios, la formulación de propuestas y la adopción de medidas específicas para la toma de decisiones en relación a la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, el desarrollo sostenible de los asentamientos humanos y de las actividades económicas y sociales. Se trata de un proceso planificado cuyo objeto central es el de organizar, armonizar y administrar la ocupación y uso del espacio, contribuyendo al desarrollo humano de manera sostenible.

En el ordenamiento territorial confluyen las políticas ambientales, las políticas de desarrollo regional o territorial y las políticas de desarrollo social y cultural. El mismo debe permitir resolver diversos problemas como impactos ecológicos y paisajísticos, desequilibrio en los recursos naturales, superposición de usos del territorio, conflicto entre sectores y actividades, conflictos entre habitantes locales y actores externos, concentración excesiva de población en determinadas áreas, concentración industrial generando áreas críticas con inaceptable contaminación ambiental, entre otros.

4.3. Etiquetado ecológico

El etiquetado ecológico es la posibilidad de poner un determinado logotipo en la etiqueta del producto que indica que se ha fabricado siguiendo procedimientos regulados y controlados por normas internacionales. La etiqueta ecológica o ecoetiqueta es un distintivo, de carácter voluntario, concedido a los productos que demuestren que tienen impactos reducidos sobre el ambiente, en las diferentes fases de su ciclo de vida. Con este

instrumento se persigue prevenir la contaminación en origen, promoviendo una política de fomento de productos más "limpios".

La ecoetiqueta es un instrumento útil para la empresa para promover diseño, producción y comercialización de productos de menor impacto ambiental y con los niveles necesarios de calidad y seguridad. Para los consumidores brinda información para escoger y usar productos menos perjudiciales para el ambiente

4.4. Ecodiseño o diseño ambiental

Se entiende por ecodiseño o diseño ambiental, a la forma en que la función de diseño puede mejorar el impacto ambiental de una empresa. Aunque generalmente se hace referencia al diseño del producto, también puede incluir el diseño de determinados aspectos del proceso productivo para fabricar el producto. Se trata de incorporar los aspectos ambientales en la etapa de diseño o rediseño de un producto de modo tal de reducir la carga ambiental asociada al ciclo de ese producto mediante la reducción en la cantidad de componentes y materiales, selección de materiales menos impactantes, eliminación de los materiales más tóxicos asociados al producto, elección de componentes fáciles de desmontar y reciclables, aplicación de procesos alternativos, mejora en el transporte, elección de productos finales fáciles de limpiar, reparar y reutilizar.

4.5. Sistemas de Gestión Ambiental

Un sistema de gestión ambiental (SGA) es aquella parte del sistema general de gestión que comprende la estructura organizativa, las responsabilidades, las

prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para determinar y llevar a cabo la política ambiental.

Es el marco o el método de trabajo que sigue una organización con el objeto de conseguir, en una primera fase, y de mantener posteriormente, un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiere fijado y como respuesta a unas normas, unos riesgos ambientales, y unas precisiones tanto sociales, como financieras, económicas y competitivas, en permanente cambio.

4.5.1. Elementos básicos del Sistema de Gestión Ambiental

- **Política ambiental:** las declaraciones de política ambiental de una empresa u organización son una herramienta eficaz para comprender el compromiso ambiental asumido por la misma. Debe comprometer a la organización al cumplimiento de los requisitos legales y compromisos voluntarios, prevención de la contaminación, minimización de residuos, mejora continua y relaciones con la comunidad. Todos los trabajadores, empleados en relación de dependencia, consultores, subcontratistas, entre otros deben conocer la existencia de la política que debe ponerse a disposición pública. A efectos de implementar una buena política de gestión ambiental se debe reconocer que la mejora continua es uno de sus objetivos estratégicos.

- **Planificación:** en esta fase se deben plantear los objetivos y metas que se quieren alcanzar a fin de mejorar el comportamiento ambiental de la empresa y cumplir con la normativa vigente. Las metas y objetivos deben poder medirse y asignarse a un cargo específico para su control y mejora continua, además se debe evaluar la factibilidad económica de la implementación del sistema. Es importante implementar un

procedimiento para identificar los aspectos ambientales asociados a las actividades realizadas, productos y/o servicios que puedan tener importantes consecuencias sobre el ambiente.

- **Implementación y funcionamiento:** se deben definir las actividades que realizará cada sector a fin de alcanzar las metas y objetivos planteados, desarrollar programas y proyectos ambientales específicos, evaluación y gestión de riesgos como así también gestión del cumplimiento de la normativa vigente y compromisos voluntarios

- **Control y acción correctiva:** en esta fase se deberá evaluar si el plan se está desarrollando correctamente. A tal efecto las auditorías ambientales son una herramienta muy útil de evaluación. Con los resultados obtenidos se deberán desarrollar acciones correctivas y de mejora continua. En caso de ser necesario establecer acciones correctivas, las mismas deben identificar cuando reaccionar, quien debe responder y que acciones se deben tomar.

- **Revisión de la gestión:** a intervalos regulares la dirección debe revisar todo el SGA para evaluar su eficacia para decidir si se modifica o se cambia el SGA existente para el cumplimiento de sus metas. Estas revisiones deben estar correctamente documentadas

4.5.2. Principales normas de calidad utilizadas en los SGA

- **Normas ISO:** son normas voluntarias que se desarrollan en respuesta a las necesidades del mercado basadas en el consenso de todas las partes interesadas. Son normas reconocidas internacionalmente. La serie de normas ISO14000 establecen un conjunto amplio de herramientas normalizadas para la gestión ambiental en cualquier ámbito empresarial. La ISO, Organización Internacional de normalización, cuenta con un comité

técnico dedicado especialmente al desarrollo de normas sobre gestión ambiental, el ISO/TC 207.

La norma ISO 14001 está vinculada con los SGA constituyendo una de las normas más conocidas de la serie ISO 14000, además de ser la única norma certificable del grupo. Sin embargo cabe aclarar que dicha serie es un conjunto de más de 25 normas que cubren otras áreas como auditorías ambientales, declaración ambiental, análisis del ciclo de vida, comunicación ambiental, verificación de gases de efecto invernadero, entre otros. Estas normas son herramientas que las organizaciones pueden utilizar para hacer gestión ambiental, para administrar las relaciones que existen entre las actividades de la organización y su entorno.

- **Normas IRAM:** son un conjunto de normas argentinas desarrolladas siguiendo los lineamientos de la normas ISO. El IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, como representante de ISO en la Argentina, cuenta con un comité espejo del ISO/TC 207. De esta forma se participa activamente del proceso de desarrollo de las normas nacionales adoptándose luego las normas ISO como normas ISO/IRAM.

- **EMAS:** Eco-Management and Audit Scheme (Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría de la Unión Europea). Es una normativa voluntaria de la Unión Europea que reconoce a aquellas organizaciones que han implementado un SGA y han adquirido un compromiso de mejora continua, verificado mediante auditorías independientes.

Las organizaciones reconocidas con el logotipo EMAS tienen una política ambiental definida, aplican un sistema de gestión ambiental y dan cuenta periódicamente del funcionamiento de dicho sistema a través de una declaración ambiental verificada por organismos independientes. Dicho logotipo garantiza la confiabilidad y veracidad de la información declarada por la organización.

4.5.3. Ventajas de utilizar un SGA

Las ventajas de utilizar un SGA son muchas, entre ellas podemos mencionar las que se describen a continuación

- **Conformidad con las regulaciones y cumplimiento de la legislación ambiental vigente:** La principal ventaja de tener un sistema de gestión ambiental es que siempre se está preparado para una inspección y auditoría. La conformidad respecto a las regulaciones puede ser solicitada en cualquier momento. Por lo tanto, la mejor estrategia que se podría seguir sería la de la continua conformidad. El mejor modo de asegurarla sería la aplicación de un sistema continuo de gestión ambiental. Además la aplicación de un SGA implica el conocimiento de la legislación ambiental vigente y el cumplimiento de ésta. Los directivos de las organizaciones deben estar en condiciones de demostrar que cumplen con la normativa existente y deben estar al tanto de cualquier proyecto inminente de ley ambiental con el fin de mantener su competitividad.

- **Conformidad con las exigencias de los consumidores:** actualmente, muchas organizaciones están familiarizadas con la necesidad de cumplir con las exigencias de calidad por parte de los consumidores. A tal efecto, un sistema de gestión ambiental efectivo debe ser capaz de establecer y definir en primer lugar las exigencias de los consumidores respecto al medio ambiente y ajustarse con el fin de introducir dichas exigencias. Estos requerimientos pueden proceder de los propios consumidores, de los reguladores, de la comunidad o de necesidades internas.

- **Mejora la gestión de los recursos:** se ahorra en consumo de agua, energía y otras materias primas, al llevar sobre ellos un

control y seguimiento eficiente, se mejora la eficacia de los procesos productivos, y se reduce la cantidad de residuos generados.

- **Niveles de seguridad superiores:** la aplicación de un SGA implica mejorar las condiciones de higiene y seguridad en la empresa, por lo cual aumenta los niveles de seguridad de los trabajadores, contratistas y visitantes reduciendo el riesgo de accidentes ambientales

- **Mejora la competitividad empresarial:** permite mejorar la eficiencia de la empresa, y por ende los costos, el aprovechamiento de nuevas oportunidades de mercado y la imagen corporativa. Un SGA ISO 14001 permite mover las cuestiones ambientales de la periferia al centro estratégico de las organizaciones utilizando la variable ambiental como un factor de competitividad empresarial.

- **Permite adquirir un símbolo de reconocimiento internacional:** la aplicación de un SGA basado en las normas ISO reconocidas internacionalmente permiten mejorar la imagen internacional de la organización o empresa

- **Garantiza la mejora continua:** es uno de los objetivos principales de la aplicación de un SGA. Siempre se debe seguir trabajando con la creciente preocupación por obtener y demostrar un desempeño ambiental correcto, mejorando el control del impacto de las actividades y productos en el medio ambiente.

- **Mejora la imagen ante la comunidad y las relaciones públicas:** el reconocimiento del compromiso respecto al medio ambiente potencia la imagen ante la sociedad y los consumidores. Además motiva a los trabajadores ya que la implementación de un SGA exige la participación y el compromiso del personal de todos los

niveles de una organización o empresa. Todos los trabajadores toman mayor conciencia de las consecuencias que tienen sus acciones en las comunidades en las que viven y adquieren la capacidad de mejorar su comportamiento frente a los temas ambientales beneficiando así a su familia y entorno.

- **Consistencia de políticas internas:** permite Integrar la gestión ambiental al sistema de gestión general de la empresa aumentando la comunicación entre los distintos sectores y departamentos y la confianza del personal.

- **Limitación del riesgo de pleitos por cuestiones ambientales:** un sistema de gestión ambiental efectivo implica que sus intenciones y esfuerzos por cumplir con los objetivos ambientales establecidos y por atenerse a las leyes están bien documentados. Por lo tanto, la organización dispondrá de una excelente fuente de documentación para preparar un argumento defensivo ante cualquier pleito de índole ambiental.

- **Cumplimiento con permisos y habilitaciones ambientales:** como el sistema de gestión ambiental está bien documentado, la organización podrá justificar y demostrar sus objetivos y políticas ambientales actuales ante los organismos de control. Esta mayor capacidad de comunicación debería facilitar la rapidez en la obtención de seguros, permisos, certificados y otras formas de autorizaciones.

- **Transferencia de tecnología:** la aplicación de un SGA muchas veces está asociado al desarrollo de nuevas tecnologías que eventualmente pueden ser transferidas a otras organizaciones para su aplicación. Por otro lado, el hecho de tener el sistema de desarrollo de la nueva tecnología bien documentado puede facilitar la

obtención de subvenciones y/o la participación en programas de transferencia de tecnología.

4.6. Certificaciones

Las certificaciones son instrumentos para garantizar que el Sistema de Gestión Ambiental implantado por una empresa es eficaz y de calidad. Las dan instituciones externas y ajenas a la empresa y garantizan que su Sistema de Gestión Ambiental es correcto y adecuado porque cumple un conjunto de normas e instrucciones. En nuestro país funciona como institución certificadora el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) y además existen empresas certificadoras internacionales.

Con estas certificaciones externas la empresa puede demostrar que su trabajo en este campo es serio con lo cual mejora su prestigio y garantiza a sus clientes su nivel de calidad.

La certificación no es la última fase de la implementación del SGA ya que se debe continuar trabajando en la continuidad del mismo y en la mejora continua.

5. Diferentes políticas de gestión ambiental

Existen diferentes políticas de gestión ambiental según se trate de situaciones preventivas, conflictos ambientales presentes o conflictos ambientales antiguos. Para cada una de las situaciones existen distintos instrumentos de gestión ambiental que pueden ser aplicados y los actores que deberán aplicarlos dependerán de cada situación. Cabe aclarar que siempre que sea posible se debería elegir trabajar con políticas preventivas de modo tal de evitar los conflictos ambientales ya que en general es mucho más difícil y costoso solucionar un conflicto ya instalado que instrumentar las acciones para

prevenirlo. Además, muchas veces no se puede mitigar totalmente los impactos adversos producidos por un conflicto ambiental conduciendo a un deterioro permanente de ciertos componentes del ambiente, situación que sería deseable evitar.

En tal sentido podemos hablar de políticas preventivas, políticas destinadas al tratamiento de conflictos ambientales presentes y políticas destinadas a los conflictos ambientales antiguos. En este último caso, generalmente no es posible determinar el responsable, por lo cual se tendrá que hacer cargo el Estado de brindar herramientas que conduzcan a la mitigación y /o solución del problema.

En resumen podríamos hacer la siguiente clasificación:

- ***Políticas preventivas:***

- Instrumentos: ordenamiento territorial, estudios de alternativas de proyecto, estudios de impacto ambiental, monitoreo ambiental,...
- Actores: Estado, privados que impulsan proyectos, consultoras, ONGs, entre otras

- ***Políticas destinadas al tratamiento de conflictos ambientales presentes:***

- Instrumentos: diagnósticos, auditorías
- Actores: Estado, operadores del proyecto, afectados por el proyecto, ONGs

- ***Políticas destinadas al tratamiento de conflictos ambientales antiguos (imposibilidad de determinar responsable):***

- Instrumentos: diagnósticos, auditorías
- Actores: fundamentalmente el Estado o quienes asuman los pasivos ambientales en una transacción

Bibliografía de referencia

- Claver Cortés, E.; Molina Azorín, J., Tarí Guilló, J. (2005). "Gestión de la Calidad y Gestión Medioambiental. Fundamentos, Herramientas, Normas ISO y Relaciones", segunda edición, p. 344, Pirámide, Madrid, España.
- Dis, R (2006). *Gestao Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade*, p. 196, Atlas SA, San Pablo, Brasil.
- "Environmental Managment". En: *Enviro Windows EEA platform for knowledge sharing*. <http://ew.eea.europa.eu/ManagementConcepts/>
- Granada Aguirre, L. (2006). *Gestión ambiental. Filosofías, conceptos, instrumentos y herramientas*, p.93, Ed. Universidad Libre, Cali.
- "Herramientas para la gestión ambiental". En: *Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente*, recuperado de:
<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/160SGM.htm>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2011). "ISO 14001. Sistemas de gestión ambiental. Lista de verificación para las PYME", p. 94.
- Kiely, G. (2003). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*, caps. 18, 19 y 21, Mc Graw-Hill, Internacional Limited, Colombia.
- Normas ISO 14001 (2004). Recuperado de: <http://www.iso.org>
- PNUMA (2007). "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial", GEO 4, Medio Ambiente para el Desarrollo. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. p. 574, Phoenix Design AID. Randers, Dinamarca.
- Quiñonez Rizo, E. (2012). *Cómo gerenciar la gestión ambiental en su empresa*, p. 136, Ediciones de la U, Bogotá, Colombia.

CAPÍTULO 2

Evaluación de impacto ambiental

Laura Massolo - Andrés Porta

1. Introducción

Las actividades humanas generan alteraciones al ambiente que pueden ser positivas o negativas. Cuando dichas alteraciones son significativas se traducen en un Impacto Ambiental.

Como ya se mencionó en el capítulo introductorio, para abordar la problemática ambiental dentro de un sistema de Gestión Ambiental existen instrumentos preventivos y correctivos. En este contexto, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el instrumento preventivo por excelencia aplicable a las acciones humanas antes de que ellas sean ejecutadas. La misma se puede aplicar a nuevos planes, proyectos o actividades.

En el marco del concepto de desarrollo sostenible resulta evidente la necesidad de evolucionar hacia políticas ambientales preventivas y globales. La EIA puede ayudar tempranamente a guiar a los responsables de la toma de decisiones en esa dirección.

El procedimiento administrativo de la Evaluación de Impacto Ambiental solo puede ser llevado a cabo por los Organismos de Administración y Control correspondientes. Para ello se debe elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), el cual es presentado a dichos organismos para su evaluación. Este procedimiento es multidisciplinar y se aplica exclusivamente a proyectos previstos, pierde sentido cuando pretende aplicarse a proyectos ya ejecutados. Los EsIA, además de una herramienta de gestión ambiental, son el mecanismo por excelencia requerido por las autoridades para la evaluación de proyectos y el cumplimiento normativo, lo cual le otorga una mayor importancia y utilidad.

Cabe mencionar que un aspecto importante de las Evaluaciones de Impacto Ambiental es que permiten tener una activa participación ciudadana ya que los distintos grupos sociales pueden conocer todos los aspectos del proyecto propuesto y opinar acerca del mismo permitiendo de esta manera una mayor transparencia en las decisiones de los Organismos de Administración y Control.

2. Definición

Es una herramienta de carácter preventivo y advertencia temprana que permite evaluar los impactos positivos y negativos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el ambiente y proponer en caso que sea necesario medidas que permitan evitarlos o adecuarlos a niveles aceptables. Es un proceso de análisis encaminado a identificar, predecir, interpretar, prevenir o corregir el efecto que determinadas acciones humanas causen sobre el ambiente antes de que estas se ejecuten. En resumen podríamos decir que la EIA es básicamente un instrumento de gestión que anticipa el daño ambiental

3. Objetivo

Enmarcar las actividades humanas que afectan el ambiente dentro de niveles aceptables teniendo en cuenta el concepto de desarrollo sostenible detectando las consecuencias ambientales de manera temprana con el fin de prevenir, mitigar y/o compensar las consecuencias negativas.

4. Principales mecanismos de la EIA

- **Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** conjunto de requisitos, pasos y etapas que deben cumplirse para que un análisis ambiental preventivo sea suficiente como tal según los estándares internacionales
- **Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA):** forma de organización y administración del proceso de EIA según la realidad y capacidad de quien lo aplique
- **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA):** el o los documento(s) que sustenta(n) el análisis ambiental preventivo y que entrega(n) los elementos de juicio para tomar decisiones informadas en relación a las implicancias ambientales de las actividades humanas

El Estudio de Impacto Ambiental es el informe que contiene el análisis ambiental

5. Atributos de la EIA

- Integra diferentes componentes del ambiente y de distintas disciplinas
- Contextualizada en los elementos del ambiente que son pertinentes
- Focalizada en los impactos significativos
- Flexible para acomodarse caso a caso
- Predictiva al aplicarse antes de implementar acciones
- Participativa al incorporar a la ciudadanía (agencias, proponentes, comunidad, autoridades)
- Informativa de probables impactos
- Incorporada a los instrumentos de política para la protección y mejora ambiental
- Complementaria al desarrollo integral de las acciones, junto a las decisiones políticas, económicas y sociales, entre otras

- Conducente al abandono de acciones ambientalmente inaceptables, a la mitigación de impactos negativos a niveles aceptables y a ajustes y cambios en el tiempo
- Suministra apoyo para la toma de decisión

6. Impacto ambiental

El impacto ambiental se define como una alteración significativa, favorable o desfavorable en el medio o en alguno de los componentes del medio como consecuencia de acciones humanas. Para realizar una caracterización de los impactos ambientales hay que tener en cuenta aspectos como carácter, intensidad, extensión, relación causa-efecto, momento de manifestación, persistencia, capacidad de recuperación, interrelación de acciones o efectos, periodicidad y admisibilidad. Teniendo en cuenta estos aspectos se puede realizar una clasificación de los impactos ambientales que se detalla a continuación.

6.1. Clasificación de los Impactos ambientales

Existen diversas clasificaciones de los impactos ambientales según la forma en que se los agrupe. Dada la diversidad de impactos ambientales posibles según el proyecto considerado a evaluación es muy difícil agrupar a todos, por lo cual cabe aclarar que la clasificación que se presenta a continuación no es excluyente, pueden existir otros impactos no mencionados.

- **Por el carácter:** hace referencia a su consideración beneficiosa o perjudicial respecto al estado previo a la acción

Positivos: significan beneficios ambientales en el marco de un análisis completo de costos y beneficios

Negativos: causan daño o deterioro del ambiente o de componentes del mismo como por ejemplo aumento de los perjuicios derivados de la contaminación de uno o varios compartimentos ambientales, pérdida de valor paisajístico y/o estético entre otros.

- **Por la intensidad:** se refiere al grado de destrucción que se provoca

Muy alto: puede producir repercusiones notables, como por ejemplo destrucción casi total o total del factor considerado.

Alto: puede producir repercusiones de nivel medio, menores a las consideradas en el punto anterior

Bajo: representa una destrucción mínima del factor considerado

- **Por la extensión:** se refiere al área influencia del impacto ambiental que no necesariamente coincide con la localización de la acción que generó el impacto

Puntual: cuando el efecto de una determinada acción es localizado

Parcial: cuando existe una incidencia apreciable en el medio

Extremo: cuando se detecta en una gran parte del medio considerado

Total: cuando se manifiesta de forma generalizada en todo el entorno considerado

- **Por la relación causa-efecto:**

Directo: tienen incidencia inmediata en algún factor ambiental. Generalmente son obvios y cuantificables

Indirecto: cubren efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o en otros sitios como consecuencia de una acción (por ej. degradación de la flora como consecuencia de la lluvia ácida)

- **Por el momento en que se manifiestan:**

Latente: se manifiesta al cabo de un cierto tiempo desde el inicio de la actividad que lo provoca. Incluye corto, medio y largo plazo.

Inmediato: el tiempo entre la manifestación del impacto y la acción que lo provoca es prácticamente nulo.

- **Por la persistencia:** se refiere al comportamiento en el tiempo de los impactos ambientales previstos

Temporal: se trata de una alteración que no permanece en el tiempo. Aparece en un plazo cuantificable que generalmente es corto

Permanente: la alteración es indefinida en el tiempo

- **Por la capacidad de recuperación del ambiente:**

Irrecuperable: cuando la alteración del medio es imposible de reparar. Por ejemplo una obra en la que se usa cemento u hormigón

Irreversible: cuando existe imposibilidad o dificultad extrema de volver por medios naturales a la situación previa a la acción impactante. Por ejemplo zonas fértiles que se van degradando hasta llegar a convertirse en un desierto

Reversible: la alteración puede ser recuperada a corto, medio o largo plazo por la acción de procesos naturales

Mitigables: la alteración puede disminuirse de manera significativa por medio de medidas correctoras

Recuperable: la alteración puede eliminarse por la acción humana

Fugaz: la recuperación es inmediata luego del cese de la actividad que lo generó y no son necesarias medidas de mitigación

- **Por la interrelación de acciones o efectos:**

Simple: se manifiesta sobre un solo componente ambiental

Acumulativo: se incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación

Sinérgico: el efecto conjunto de varios agentes o acciones es mayor que la suma los efectos individuales de los mismos

- **Por su periodicidad:**

Continuo: se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia

Discontinuo: se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia

Periódico: se manifiesta con un modo de acción intermitente pero continúa en el tiempo

- **Por la admisibilidad:**

Admisible: aquel que puede ser admitido por no presentar una gran intensidad ni importancia

No admisible: aquel cuya intensidad e importancia es grande y por lo tanto no se puede permitir sin la aplicación de medidas correctoras

7. Principales métodos para la evaluación de impactos ambientales

- ***Las listas de chequeo:*** son evaluaciones preliminares que permiten identificar rápidamente los impactos más importantes. Existen diversos tipos de listas que pueden ser puramente cualitativas o cuantitativas. El método consiste en considerar los factores ambientales más relevantes y elaborar una lista de efectos y acciones específicas sobre la cual se marcarán las interacciones más significativas

- ***Los grafos y diagramas de flujo:*** tratan de determinar las cadenas de impactos primarios y secundarios con todas las interacciones existentes y sirven para definir tipos de impactos esperados.

- **La cartografía ambiental o superposición de mapas:** se construyen una serie de mapas representando las características ambientales que se consideren influyentes en donde se vuelcan los impactos obtenidos a través de matrices. Luego se realiza una superposición de los distintos mapas dando distintos colores y grados de color a los impactos positivos y negativos

- **Sistemas de Información Geográficos (SIG):** surgen como una herramienta para el manejo de los datos espaciales, aportando soluciones a problemas geográficos complejos, lo cual permite mejorar la habilidad del usuario en la toma de decisiones en investigación, planificación y desarrollo. Son útiles en algunas fases del proceso de EIA. Entre las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica, se destacan en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para identificación y valoración del estado preoperacional del medio, elaboración de inventarios estandarizados para los factores ambientales, y generación de la cartografía temática asociada, identificación y valoración de impactos potenciales y selección de alternativas.

- **Método del Instituto Batelle-Columbus:** permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos. El método consiste en construir un árbol que contenga los factores ambientales en cuatro niveles. Los del primer nivel se denominan categorías; los del segundo, componentes; los del tercero, parámetros, y los del cuarto, medidas. Estos niveles se acomodan en forma creciente a la información aportada por los mismos. La ventaja es que permite contemplar todo el conjunto de efectos en forma sistemática y además permite el cálculo del impacto ambiental global del proyecto y la comparación de alternativas al mismo.

- **Matrices:** estos métodos consisten en tablas de doble entrada, con las características y elementos ambientales y con las acciones

previstas del proyecto. En la intersección de cada fila con cada columna se identifican los impactos correspondientes.

Hay **matrices simples de causa-efecto** limitadas a relacionar la variable ambiental afectada y la acción humana que la provoca y matrices con un grado mayor de complejidad, entre ellas la más conocida y utilizada es la Matriz de Leopold.

Matriz de Leopold

Consiste en un cuadro de doble entrada en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos.

En este método se fijan como número de acciones posibles 100 y 88 el número de factores ambientales

$$88 \times 100 = 8.800$$

Debido a la evidente dificultad de manejar tal cantidad de información, a menudo esta metodología se utiliza en forma parcial o segmentada, restringiendo el análisis a los impactos considerados como significativos.

En cada casillero, a su vez, se distingue entre *magnitud* e *importancia* del impacto, en una escala que va de uno a diez.

La *magnitud* del impacto hace referencia a su cantidad física; si es grande o pequeño dependerá del patrón de comparación, y puede tener el carácter de positivo o negativo, si es que el tipo de modificación identificada es deseado o no.

La *importancia*, que sólo puede recibir valores positivos, queda dada por la ponderación que se le asigne y puede ser muy diferente de la magnitud.

La principal ventaja de esta metodología es que es una herramienta muy útil para la descripción comparativa de los impactos.

8. Estructura general de la EIA¹

La evaluación de impacto ambiental de cualquier proyecto, entendido como la planificación y ejecución de cualquier tipo de actividad de origen antrópico, lleva asociado el desarrollo de una serie de fases sucesivas que se detallan a continuación

- 1- Descripción general del proyecto y sus alternativas
- 2- Definición y descripción del entorno del proyecto
- 3- Encuadre del proyecto dentro del marco político, legal e institucional
- 4- Análisis preliminar de los efectos que el proyecto generará sobre el ambiente
- 5- Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes
- 6- Identificación de los factores del medio potencialmente impactados
- 7- Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio.
- 8- Elaboración de la matriz de importancia y valoración cualitativa del impacto
- 9- Predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor
- 10- Valoración cuantitativa del impacto ambiental
- 11- Descripción y análisis de alternativas
- 12- Elaboración del plan de manejo ambiental y del programa de seguimiento y control
- 13- Desarrollo del plan de participación ciudadana y de otras agencias y organismos interesados
- 14- Audiencia pública
- 15- Emisión del informe final
- 16- Decisión del órgano competente

Las doce primeras fases corresponden al estudio de impacto ambiental (EslA)

¹ Adaptado de Conesa Fdez Vitora, 2009.

8.1. Descripción general del proyecto

En este punto se desarrollará una visión global del proyecto teniendo en cuenta su interacción recíproca con el medio. Se deberán esquematizar las diferentes etapas que componen el proyecto y se deberán exponer las razones por las cuales se quiere ejecutar dicho proyecto. También deberá incluirse una exposición de áreas afectadas, cartografía detallada con la ubicación del proyecto y zonas vulnerables, población cercana, vías de comunicación, las alternativas consideradas para la selección del proyecto final, ubicación, proceso productivo, tamaño, costos, calendario de ejecución, creación de puestos de trabajo en las diferentes fases y grado de aceptación pública.

Otro punto importante a tener en cuenta es fijar el nivel de detalle y la profundidad que se le quiere dar al estudio que en general está relacionada con el nivel de importancia del proyecto en cuestión. Por ejemplo no será el mismo el nivel de detalle a considerar en la evaluación de impacto ambiental de un proyecto relacionado con la construcción de una represa hidroeléctrica que en un proyecto relacionado a la instalación de una pequeña industria panificadora dentro de un parque industrial.

La determinación del nivel de detalle deberá basarse en tres principios:

- *Escala de trabajo y densidad de información:* al aumentar la escala de trabajo, aumentará también la información necesaria, teniendo en cuenta que siempre la información que se obtenga debe ser la mayor posible en relación a la escala de trabajo.
- *Diversidad del área de estudio:* en áreas muy diversas el nivel de detalle deberá ser mayor que en áreas homogéneas, por lo que la escala de trabajo y la densidad de información también serán mayores
- *Características propias de la actividad a desarrollar:* el nivel de detalle deberá ser directamente proporcional a la complejidad del proyecto que se va a desarrollar

8.2. Definición y descripción del entorno del proyecto

Teniendo en cuenta que, por una parte, la información que se obtiene del entorno es, junto al conocimiento de la actividad desarrollada por el proyecto, la etapa básica sobre la que se sustentan todas las demás fases posteriores de desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental y que por otra parte la información que se puede obtener sobre los distintos y diversos factores integrantes del entorno es muy amplia, la idea prioritaria es seleccionar la información más representativa posible del territorio afectado.

En este punto se debe evaluar el medio receptor con el objeto de definir el estado preoperacional de referencia (línea de base) que permitirá determinar las alteraciones potenciales que ocasionará la puesta en marcha del proyecto. Se debe analizar tanto la calidad como la fragilidad de los ambientes en cuestión, de manera tal que nos permita evaluar la capacidad del medio receptor para adaptarse a los cambios involucrados por las acciones a llevarse a cabo. Posteriormente, esta línea de base comparada con el estado final previsto nos dará una idea de la magnitud del impacto global del proyecto.

Con respecto a la elección de variables a estudiar hay que tener en cuenta las particularidades del territorio, las particularidades del proyecto, la superficie del área de estudio como así también exigencias de los plazos de realización, disponibilidad de técnicas y metodologías, existencia y disponibilidad de documentación previa y factores económicos entre otros.

La delimitación geográfica de la zona afectada es difícil ya que muchas veces varía con el factor estudiado, por lo cual es aconsejable que cada experto delimite el entorno en función del factor involucrado dentro de su especialidad. Muchas veces la contaminación del aire es difícil de delimitar y se debe recurrir para ello al uso de modelos matemáticos. El entorno delimitado por dichos modelos para un proyecto dado puede ser muy diferente al delimitado por el experto en contaminación del suelo o del agua.

En la descripción general del entorno hay que tener en cuenta el medio físico, biótico, perceptual y socioeconómico, los cuales se describen brevemente a continuación:

8.2.1. Medio físico

Incluye factores como la afectación del clima, los rasgos geológicos y geomorfológicos, hidrogeológicos y edafológicos, campos electromagnéticos, radiaciones, contaminación del aire y de los recursos hídricos.

- **Clima:** alcanza diversos aspectos de la vida humana por lo cual su consideración resulta imprescindible en todos los estudios de impacto ambiental ya que es un factor determinante en el tipo de suelo y la vegetación por lo que ejerce una influencia en los recursos relacionados con la tierra, también se encuentra relacionado con la topografía y con la densidad de la población ya que esta prefiere vivir en zonas con clima y topografía favorables.

Existen diversos factores climáticos a estudiar, entre ellos podemos mencionar la temperatura, precipitaciones, humedad atmosférica, evaporación, niebla, rocío y escarcha, insolación y nubosidad, heladas y vientos.

La temperatura del aire, es junto a la precipitación y la humedad, una de las variables del clima más importante ya que influye en todas las actividades antrópicas, en la vegetación y en la fauna, entre otros. Generalmente se utilizan valores absolutos (por ej. temperaturas máximas y mínimas diarias) y valores medios (por ej. temperatura media mensual). Los parámetros de precipitación generalmente utilizados son los valores anual y mensual y el número de días de precipitación. En cuanto a la humedad atmosférica generalmente se expresa como humedad relativa que se define como la relación expresada en tanto por ciento entre la tensión real de vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura. La niebla, rocío y escarcha son formas de condensación que en los Estudios de Impacto Ambiental se determinan por el número de días

mensuales o anuales que aparecen cada una de ellas. La insolación representa el número de días de sol expresado en porcentaje. La nubosidad se calcula por el número de días no despejados. Las heladas se definen por el número de días en que la temperatura ha sido igual o menor a cero. Con respecto a los vientos se debe definir los siguientes parámetros: dirección predominante, frecuencia, velocidad, frecuencia de calma, fuerza media.

Todos los parámetros detallados anteriormente generalmente se expresan en forma de tablas, adicionalmente para alguno de ellos se pueden incorporar gráficos e histogramas.

- ***Geomorfología y geología:***

La geomorfología y la geología juegan un papel fundamental en los Estudios de Impacto Ambiental.

El análisis de la geomorfología de una zona consiste en la identificación de las unidades geomorfológicas existentes, y en su representación cartográfica, abarcando su estudio diversos aspectos, los cuales en líneas generales son: estudio de la altitud, estudio de la pendiente, estudio topográfico general, formas topográficas, fisiografía (agrupación en unidades uniformes).

Los componentes que forman parte del estudio geológico son: litología, estructuras geológicas, recursos geológicos (económicos, científico-didáctico), peligrosidad y riesgo geológico (movimientos del terreno, problemas de inundación, riesgo por suelos expansivos, probabilidad de riesgos sísmicos, riesgos volcánicos)

- ***Medio atmosférico:***

Para los Estudios de Impacto Ambiental interesa conocer la contaminación atmosférica tanto la existente como la que se puede generar como consecuencia de la ejecución del proyecto.

En tal sentido hay que determinar el tipo de contaminantes existentes, su concentración y evaluar los focos de emisión como así también la dispersión de los mismos.

Los contaminantes del aire pueden tener su origen en procesos naturales o antrópicos. Según su naturaleza se los puede agrupar en: biológicos (virus, bacterias, etc.), físicos (ruido, radiaciones) y químicos. Estos últimos pueden dividirse a su vez en primarios (por ej. óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, metales) y secundarios (por ej. ozono).

Para evaluar la calidad del aire se pueden hacer determinaciones de contaminantes in situ o evaluar los contaminantes en el foco de emisión y luego mediante la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes predecir el impacto de los mismos sobre la calidad del aire.

La elección de los contaminantes a evaluar dependerá del relevamiento del área de influencia del proyecto para determinar los contaminantes existentes antes de ejecutar el mismo y de las características del propio proyecto para predecir la contaminación atmosférica que se podría generar como consecuencia de su ejecución.

- **Medio hídrico:**

Deben considerarse los dos tipos de medios hidrológicos presentes en la zona de estudio, el superficial y el subterráneo.

En cuanto a la hidrología superficial hay que identificar las diferentes formas de agua superficial presentes en el área de estudio, estimar el régimen hídrico de los cauces (en condiciones medias, óptimas y malas), evaluar la calidad del medio hídrico (mediante el uso de índices de calidad de aguas), estimar la capacidad de autodepuración del medio hídrico, elaborar el mapa hidrogeológico, evaluar las características hidráulicas de los acuíferos, determinar las características fisicoquímicas (por ej. pH, conductividad eléctrica, dureza).

- **Medio edáfico:**

Es necesario considerar el sistema edáfico del ámbito afectado por el Proyecto ya que es el soporte de la productividad de la vegetación.

Se deben evaluar los siguientes aspectos: identificación de las unidades edáficas homogéneas (se basa en clasificar a los diferentes tipos de suelos

que aparecen en el entorno afectado), realización del perfil edáfico (se ordenan verticalmente los niveles horizontales de distinta composición y característica desde el material superficial hasta la roca madre), estudio de las características edáficas (físicas por ej. granulometría y químicas por ej. salinidad, acidez), estudio de las cualidades del suelo (fertilidad, productividad), identificación de riesgos edáficos (identificar los peligros de degradación del suelo y las principales causas de los mismos).

8.2.2. Medio biótico

Dentro del medio biótico se deberá evaluar la vegetación, la flora, la fauna y los ecosistemas.

- **Vegetación:**

En un Estudio de Impacto Ambiental se deben definir fundamentalmente las unidades homogéneas de formaciones vegetales, definir las unidades corológicas e identificar los pisos bioclimáticos del entorno afectado por el desarrollo del Proyecto a evaluar.

Entre las unidades homogéneas hay que diferenciar entre unidades naturales, con mayor o menor modificación y las unidades antrópicas, es decir las diseñadas y desarrolladas por el ser humano. Existen diversas metodologías para definir las unidades homogéneas naturales de la vegetación. Una de ellas, la fitosociología las clasifica en cinco grupos jerárquicos que son: clase, orden, alianza, asociación, subasociación.

Para la identificación de unidades corológicas se pueden clasificar según reino, región, provincia, sector y distrito.

En cuanto a la identificación bioclimática, se fundamenta en la identificación y clasificación de los pisos bioclimáticos representados en la zona de estudio. Se entiende por pisos bioclimáticos a cada uno de los tipos o espacios termoclimáticos que se suceden en una serie altitudinal o latitudinal. Cada uno

de estos pisos posee sus particulares valores térmicos. En el estudio se deberán describir brevemente cada uno de ellos.

- **Flora:**

El estudio de la flora se refiere a la lista de todas las especies, es decir se realiza una lista de todos los vegetales o plantas de diverso rango taxonómico (especie, subespecie, variedad) de una localidad o territorio geográfico determinado. Para el estudio de la flora se tiene en cuenta el desarrollo de los siguientes puntos: establecimiento de las principales unidades homogéneas, recopilación de la información existente (revisión bibliográfica y cartográfica de toda la información posible), realización de una lista o inventario de especies, elaboración de la distribución cartográfica. En el inventario de especies se indicará el nombre científico de la especie, distribución según las unidades homogéneas determinadas y si corresponden a algún tipo de especie protegida (por ej. especie en peligro de extinción, especie vulnerable).

- **Fauna:**

Para el estudio de la fauna se tienen en cuenta los siguientes pasos: establecimiento de los principales biotipos, recopilación de la información existente, realización de la lista o inventario de especies, elaboración de la distribución cartográfica. Para definir e identificar las unidades de estudio y darles posteriormente un tratamiento cartográfico se parte de la base de las unidades de vegetación mencionadas anteriormente ya que estos biotipos de manera general suelen coincidir con las unidades de trabajo identificadas y seleccionadas anteriormente.

- **Ecosistemas:**

En primer lugar se deben clasificar los ecosistemas existentes en la zona estudiada según el criterio de clasificación elegido (por ej. el de la UNESCO). Posteriormente se procederá a describirlos indicando las principales características que definen a cada uno de ellos y finalmente se deberá realizar su distribución cartográfica

8.2.3. Medio perceptual

El medio perceptual hace referencia al paisaje de la zona en estudio. Para el estudio de este medio generalmente se siguen dos líneas de estudio principales. Por un lado se realiza un estudio identificativo y descriptivo de las unidades homogéneas del paisaje. Por otro lado se realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa de los principales parámetros paisajísticos. En la evaluación cualitativa se tienen en cuenta parámetros como la calidad escénica (alta, media o baja), fragilidad visual y vulnerabilidad visual. En la cuantitativa se evalúa la calidad escénica (otorgando un puntaje) y la capacidad de absorción visual.

8.2.4. Medio sociocultural

El medio sociocultural incluye los denominados factores antrópicos, estrechamente ligado al ser humano. En este medio se evalúan distintos parámetros y factores, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

- **Demografía:** los parámetros a estudiar dentro de este factor se pueden clasificar en parámetros dimensionales, estructurales y evolutivos.

Dentro de los parámetros dimensionales los más importantes a tener en cuenta son el número de habitantes y la densidad de población. Dentro de los parámetros estructurales los factores a tener en cuenta son la estructura de la población (según edad y sexo) y la estructura espacial de la población (grado de concentración y dispersión). En cuanto a los parámetros evolutivos son muy diversos, entre ellos podemos citar parámetros generales (por ej. evolución de la población), migratorios (por ej. migración por edades), de natalidad (por ej. evolución de la tasa de natalidad), de mortalidad (por ej. evolución de la mortalidad por edades).

- **Recursos culturales:** estos recursos se pueden clasificar en históricos, artísticos y naturales. Entre los históricos podemos citar lugares o monumentos declarados como patrimonio histórico, lugares de interés arqueológico, lugares donde ocurrieron sucesos históricos relevantes, entre otros. Entre los artísticos podemos mencionar por ejemplo recursos arquitectónicos que representen logros en arquitectura, ingeniería o diseño, recursos pictóricos, recursos literarios, etc. Dentro de los recursos naturales relacionados con este apartado podemos tener en cuenta lugares de interés científico, yacimiento de fósiles, ecosistemas raros o valiosos, zonas de vistas panorámicas, entre otros.
- **Medio socioeconómico:** en este medio se consideran fundamentalmente la población en relación con la actividad económica y los sectores del aparato productivo. Entre los primeros se tendrá en cuenta la población activa (ocupada y desocupada) y la población no activa (por ej. jubilados, escolares o estudiantes). Con respecto a los sectores del aparato productivo, se identifica y describe las características propias de los diferentes sectores y se trata de relacionar a la población con dichos sectores.

8.3. Encuadre del proyecto dentro del marco político, legal e institucional

En este punto se deben especificar los aspectos legales y administrativos que están asociados al proyecto en cuestión. Se deben detallar las leyes, decretos, resoluciones y ordenanzas involucradas según el tipo de proyecto y la zona de ubicación del mismo como así mismo tener en cuenta los permisos ambientales que se deben solicitar a los efectos de la ejecución del mencionado proyecto.

8.4. Análisis preliminar de los efectos que el proyecto generará sobre el ambiente

En este punto se desarrolla una primera aproximación del estudio de acciones y efectos de manera tal que se puedan seleccionar aquellos factores que serán los más afectados. Se analizan las acciones que por la ejecución del Proyecto van a actuar sobre el medio (acciones impactantes) y los factores del medio que pueden verse afectados (factores impactados) para cada una de las etapas del proyecto elaborando una lista que incluya ambos. Con estos datos se redacta un primer informe

8.5. Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes y factores impactados. Valoración cualitativa del impacto

Luego de la primera visión general del proyecto, se comienza la valoración cualitativa. A tal efecto se identifican las acciones potencialmente impactantes del proyecto y los factores potencialmente impactados con los que se elabora una matriz de causa-efecto que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las filas los factores susceptibles de ser impactados (Tabla 1).

| Factores del medio | Acciones potencialmente impactantes | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | | A _n | Total |
| F ₁ | I ₁₁ | I ₂₁ | | | I _{n1} | I ₁ |
| F ₂ | | | I ₂₂ | | | I ₂ |
| F ₃ | | I ₂₃ | | | I _{n3} | I ₃ |
| | | | | | | |
| F _m | | | | | I _{nm} | I _m |
| Total | I ₁ | I ₂ | I ₃ | | I _n | I _T |

Tabla 1. Matriz cualitativa de identificación de relación causa-efecto

En esta etapa, mediremos el impacto en base al grado de manifestación cualitativa en cada una de las fases del proyecto, en función de atributos descritos anteriormente en el punto 6.1, tales como persistencia, acumulación, periodicidad. El conjunto de dichos atributos definirá la importancia del impacto.

Cabe aclarar que la matriz se puede dividir evaluando el impacto para cada una de las etapas: construcción, funcionamiento y abandono, calculando luego el impacto final como la suma de los impactos evaluados en cada etapa.

8.6. Predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor. Valoración cuantitativa del impacto ambiental

Entre los factores considerados en la matriz cualitativa de valoración de impactos, se seleccionan aquellos que resultan más representativos de sufrir alteraciones significativas y se trata de asignarle una unidad de medida o un indicador. Se entiende como indicador de un factor ambiental la expresión por la que puede medirse por ejemplo concentración de monóxido de carbono para medir la cantidad de monóxido de carbono en aire.

| Factores del medio | Acciones potencialmente impactantes | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | | A _n | Total |
| F ₁ | I ₁₁ M ₁₁ | I ₂₁ M ₂₁ | | | I _{n1} M _{n1} | I ₁ M ₁ |
| F ₂ | | | I ₂₂ M ₂₂ | | | I ₂ M ₂ |
| F ₃ | | I ₂₃ M ₂₃ | | | I _{n3} M _{n3} | I ₃ M ₃ |
| | | | | | | |
| F _m | | | | | I _{nm} M _{nm} | I _m M _m |
| Total | I ₁ | I ₂ | I ₃ | | I _n | I _T M _T |

Tabla 2. Matriz cuantitativa de identificación de relación causa-efecto

Es conveniente que la predicción de la magnitud de cada efecto sea desarrollada por los especialistas en el factor ambiental considerado.

En principio, se puede calcular la magnitud total del impacto sobre cada factor considerado como la suma de las magnitudes de la fila correspondiente a ese factor, de la misma manera que se realiza con la importancia. Sin embargo siempre hay que tener en cuenta que pueden existir fenómenos de sinergismo, debilitamiento o acumulación.

8.7. Elaboración del plan de manejo ambiental y del programa de seguimiento y control

Una vez que se han identificado, analizado y cuantificado los probables impactos ambientales, se deben evaluar las posibles acciones a realizar con el fin de prevenir, compensar y/o mitigar los impactos no deseados. Asimismo se deben describir los procesos y tecnologías que se aplicarán a los efectos de reducir los impactos negativos de relevancia ambiental.

A tal efecto se debe elaborar el plan de manejo ambiental que contendrá distintos programas tales como programa de mitigación de impactos, programa de medidas compensatorias, programa de prevención y control de riesgos, programa de contingencias. También se debe desarrollar un programa de seguimiento y control con el fin de revisar las acciones aplicadas, verificar la evolución y ajustar el desarrollo del proyecto a condiciones ambientales aceptables.

8.8. Desarrollo del plan de participación ciudadana y de otras agencias y organismos interesados

La participación ciudadana y de otras agencias y organismos interesados es importante para facilitar la prevención y resolución de conflictos, para dar confiabilidad a los resultados y mayor transparencia en la toma de decisiones

por parte de los organismos de gobierno. Es deseable que se lleve a cabo a lo largo de todo el proceso de EIA. Dicha participación puede ser de aspecto formal y/o no formal (no indicada en las regulaciones y aspectos legales). La participación debe incentivarse de manera temprana buscando el consenso entre los distintos actores. A través de distintas instancias debe tratarse de buscar el diálogo entre la sociedad civil, los encargados de tomar la decisión final y los promotores del proyecto. Generalmente la participación no formal se incentiva desde el inicio del proyecto y el procedimiento culmina con audiencias públicas formales. La incorporación de la ciudadanía y otros organismos interesados al proceso de EIA puede llevarse a cabo por medio de asambleas, encuestas, foros de consulta, reuniones informativas, volantes, periódicos, programas de televisión, páginas web, entre otros.

8.9. Audiencia pública

La audiencia pública es uno de los instrumentos formales utilizados para difundir los estudios de impacto ambiental, en cual pueden participar todos los que quieren conocer o realizar observaciones del proyecto. En dichas audiencias el promotor del proyecto presenta el estudio de impacto ambiental realizado haciendo hincapié tanto en los impactos identificados como en las medias de mitigación y seguimiento propuestas. Luego las organizaciones interesadas y el público en general realizan preguntas y observaciones sobre el estudio. Finalmente, los resultados de la audiencia pública son utilizados por los organismos gubernamentales encargados de tomar la decisión final del proyecto para facilitar el proceso de decisión de aprobación o rechazo del mismo.

8.10. Emisión del informe final

El informe final debe contener la síntesis del proceso y la comunicación de todos los aspectos estudiados, analizados y valorados. Debe ser comprensible, completo, elaborado con calidad técnica pero a su vez simple y de fácil lectura resaltando los aspectos trascendentes.

9. Limitaciones de la EIA

- Enfatizan el carácter interdisciplinario, que no siempre es posible
- Utilizan métodos predictivos apoyados en información científica a veces no disponible
- Usan conceptos abstractos que no siempre pueden competir con ciencias que incorporan datos cuantificables
- Necesitan datos que deben estar al mismo nivel de resolución entre sí y posibles de ser conectados en escalas compatibles
- Disponen de un marco metodológico muy variado, por lo que la definición de su uso requiere un conocimiento inicial del territorio o lugar afectado
- Emplean el análisis de fragilidad y calidad del territorio afectado para lo cual, a menudo, no hay información de base
- Requieren de información detallada que suele no estar disponible o que no es compatible con las necesidades del estudio
- Enfrentan la necesidad de mejorar los métodos de valoración para analizar los impactos ambientales de la misma manera que los impactos económicos y sociales
- Existen componentes del ambiente difíciles de abordar como el análisis de la calidad y fragilidad del territorio y valor paisajístico, entre otros

10. Normas que regulan la EIA en Argentina

- **Constitución Nacional**

La Constitución Nacional en su artículo 41 no hace referencia directa a la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), pero indirectamente está considerada su realización. En el mencionado artículo se expresa el derecho de los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano, indica que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer a las generaciones futuras y establece la obligación de la autoridad de proveer información ambiental. Para hacer efectivos esos derechos y obligaciones habrá que realizar una Evaluación del Impacto Ambiental previa al emprendimiento de cualquier actividad u obra que pueda dañar significativamente el ambiente.

- **Leyes de Presupuestos Mínimos**

- Ley General del Ambiente N° 25.675
- Ley sobre Régimen de Gestión Ambiental de Aguas N° 25.688
- Ley de Gestión Integral de Residuos Industriales N° 25.612
- Ley N° 26.331/2007 Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos
- Ley N° 26.639 sobre Preservación de los Glaciares

- **Otras normas nacionales sobre EIA**

- Ley 22.421 de Conservación de la Fauna Silvestre (1981)
- Ley 24.051 de Residuos Peligrosos (1992)
- Ley 24.228 Acuerdo Federal Minero (1993)
- Ley 24.354 Sobre Inversiones Públicas (1994)
- Ley 24.228 (1993) Acuerdo Federal Minero
- Resolución Nacional 105/92. Secretaría de Energía de la Nación

- **Normas provinciales sobre EIA**

Además de las normas nacionales enunciadas anteriormente muchas provincias tienen su normativa específica para EIA.

Por lo tanto, dependiendo de la provincia donde se va a desarrollar el proyecto o emprendimiento que será sometido a EIA, habrá que tener en cuenta también las normas provinciales vigentes.

Por ejemplo en la Provincia de Buenos Aires, la Evaluación de Impacto Ambiental permite mediante su aprobación la obtención del Certificado de Aptitud Ambiental y la consiguiente autorización de radicación industrial.

Entre las leyes y decretos relacionados en la provincia de Buenos Aires podemos mencionar:

- Ley N° 11.723/95: Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley N° 11.459/93: Ley de Radicación Industrial
- Ley N° 11.720/95: Ley de Generación, Manipulación Almacenamiento, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Especiales
- Ley 5965/58: Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera
- Decreto Reglamentario N° 1.741/96, Reglamentación de la Ley 11.459
- Decreto Reglamentario N°3395/96, Reglamentación de la Ley 5965/58

Bibliografía de referencia

- Abbasi S, Arya D. (2004). "Environmental Impact Assessment (available techniques, emerging trends)", Ed: Discovery Publishing House, New Delhi, India.
- Canter L (1998) "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental", Mc Graw-Hill / Interamericana, España.
- Conesa Fernández-Vítora, V. (2009). "Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental", p. 800, 4ª ed., Mundi-Prensa, Madrid.
- Espinoza, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Centro de Estudios para el Desarrollo – CED, Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Santiago, Chile.
- Glasson J; Therivel, R; Chadwick, A (1999) "Introduction to environmental impact assessment", p. 496. 2ª ed, Spon Press, Londres.
- Gómez Orea, D. (2003). "Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental", p. 749, 2ª ed, Mundi-Prensa, Madrid.
- Leal, J. (1990). "Environmental impact assessment as a method of incorporating the environment into planning", Vol. 1, en: PNUMA/CEPAL/ILPES. The Environmental Dimension in Development Planning. ECLAC, Santiago, Chile.
- Morris, P. y Therivel, R. (2009). "Methods of Environmental Impact Assessment", p 562, 3ª ed., Routledge, USA.
- OPDS. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. Digesto Normativo: Normas referidas a Evaluación de Impacto Ambiental en la provincia de Buenos Aires. <http://www.opds.gba.gov.ar>
- SAyDS. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Normas referidas a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). <http://www.ambiente.gov.ar>

CAPÍTULO 3

Auditorías ambientales

Analia Coppola

1. Introducción

La auditoría ambiental es la herramienta técnica que se utiliza para realizar el control de la gestión ambiental en toda actividad antrópica que afecte directa o indirectamente al medio ambiente. Entendiéndose por actividad antrópica a todo emprendimiento desarrollado por el hombre, ya sea en el sector de la industria, del agro, de la construcción o de servicios, que produzca impactos y/o degradación del medio ambiente. Si bien la actividad industrial es la que produce, tanto en cantidad como en calidad, mayor deterioro del medio, toda empresa debe tener una buena gestión ambiental, ya que ésta es la que conduce a la minimización u omisión de efectos nocivos para el medio, tales como la incorporación de sustancias químicas contaminantes en el aire, suelo o agua. Todas las actividades generan, inevitablemente, residuos contaminantes. La generación de dichos residuos puede ser minimizada aplicando procesos que conduzcan a la máxima eficiencia en el uso de los recursos y simultáneamente una mínima descarga contaminante al medio. La auditoría medio ambiental es la que garantiza que la gestión ambiental efectuada, de acuerdo a la actividad desarrollada, sea la más correcta. Debemos recordar que antes de comenzar a desarrollar cualquier actividad se realiza una Evaluación de Impacto Ambiental que pudiere causar el mismo, es decir, es una herramienta que nos ayuda a aplicar medidas preventivas de adecuación ambiental, en tanto que la Auditoría Medio Ambiental es una herramienta que se utiliza para corregir los deterioros generados por las actividades en funcionamiento.

2. Definición

La Unión Europea define a la Auditoría Medio ambiental como un instrumento de gestión empresarial cuyo objetivo es la evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva del funcionamiento de la organización, del sistema de gestión y de los procedimientos de protección del medio ambiente, con el objetivo de facilitar el control de las prácticas ambientales por parte de la dirección, evaluar su adecuación a las políticas medioambientales de la empresa y dar cumplimiento a las disposiciones reglamentarias.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) la define como una revisión sistemática, documentada, periódica y objetiva a cargo de una entidad regularizada de las operaciones y prácticas de una instalación en relación a ciertos requisitos medioambientales específicos. En esta definición se subraya el cumplimiento de las regulaciones, cuya verificación es la fuerza motriz que determinó el desarrollo inicial de la auditoría medioambiental.

De acuerdo con estas definiciones, entonces las auditorías pueden ser diseñadas con el fin de cumplir una parte o la totalidad de los siguientes requisitos:

- ✓ Cumplimiento de la legislación:
 - Verificación del cumplimiento de la normativa vigente en materia medioambiental, concerniente a la actividad.
 - Evaluación de las responsabilidades existentes.
 - Verificación del cumplimiento de los estándares medioambientales.
 - Reducción del riesgo de infringir la legislación.
 - Facilitar relaciones con las diversas Administraciones.
 - Planificar las emergencias.

- ✓ Financieros:

- Ahorro de costos.
- Solicitud de préstamos.
- Aumento del valor de las acciones
- Seguros.

- ✓ Competenciales:
 - Sobrevivir a la competencia.
 - Tendencia de los consumidores y opinión pública.
 - Prerrequisitos para tener/ser eco productos.

- ✓ Control/gestión de la estrategia ambiental:
 - Evaluación de la idoneidad y efectividad del sistema de gestión ambiental de una organización para alcanzar los objetivos especificados.
 - Proporcionar al auditado la oportunidad de mejorar su sistema de gestión ambiental, y con ello contribuir a la mejora continua de su comportamiento medioambiental.
 - Información para la planificación posterior.
 - Detectar oportunidades de negocio.

- ✓ Integrar el medio ambiente en el ciclo de planificación:
 - Búsqueda de iniciativas de gestión ambiental.
 - Comprobar el cumplimiento de políticas ambientales.
 - Evaluación de riesgos naturales y de prácticas usuales.
 - Conocimiento por parte de los empleados de las políticas de la empresa y responsabilidades.
 - Conocer el rendimiento de las instalaciones ambientales.

- ✓ Recursos Humanos

- ✓ Responsabilidad de la empresa

Una definición más general es la utilizada por Holanda, la que expresa que la auditoría medio ambiental es la evaluación sistemática de las prácticas y procedimientos de una determinada actividad relacionada con la protección interna del medio ambiente y el cumplimiento real de los requisitos externos y los autoimpuestos en materia medioambiental. Por último citaremos la dada por Conesa Fernández-Vítora, Vicente(1997:71)¹ que la define como “una actividad profesional de investigación, evaluación, dictamen y recomendaciones, centrada en el impacto medioambiental de todo proceso empresarial con el fin de, enjuiciar en sí, y ayudar a que la organización y su funcionamiento sean conformes con lo dispuesto por quien tiene poder legítimo para disponerlo (Administraciones Públicas, Consejos de Administración, Director General, etc.)”.

3. Objetivos

Los objetivos generales de una auditoría medio ambiental son: conocer la situación ambiental, establecer las necesidades ambientales, determinar las medidas correctivas a aplicar con un determinado orden de prioridades y poder explicar a terceros las actividades de la empresa referentes a la protección del medio ambiente. (Figura 1).

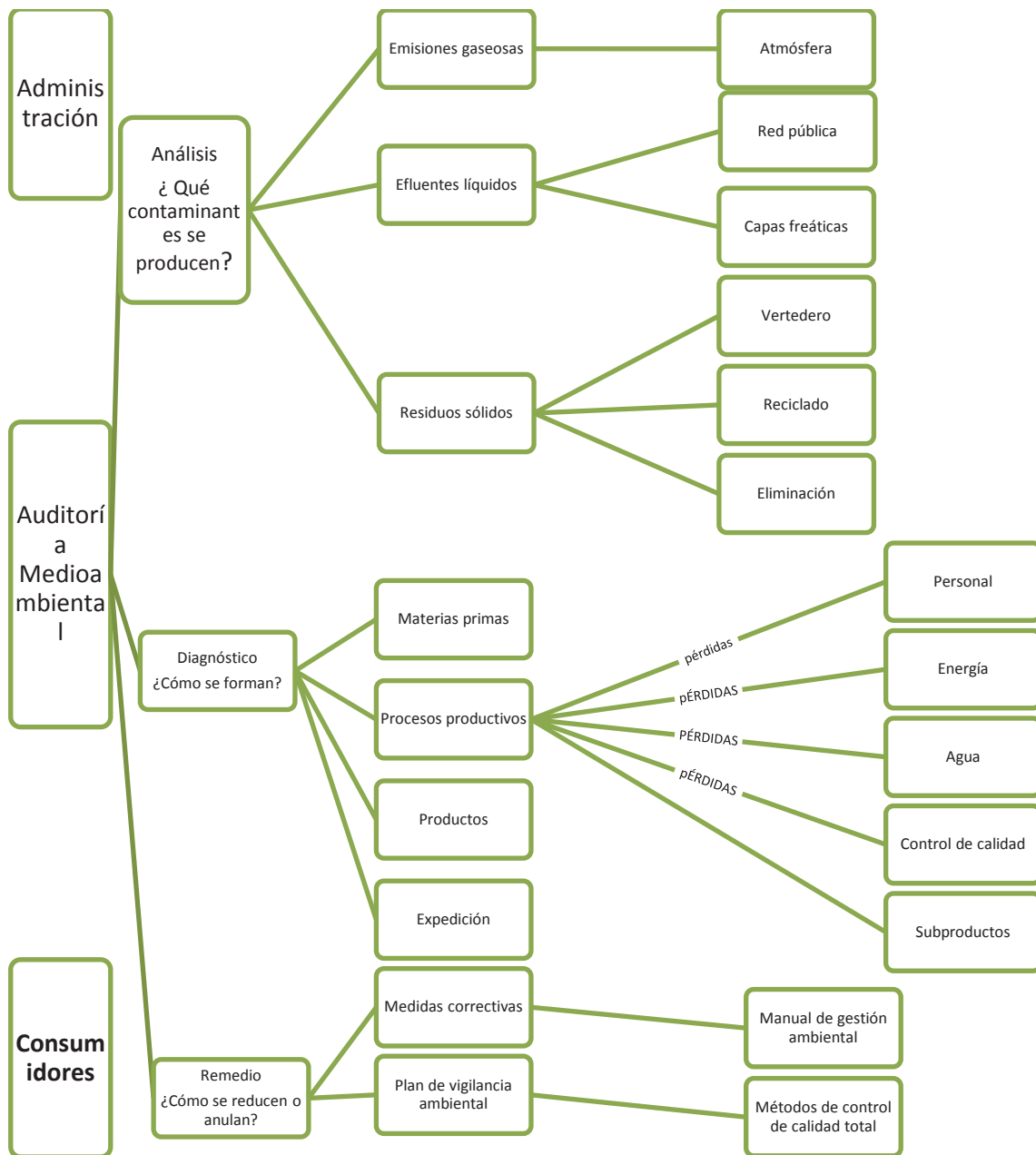


Figura 1. Objetivos generales de una auditoría ambiental

Más adelante veremos que de acuerdo con el tipo de auditoría que se realice habrá, objetivos específicos a cumplir. Es importante destacar que cualquiera que sea la actividad a auditar existen tres agentes claves en una auditoría ambiental, y ellos son: el interesado: es quién solicita la Auditoría Ambiental (en el caso de las auditorías obligatorias el interesado es el Organismo de Control, mientras que en las auditorías ambientales voluntarias el interesado es la empresa interesada en presentar su Auditoría Ambiental); el auditado: es la

empresa objeto de la Auditoría Ambiental, bien sea ésta obligatoria o voluntaria y el auditor: es el profesional o equipo de profesionales registrados y debidamente habilitados por los Organismos de Control. Estos agentes deben tener como único objetivo la realización responsable de la auditoría ambiental, ya que así se logrará establecer y cumplir con las medidas correctivas adecuadas para minimizar la generación de contaminantes o acciones impactantes durante el proceso de producción y lograr una eficiente gestión de los residuos generados.

4. Clasificación de las Auditorías Ambientales

Las auditorías ambientales pueden clasificarse de la siguiente manera:

4.1. Por la procedencia del equipo auditor

- ***Auditoría ambiental interna:*** el equipo auditor forma parte de la empresa.
- ***Auditoría ambiental externa:*** el equipo auditor es independiente de la empresa.

4.2. Por su objeto

- ***Auditoría del sistema de gestión ambiental:*** diagnostica el grado de cumplimiento de la política ambiental de la empresa, de los fines de los programas de gestión, de los estándares establecidos, en definitiva de todos los objetivos y metas del sistema de gestión.

- **Auditoría de gestión generalizada:** estudia el impacto general que causa una empresa sobre el medio ambiente (físico, biótico y socio-económico y cultural), tanto interior (seguridad, higiene, condiciones de trabajo, ambiente interior, etc.), como exterior (entorno sobre el que se manifiestan los efectos de la actividad).
- **Revisión ambiental:** es un análisis global de los problemas, efectos y resultados de la actividad sobre el medio ambiente. Se puede asimilar a un EIA, de una actividad en funcionamiento.
- **Auditoría puntual:** examina los efectos que sobre el medio ambiente produce un producto determinado, una operación concreta de la actividad, una determinada planta, etc.
- **Auditoría de conformidad:** verifica que la empresa funciona cumpliendo toda la normativa vigente en materia de medio ambiente. Forma parte de la Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental (cubre responsabilidades presentes).
- **Auditoría de siniestros o accidentes:** se realiza cuando ha habido un accidente y se precisan evidencias para ser aportadas a un proceso judicial. Forma parte de la Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental, analizando las series históricas de accidentes ocurridos en la empresa, verificando además, el cumplimiento de los planes de seguridad (cubre responsabilidades pasadas).
- **Auditoría de riesgos:** trata de investigar y limitar los riesgos medioambientales que está corriendo la empresa (riesgos comerciales, sobre todo pérdida de credibilidad y/o de imagen; disminución de ventas de un producto por ser contaminante, etc.; riesgos económicos, tales como pérdida de subvenciones, sanciones, etc.; riesgos jurídicos;). Forma parte de la Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental (cubre responsabilidades futuras).

- **Auditoría de adquisición, de fusión o de absorción:** se realiza cuando una empresa va a ser adquirida, absorbida, o se va a fusionar con otra, a pedido de esta última y con el fin de determinar los efectos medioambientales que la primera produce o puede producir.
- **Auditoría de seguridad e higiene:** evaluación y minimización de los daños y riesgos que todo proceso empresarial puede plantear a los trabajadores; verificación del nivel de salud e higiene de los empleados; y análisis del cumplimiento de la normativa vigente en los temas de seguridad e higiene en el trabajo.
- **Auditoría de recursos:** analiza los consumos específicos de la empresa (materias primas, energía). Verifica que se estén utilizando los recursos por debajo de las tasas de consumo, renovación o uso.

4.3. Por el entorno ambiental auditado

El entorno es la fracción del Medio Ambiente que interacciona con la actividad en términos de entradas (recursos, materias primas, mano de obra, espacio) y de salidas (productos terminados, residuos, empleo).

- **Auditoría ambiental del entorno interior o próximo:** se estudia ambientalmente el entorno del medio en el que operan y se desenvuelven los equipos humanos adscritos a la actividad auditada. Se puede desarrollar en espacios cerrados o no cerrados. En los primeros, los factores a estudiar y valorar entre otros son: composición del aire en el recinto cerrado de una fábrica, nivel sonoro, temperatura, condiciones de seguridad. En los espacios no cerrados los factores a estudiar y valorar entre otros son: nivel de polvo en el aire, alteración de la cubierta terrestre, microclima, geomorfología, paisaje, calidad de vida.

- **Auditoría ambiental del entorno exterior:** estudia, revisa y verifica los impactos que la actividad auditada está produciendo en el entorno afectado.

4.4. Por su periodicidad

- **Auditoría ambiental permanente:** la gestión y los procesos de la actividad están siendo evaluados de una manera continua en el tiempo. Ejemplo: central nuclear. Auditoría medioambiental cíclica o periódica: se llevan a cabo a intervalos determinados de tiempo. Ejemplo: industria química.
- **Auditoría ambiental discontinua:** se lleva a cabo en el tiempo de manera intermitente no presentando una cadencia determinada. Ejemplo: valoración de impactos de residuos líquidos.

4.5. Por la temporalidad del efecto

- **Auditoría de responsabilidades pasadas:** estudian en el momento actual efectos causados en tiempos pasados. Se suelen realizar tras una circunstancia específica por ejemplo, un accidente o siniestro, y como instrumento verificador por ejemplo, para comprobar la eficacia de medidas correctoras de impactos, puestas en práctica en un tiempo pasado. Cubren responsabilidades pasadas.
- **Auditoría de responsabilidades presentes:** estudia en el momento actual efectos causados en el tiempo presente. Aseguran la conformidad administrativa-ambiental y jurídico-ambiental de la empresa. Sirven para detectar impactos inmediatos en el entorno natural, debidos a nuevas acciones, por ejemplo, reformas,

ampliaciones, transformaciones del proceso productivo. Cubren responsabilidades presentes.

- **Auditoría de responsabilidades futuras:** estudia en el momento actual efectos previstos en un tiempo futuro. Es una herramienta de evaluación de riesgos y mejoras potenciales y de decisión prospectiva para prevenir los riesgos, mediante la introducción de medidas precautorias, protectoras y/o correctoras. Cubren responsabilidades futuras.

4.6. Por su alcance

- **Auditoría ambiental integrada:** considera todas las variables del Sistema de Gestión Ambiental en su conjunto. Estudia todas las acciones que como consecuencia de la actividad causan impactos sobre los distintos factores ambientales.
- **Auditoría ambiental sectorial:** sólo se interesa por alguna variable ambiental (estado de la situación atmosférica del entorno próximo) o por un sector determinado de la actividad (legal, técnico, económico).

5. Metodología

La metodología es el conjunto de reglas o normas y procedimientos que rigen la realización de auditorías. Consta de los siguientes pasos:

- Entrevistas y conversaciones con el personal.
- Inspección de las condiciones de funcionamiento de las instalaciones.
- Examen de los registros.
- Procedimientos escritos.
- Verificación del cumplimiento de la normativa aplicable.
- Verificación de la efectividad del sistema de gestión medioambiental.

- Evaluación de los puntos fuertes y débiles del sistema de gestión.
- Recopilación de datos, muestras y análisis de los mismos.
- Evaluación de resultados.
- Preparación de conclusiones.
- Comunicación de resultados y conclusiones finales.

La ejecución de una auditoría medio ambiental integral consta de la realización de auditorías complementarias o sub auditorías. Sin embargo existen una serie de actividades básicas que son comunes a cualquier tipo de auditoría, que incluyen la obtención de información, el análisis de los hechos, conocimiento de la actividad y la información de los resultados de la auditoría. Se reconocen tres fases en la realización de una auditoría: a primera fase es la de preparación o fase preliminar, donde se analiza la situación en términos técnico-teóricos; la segunda es la fase de campo o auditoría propiamente dicha, aquí se realiza la comprobación y verificación del grado de cumplimiento de la situación estudiada en la fase preliminar y la tercera fase es el informe sectorial o Pos auditoría, donde se realiza el análisis de los resultados obtenidos en la fase de campo. Esta última fase es la síntesis final de una auditoría, pues se hace la valoración de los resultados, el diseño de las medidas correctoras de los impactos detectados, el plan de vigilancia ambiental y las sugerencias que conduzcan a la mejora de cada auditoría. En la segunda fase se describirán las subauditorías técnica, legal, de seguridad e higiene, económica-financiera y administrativa-ambiental. A continuación veremos detalladamente el desarrollo de cada fase.

5.1. Fase 1

La podemos definir como una etapa de planificación y de toma de decisiones sobre la forma en que se ejecutará la auditoría. La función principal de esta fase es identificar y obtener toda la información

relacionada con el cumplimiento de las normas, que será confirmada en la inspección in situ. Esta etapa se desarrolla en gabinete y es la que más tiempo consume. Definiremos el alcance con que se realizará la auditoría, es decir, el nivel de detalle con que se realizará el análisis de la actividad auditada que será función del tamaño de la planta o territorio donde se desarrolle la actividad, de la complejidad de los procesos, del tiempo disponible y de los recursos humanos, materiales y económicos. Se confeccionara el calendario y duración prevista de cada etapa y actividad de la auditoría, lo que será comunicado al auditado para facilitar la obtención de la información sin pérdida de tiempo. Las fuentes de información, para recabar los datos necesarios para realizar la auditoría, provienen de registros de materias primas, registro de residuos gestionados, certificaciones, etc. Estos datos deben ser requeridos para su recopilación, clasificación y análisis. La información necesaria es la siguiente:

- a) Descripción general de la empresa, prácticas y procesos que se llevan a cabo en los distintos lugares donde se desarrolla la actividad, indicando si son discontinuos, cuándo y por qué.
- b) Licencias, permisos, certificaciones.
- c) Problemas medioambientales presentes en la planta o sitio auditado, propuesta de trabajo sobre los mismos y los resultados obtenidos.
- d) Identificación de los residuos, emisiones atmosféricas, aguas residuales, sustancias tóxicas y peligrosas y depósito de residuos. Se debe incluir la información respecto a los sistemas y tecnologías de control de las emisiones contaminantes.
- e) Determinar la cantidad de residuos generados.
- f) Identificar los procesos y sistemas de generación de los residuos, destino final de los mismos (reciclaje, reutilización, recuperación o su uso como combustible).
- g) Identificación de otros agentes impactantes.
- h) Programas de capacitación para el personal que maneja productos peligrosos.
- i) Programa de emergencias.

- j) Documentación sobre controles técnicos existentes y la localización de las señales de alerta.
- k) Programa de seguridad e higiene en el trabajo.
- l) Programa de vigilancia ambiental y grado de cumplimiento del mismo respecto a lo establecido en el sistema de gestión o a las últimas auditorías realizadas.

Una vez analizada la información, se definirán los sectores a auditar, se realizará el armado del equipo auditor y la distribución de las tareas. Asimismo se hará un análisis teórico de la actividad y la determinación de los estándares. Siendo los estándares los valores máximos de un componente (residuo) que como consecuencia de la actividad se incorporan al medioambiente. Existe normativa legal que los establece de acuerdo al tipo de actividad y componente de que se trate y el auditor debe adoptarlos.

5.2. Fase 2

Esta fase está compuesta por las subauditorías técnica, legal, de seguridad e higiene, económica-financiera y administrativa-ambiental. Esta es la fase de contacto directo con la realidad de la actividad, ya que consiste en la realización de entrevistas con el personal encargado de los distintos procesos y de la recorrida de la planta, donde se deben identificar las fuentes de generación de acciones impactantes, realizar el balance de materiales del proceso y evaluar el costo de la gestión medioambiental.

Las tareas se inician con la comprensión del sistema interno de gestión ambiental que utiliza la empresa, explotaciones y actividades auditadas, esto es, el conjunto de normas y actos, institucionalizados o no, que tienen lugar en la empresa para ayudar o regular y orientar aquellas actividades que pueden afectar al medio ambiente.

Se deben entender los procesos de las instalaciones, sus controles internos, la organización y responsables de la actividad, los parámetros de

cumplimiento con la normativa ambiental y sus problemas históricos o actuales. Para lograrlo se obtendrá información de diversas fuentes: entrevistas con el personal, cuestionarios de controles internos, recorridos por las instalaciones dónde se desarrolla la actividad, etc. Todos los datos se registrarán por escrito. Se debe evaluar la eficacia de los controles internos y los riesgos que se corren si éstos fallan (puntos fuertes y puntos débiles). Se deben reunir pruebas o evidencias para que el equipo auditor decida si la empresa cumple o no con las leyes, reglamentos, política empresarial y otras normas. Para cumplimentar esta fase se deben realizar las subauditorías técnicas, legal, de seguridad e higiene, económica-financiera y administrativa-ambiental. A continuación veremos cada una de ellas.

- **Subauditoría técnica:** analiza el proceso principal de la actividad y cada uno de los procesos unitarios que lo integran. La ejecución de esta subauditoría consiste en:
 - a) Visitas al lugar donde se desarrolla la actividad: se obtiene una visión general de las áreas de almacenamiento, carga y descarga de materiales, productos, subproductos y residuos, de las áreas de proceso, y de la disposición de equipos y maquinarias. Los datos que surgen de la inspección se completan con preguntas al personal sobre los procesos y operaciones que controlan.
 - b) Identificación de los procesos unitarios: se identifican los procesos unitarios que integran el proceso principal y se confecciona un listado de todos ellos.
 - c) Identificación y caracterización de residuos y emisiones: se elabora un listado con los flujos de residuos y emisiones de cada uno de los procesos. Para identificar correctamente un flujo de residuos se debe tener la siguiente información:
 - Tipo de emisión o residuo generado.
 - Manera y causa de su generación.
 - Control y costos de gestión.

La mayoría de los flujos de residuos y emisiones son mezclas complejas cuya composición resulta a menudo difícil de determinar. Para caracterizar residuos y emisiones se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Propiedades físicas: fases, naturaleza y proporción de cada fase, viscosidad, pH, presión de vapor, color, olor, % de compuestos volátiles, etc.
- Composición química y presencia de compuestos peligrosos: explosivos, comburentes, inflamables, tóxicos, cancerígenos, corrosivos, etc.
- Valor calorífico.
- Datos relativos para su disposición controlada: solubilidad, biodegradabilidad, movilidad en el suelo, etc.

d) Elaboración de los diagramas del proceso: facilitan la comprensión de la forma en que se conectan entre sí las distintas etapas que componen un proceso.

e) Balance de los materiales que intervienen en el proceso: se cuantifican las entradas y salidas de materiales, productos, subproductos, residuos y emisiones. Se realiza aplicando en cada proceso unitario la siguiente ecuación:

$$MP - (P + Sp) = R + E$$

Siendo MP materia prima; P producto; Sp subproducto; R residuos; E emisiones.

Las fases en que se desarrolla el balance de materiales son:

Análisis de las entradas de los materiales: se deben determinar las pérdidas debidas al almacenamiento y manipulación de materias primas; el consumo de materia prima y el consumo de agua y energía.

Análisis de las salidas de los productos, subproductos, residuos y emisiones: se debe cuantificar los productos, subproductos, residuos y emisiones; los volúmenes de subproductos que se reciclan. Asimismo se obtendrá el registro de los residuos y emisiones, y los procedimientos de gestión.

Es muy difícil obtener un balance de materiales perfecto. Generalmente se considera aceptable obtener una diferencia del 10 % entre las entradas y las salidas.

- **Subauditoría legal:** cuyo objetivo es verificar el nivel de cumplimiento de la legislación vigente en materia medioambiental por parte de la empresa. Esta subauditoría considera además, la normativa de próxima aplicación y los riesgos derivados de ella. Se debe realizar un registro escrito de las certificaciones, permisos y cualquier otro documento que acredite el cumplimiento de las normas legales vigentes.

- **Auditoría de seguridad e higiene:** se analizan las áreas de riesgo potencial en base al conocimiento de los procesos. En particular se analizan los siguientes datos:
 - Análisis de riesgos.
 - Prevención de accidentes mayores.
 - Plan de emergencia interior.
 - Plan de emergencia exterior.
 - Plan de seguridad.
 - Plan de higiene y salud.
 - Plan de formación.

Se deben analizar los procedimientos especiales con que cuenta la actividad para garantizar la seguridad e higiene en el trabajo (gafas de seguridad, cinturones de seguridad, detectores de incendio, etc.). Se confirmará que todo el personal expuesto a sustancias tóxicas o peligrosas, posea una formación adecuada para manejarlos, y que tiene la información necesaria sobre las precauciones a tomar y sobre los equipos de protección que deben usar.

- **Auditoría económica-financiera:** diseño del plan de inversiones con fines medioambientales. Estudia y propone la estructura financiera óptima para poner en práctica soluciones, considerando el análisis de

las posibles inversiones alternativas: beneficios económicos, disminución de gastos, etc.

-

- **Auditoría administrativa-ambiental:** se analiza el organigrama de la empresa, con especial atención a los responsables medioambientales y de todos aquellos aspectos organizativos que estén relacionados, directa o indirectamente, con la gestión medioambiental. Se estudian las funciones y nivel jerárquico de los directivos medioambientales, así como su capacidad de decisión. La existencia o no de un presupuesto para la protección del medio ambiente.

Se confirmará que todos los documentos relativos al medio ambiente, incluyendo la salud y la seguridad, estén perfectamente clasificados y archivados en un lugar seguro y de fácil acceso.

5.3. Fase 3

Se informará con rapidez y precisión, al nivel necesario, sobre todos los asuntos que deban corregirse. De cada subauditoría realizada se elaborará un informe, cuyo conjunto será la base para la redacción de los informes finales.

En general se confeccionan tres tipos de informes, a saber:

INFORME FINAL INTERNO: contempla la evaluación de la situación medioambiental de la empresa y/o actividad y de su adecuación a la normativa vigente.

INFORME FINAL DE SÍNTESIS: resumen de la auditoría que sirva de documento base para la toma de decisiones.

INFORME FINAL EXTERNO: contendrá las conclusiones de mayor relevancia externa y de mayor interés para los grupos externos vinculados de alguna manera a la empresa (consumidores, proveedores, etc.).

Previamente a la elaboración del informe final, se realizará el procesado final de los datos y de la información obtenida tanto en la fase de preparación como durante el trabajo de campo.

En definitiva, la Auditoría Medioambiental Integral contempla la elaboración de un completo informe final, del que podrán extraerse las necesarias separatas en función del destino y de la confidencialidad de la información. A continuación describiremos la información que debe contener el informe final:

- **Introducción:** cuando se realizó la auditoría, personal que ha tomado parte de la auditoría y las limitaciones que se presentaron.

- **Objetivos y motivos:** se deben indicar los motivos específicos que se tuvieron para llevar a cabo la auditoría. Cualquier cambio en los objetivos originales, deberá ser claramente notificado y explicado.

- **Alcance de la auditoría:** se debe definir claramente el alcance general de cada auditoría.

- **Método empleado:** se deben explicar los procesos utilizados para alcanzar los objetivos de la auditoría, por qué se han elegido esos métodos, cuándo se han aplicado, por quién y en dónde. La descripción de los métodos debe ser clara y detallada para permitir una evaluación independiente de ellos y para poder utilizarlos, si fuese necesario, en una segunda auditoría (metodología analítica, tipo y método de entrevistas, examen de archivos, etc.).

- **Emisiones, vertidos, residuos y/u otras acciones impactantes**

- **Grado de cumplimiento de la política ambiental:** se establecerá el grado de cumplimiento de la normativa vigente en función de los datos obtenidos, de la desviación de los parámetros respecto a los estándares establecidos y de la valoración de los impactos. Aquí es donde el auditor

debe prestar suma atención a los defectos y deficiencias que se observaron en los procesos, técnicas y operaciones realizadas.

- ***Eficacia y fiabilidad de las medidas adoptadas:*** para verificar el grado de cumplimiento técnico y las repercusiones medioambientales donde se desarrolla la actividad. Aquí se deben describir los métodos de muestreo, controles ingenieriles, etc.
- ***Cumplimiento de los procesos productivos:*** se deben describir los procesos y prácticas de la planta y su cumplimiento de acuerdo con las normas. Aquí se incluyen los procesos para la manipulación, almacenaje y transporte de sustancias peligrosas.
- ***Áreas de riesgo:*** se deben describir cada caso de infracción. Se debe asesorar a la empresa sobre los riesgos de cada área problemática, estimando la gravedad de las mismas, posibles daños a la salud pública y al medio ambiente, así como la probabilidad de posibles sanciones y denuncias.
- ***Medidas correctoras:*** se propondrán modificaciones en los procesos en función de las tecnologías disponibles.
- ***Plan de seguimiento del plan de medidas correctoras y establecimiento de la periodicidad:*** se elaborará un plan con las medidas de corrección necesarias para alcanzar los objetivos medioambientales propuestos en un plazo ajustado al tipo de problemática observado.
- ***Grado de cumplimiento de la legislación vigente:*** se debe detallar y analizar el grado de cumplimiento de la normativa vigente, considerando la normativa que será aplicada en el futuro.

- **Aspectos económicos – financieros:** deben evaluarse el costo que supone el cumplimiento de la normativa en relación al no cumplimiento de la misma.
- **Aspectos de organización y administración:** se debe proponer líneas de actuación, en la organización interna, que facilite el trabajo administrativo en cuanto al cumplimiento de los permisos, controles, registros, preparación de planes y programas y otras acciones administrativas.
-
- **Recomendaciones:** deben ordenarse en orden creciente de prioridades.

En conclusión señalaremos que el informe o los informes finales tienen una doble finalidad, ya que podrán ser utilizados como documento de base técnica en el campo del medio ambiente y como documento base para la elaboración de documentos jurídicos.

Bibliografía de referencia

- Auge M.P, Hernández M.A, Hernández L (2002) “Actualización del conocimiento del Acuífero semiconfinado Puelche en la Provincia de Buenos Aires – Argentina”. XXXIII International HydrogeologyCongress. Proceedings. ISBN 987-544-063-9: 624-633. Mar del Plata.
- Auge M.P (2003) “Vulnerabilidad de Acuíferos. Conceptos y Métodos”. E book: 1-38. RedIRIS. Red Académica y Científica de España en Internet <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/vulnerabilidad.html>
- COFEMA. Consejo federal de Medio Ambiente. www.cofema.gob.ar
- Conesa Fernández-Vítora V (1997) “Auditorías Medioambientales. Guía Metodológica”. 2º Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Gómez Orea D, Gómez Villarino M. (2007) “Consultoría e Ingeniería Ambiental”. ISBN 13: 978-84-8476-3130, ISBN 10: 84-8476-313-7.

Ed. Mundi Prensa, Madrid, España

Lagrega M, Buckingham P, Evans J (1998) “Gestión de residuos tóxicos”

Ed. McGraw Hill

Normas Ambientales 4° Edición. Buenos Aires: La Ley (2006) Derecho Ambiental.

US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov.ar>

CAPÍTULO 4

Análisis del ciclo de vida

Laura Massolo, Germán Castagnasso

1. Introducción

La creciente conciencia respecto de la importancia de la protección ambiental, y los posibles impactos asociados con los productos, tanto manufacturados como consumidos, han aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y tratar esos impactos. Una de las técnicas desarrolladas en este sentido es el análisis del ciclo de vida (ACV).

El impacto ambiental de un producto se inicia desde el momento en que son extraídas las materias primas y finaliza cuando la vida útil del mismo acaba. Durante la fabricación, las empresas deben evaluar el impacto ambiental que tiene su proceso, además tienen la responsabilidad sobre el impacto ambiental que ocasionan las partes involucradas, hasta que el producto llega al cliente (distribuidores, proveedores y consumidores). Esta cadena es lo que se denomina el ciclo de vida de un producto. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

Es por tanto que el ACV es considerado una importante herramienta de mejora ambiental ya que permite evaluar los impactos ambientales de un producto, proceso o actividad de una forma global considerando todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los procesos intermedios involucrados. Se tienen en

cuenta todas las etapas, “de la cuna a la tumba”. Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de cómo se reemplazan o cómo surgen nuevas alternativas. Por tal motivo, la conservación de recursos privilegia la reducción de la cantidad de residuos generados (a través del producto), pero ya que éstos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable –desde el punto de vista ambiental– minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo.

Podríamos decir que el ACV consiste en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo de su ciclo de vida.

1.1. Orígenes y evolución del ACV

Los primeros estudios se remontan hacia fines de la década de los años 60 y principios de los 70. Los mismos pusieron el énfasis en el análisis de la eficiencia, en el consumo de la energía y sus fuentes, el consumo de materias primas y, en menor medida, en la disposición final de los residuos generados.

Al principio, se consideró que el consumo de energía tenía mayor prioridad respecto de la generación de residuos, las descargas y emisiones hacia el medio ambiente, entre otras cosas quizás porque todavía no había tantas demandas por parte de la opinión pública para que las empresas tuvieran en cuenta la prevención del deterioro ambiental, y porque el precio de los combustibles energéticos había subido tan abruptamente como para justificar tal prioridad.

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. El primer ACV fue realizado en 1969 por una empresa de bebidas, el mismo consistía en comparar diferentes recipientes y determinar que embalajes tendrían el menor impacto en el medio ambiente y menor consumo

de recursos naturales. Nuevamente la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente.

Entre 1970 y 1974, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency –EPA-) realizó nueve estudios de envases para bebidas. Los resultados sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra altos costos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas. A partir de los años ochenta cuando surge el concepto de desarrollo sostenible la aplicación del ACV se incrementa de forma considerable.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Posteriormente, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) apoyó este desarrollo para establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos, y terminologías desarrollando las Normas de la Serie ISO 14040 sobre el ACV.

2. Sistemas de Gestión Ambiental

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992 se suscribió La Declaración de Río sobre medio ambiente y Desarrollo, la que contiene principios aprobados por los Estados para lograr acuerdos internacionales que respeten los intereses de todos y protejan la integridad global del ambiente. Específicamente, el Principio 16 dice: «Las autoridades nacionales deben tratar de promover la internacionalización de los costos medioambientales y la utilización de instrumentos económicos teniendo en cuenta el enfoque que, en principio, los que contaminan deben asumir el costo de la contaminación sin menoscabo del

interés público y sin distorsionar el comercio ni la inversión internacional.» La International Standards Organisation (ISO) y la International Electrotechnical Commission (IEC), en agosto de 1991, establecieron formalmente el Strategic Advisory Group on the Environment (SAGE), cuya misión consistió en desarrollar:

- Un enfoque común de la gestión ambiental similar a la administración de la calidad.
- La capacidad de alcanzar y medir mejoras en el desempeño ambiental.
- Normas internacionales para facilitar el comercio y eliminar las barreras comerciales.

Se consideró que era responsabilidad de cada país definir criterios de control de acuerdo con su realidad interna y teniendo en cuenta el efecto regional o global. Para ello se deberían considerar criterios ambientales, niveles de contaminantes, evaluaciones de riesgos para el ambiente y la salud, y especificaciones tecnológicas para productos y procesos. Como resultado del trabajo del SAGE, en enero de 1993, la ISO creó el Comité Técnico 207, encargado del desarrollo de normas sobre Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), las que deberán incluir un amplio rango de disciplinas ambientales. Estas normas están agrupadas en la serie ISO 14000. La finalidad fundamental es promover una gestión más eficaz del medio ambiente en las empresas u otras organizaciones y proporcionar instrumentos útiles (prácticas óptimas de organización) para recopilar, interpretar y transmitir información ecológicamente pertinente a fin de mejorar la actuación ambiental. El conjunto de normas y guías ISO 14000 define la esencia de un sistema de gestión ambiental y los procedimientos de auditoría necesarios para la verificación. También define tres conjuntos de herramientas importantes de implementar en un Sistema de Gestión Ambiental:

- evaluación del desempeño ambiental

- etiquetado ecológico
- análisis del ciclo de vida (ACV)

2.1. Evaluación del desempeño ambiental

La evaluación del desempeño ambiental (EDA) evalúa el desempeño ambiental de una organización a través de un proceso interno que utiliza indicadores para proporcionar información, comparando el desempeño ambiental pasado y actual con referencia a criterios de desempeño ambiental determinados. (ISO 14031). Este sigue el un modelo de gestión de “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar”. (Figura 1)

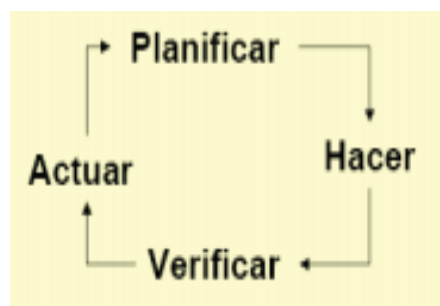


Figura 1. Modelo de evaluación de desempeño ambiental

2.2. Etiquetado Ecológico

Es un distintivo que informa y estimula a los consumidores a escoger productos y servicios con menores repercusiones sobre el medio ambiente. Es un concepto relacionado con el ACV que proporciona al consumidor información sobre aspectos ambientales de un producto. Se utiliza para identificar aquellos productos o servicios cuyos efectos medioambientales durante todo su ciclo de vida son menores que los de su misma categoría que no pueden obtener el distintivo. Es una herramienta voluntaria que tiene un notable potencial de incidencia en el mercado. Mediante la compra de productos con ecoetiquetas se estimula a los fabricantes a producir este tipo de productos y servicios. En tal sentido, el ACV suministrará ventajas comparativas y competitivas al proporcionar todos los elementos de análisis, a las empresas que deseen certificar sus productos bajo el esquema de etiquetas ambientales. Es considerado una importante herramienta de marketing. Además, proporcionará información valiosa que permitirá a los empresarios tomar decisiones dirigidas a mejorar el desempeño ambiental de sus productos y/o servicios. (Figura 2).

La ISO ha diseñado tres normas para definir diferentes tipos de etiquetas ecológicas o ecoetiquetas:

- 14024 Ecoetiqueta Tipo I
- 14021 Ecoetiqueta Tipo II
- 14025 Ecoetiqueta Tipo II

2.2.1. Etiquetas tipo I

Son sistemas voluntarios de calificación ambiental que identifican y certifican de forma oficial que ciertos productos o servicios tienen una menor afección sobre el Medio Ambiente.

2.2.2. Etiquetas tipo II

Se tratan de autodeclaraciones informativas de aspectos ambientales de productos para considerarlos como productos ecológicos. Son realizadas por el propio fabricante en forma de textos, símbolos o gráficos.

2.2.3 Etiquetas tipo III

Se trata de un inventario de datos ambientales cuantificados de un



producto, basados en la normas ISO 14025, con unas categorías de parámetros prefijadas referentes a análisis de ciclo de vida.

Figura 2. *Ejemplo de etiquetas ecológicas*

3. Análisis de Ciclo de Vida. Definición

La “Society of Environmental Toxicology and Chemistry” (SETAC) define el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesado de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final. (Guidelines for Life-Cycle Assessment: A ‘Code of Practice’, SETAC, Brussels, 1990).

La definición que más se utiliza en la actualidad es la brindada por la Norma ISO 14040. De acuerdo a esta Norma “el Análisis del Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

4. Normas asociadas al Análisis de Ciclo de Vida

La ISO ha elaborado cinco normativas al respecto:

ISO 14040:1997: se establecen los fundamentos del Análisis del Ciclo de Vida y se explica brevemente cada una de las fases, la preparación del informe y el proceso de revisión crítica.

ISO 14041:1998: en esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos, el alcance del estudio y para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV).

ISO 14042:2000: en ella se describe y establece una guía de la estructura general de la fase de Análisis del Impacto del Ciclo de Vida (AICV). Además se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV.

ISO 14043:2000: esta normativa proporciona las recomendaciones para realizar la fase de interpretación de un ACV o los estudios de un ICV, en ella no se especifican metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase.

ISO 14044:2006: preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207 Gestión ambiental. Esta primera edición de la Norma ISO 14044, junto con la Norma ISO 14040:2006, anula y reemplaza a las Normas ISO 14040:1997, ISO 14041:1998, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000

Además existen documentos técnicos para ayudar a la elaboración de estudios de ACV:

ISO TR 14047 (2002): este documento da un ejemplo de cómo aplicar la Norma ISO 14042.

ISO CD TR 14048 (2002): da información relacionada a los datos utilizados en un estudio de ACV.

ISO CD TR 14049: da ejemplos para realizar un inventario de ciclo de vida en concordancia con la Norma ISO 14041.

ISO/TR 14049: Este informe técnico proporciona ejemplos para realizar un ICV de acuerdo con ISO 14041.

Siguiendo con esta línea podríamos considerar que la estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que estarían representadas por las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043 conocidas como la “casita del ACV” englobadas por la norma ISO 14044:2006 que incluye a todas estas. (Figura 3).

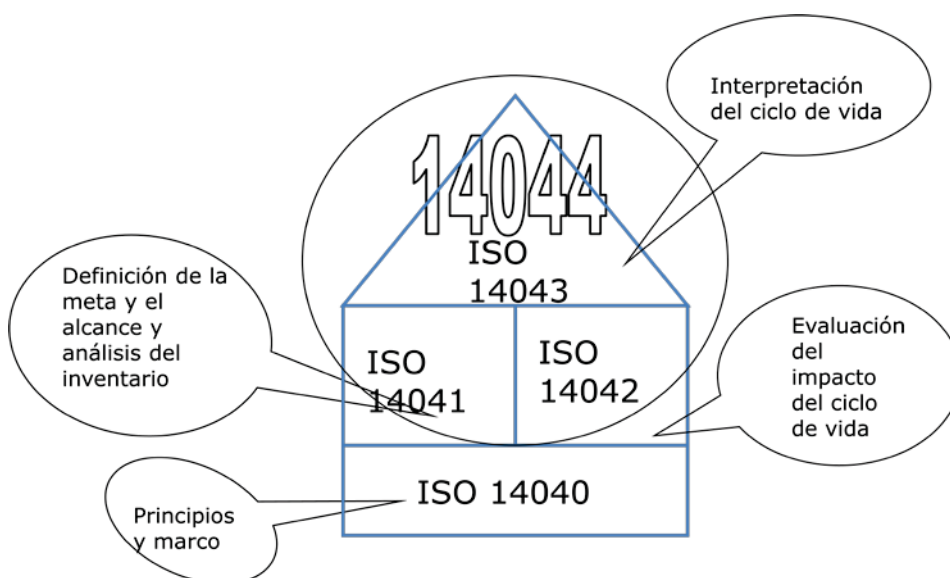


Figura 3. Estructura del análisis del ciclo de vida

5. Enfoques del ACV

Los enfoques de ciclo de vida identifican tanto las oportunidades como los riesgos de un producto o tecnología nueva, desde las materias primas hasta el proceso de desecho. Para ello, existe una gama de enfoques que van desde lo cualitativo (el concepto del ciclo de vida) hasta lo exhaustivamente cuantitativo (el análisis del ciclo de vida). Los individuos, las empresas y los gobiernos adoptan estos enfoques con diversos fines, como hacer las compras cotidianas, elegir artículos de oficina, crear el diseño de un producto nuevo o formular una política gubernamental (UNEP, 2004).

Debido a que el ACV abarca todas las acciones involucradas con un producto, proceso o actividad desde la cuna a la tumba, un ACV completo puede resultar muy extenso. Por esta razón se establecen límites perfectamente definidos, los cuales determinan lo que se incluye dentro del ACV. Los factores que determinan los límites del sistema son diversos. Entre ellos se pueden mencionar las hipótesis planteadas, la aplicación que se va a dar al estudio, los criterios de exclusión establecidos, la accesibilidad a los datos necesarios, las limitaciones económicas y el destinatario previsto.

Los aspectos e impactos económicos y sociales, generalmente están fuera del alcance del ACV.

6. Etapas del ACV

De acuerdo con la metodología propuesta por la normativa ISO 14040 un proyecto de ACV puede dividirse en cuatro fases: **objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación** (Figura 4)

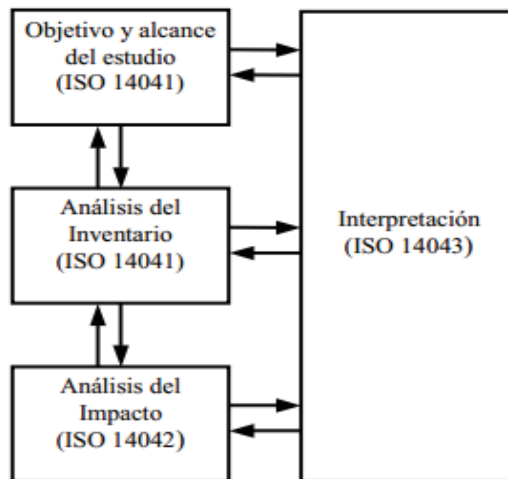


Figura 4. Fases del Análisis del Ciclo de Vida

6.1. Objetivo y alcance

La definición de los objetivos es la primera fase del ACV y tiene que incluir tanto la definición exacta del sistema a estudiar, como el alcance y profundidad del estudio, para determinar cuál es el objetivo y como se utilizarán los resultados obtenidos y las conclusiones que se extraigan. Esta primera etapa sirve para organizar el proyecto y como referencia para la expresión de resultados, las conclusiones del cual tendrán que incluir cualquier modificación que haya sufrido el objetivo inicial.

Un objetivo por ejemplo es comparar dos o más productos diferentes que cumplen las mismas funciones, para aplicar la información que se obtenga en la comercialización o en la reglamentación del uso de alguno de ellos.

En esta fase se establece la unidad funcional, la misma describe la función principal del sistema analizado. Un ACV no sirve para comparar productos entre sí, sino servicios y/o cantidades de producto que lleven a cabo la misma función. Por ejemplo, no es válido comparar dos kilos de pintura diferentes que

no sirvan para realizar la misma función, cubrir un área equivalente con una duración similar. En el caso de los sistemas agrícolas, por ejemplo, la principal función es la producción de alimentos. En estos casos, normalmente se considera como unidad funcional un kilo de producto fresco. La unidad funcional proporciona una referencia respecto a la cual las entradas y salidas del sistema pueden ser normalizadas en un sentido matemático.

Debido a su naturaleza global un ACV completo puede resultar muy extenso. Por esta razón se establecen límites que determinen qué procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. Varios factores determinan estos límites, generalmente se incluyen:

- La secuencia de producción principal, es decir, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación final del producto
- operaciones de transporte
- producción y uso de combustibles
- generación de energía, es decir, electricidad y calor (incluyendo producción de combustible)
- eliminación de todos los residuos del proceso
- fabricación del embalaje de transporte

En los límites del sistema generalmente se excluyen:

- Fabricación y mantenimiento de equipos de producción
- mantenimiento de plantas de fabricación, es decir, calefacción e iluminación
- factores comunes a cada uno de los productos o procesos en estudio

6.2. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)

En esta fase se obtienen los datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales adversos asociados a la

unidad funcional. De una forma genérica se denomina a estos efectos ambientales como “cargas ambientales”. Esta se define como la salida o entrada de materia o energía de un sistema causando un efecto ambiental negativo. Con esta definición se incluyen tanto las emisiones de gases contaminantes, como los efluentes de líquidos, residuos sólidos, consumo de recursos naturales, ruidos, radiaciones, olores, etc. Cuando se trabaje con sistemas que impliquen varios productos, en esta fase se procederá a asignar los flujos de materia y energía, así como las emisiones al medio ambiente asociadas a cada producto o subproducto.

La realización de un análisis de inventario es un proceso iterativo. A medida que se recopilan los datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos o limitaciones, que requieran cambios en los procedimientos de recopilación de datos, de manera que aún se puedan cumplir los objetivos del estudio. Algunas veces, se pueden identificar algunos asuntos que requieren una revisión del objetivo o del alcance del estudio. Es importante destacar que la calidad e incertidumbre de los datos utilizados en el inventario influirán en la interpretación de los resultados.

Hay casos en los cuales el objetivo de un ACV se puede satisfacer desarrollando únicamente un análisis de inventario y una interpretación. Generalmente se hace referencia a esto como un estudio de ICV.

6.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida

La Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV), es la fase del ACV dirigida a conocer y evaluar la magnitud y la significancia de los impactos ambientales potenciales de un sistema. En esta fase se emplea un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental. Es un proceso técnico cualitativo y/o cuantitativo para caracterizar y analizar los efectos de las cargas medioambientales identificadas

en la fase del Inventario. Esta etapa se compone de tres fases: *clasificación*, *caracterización* y *ponderación*. (considerado este ultimo como opcional) (ISO 14042).

i) *Clasificación:*

El primer paso o etapa es la selección de categorías de impacto ambiental a tener en cuenta en el estudio. Estas categorías representan los impactos ambientales de interés a los cuales se quieren asignar los resultados del EICV. Es decir, los impactos ambientales de los cuales se desean obtener resultados. Existen multitud de categorías de impacto ambiental, y la selección de unas u otras en el ACV que se esté llevando a cabo dependerá del objetivo del estudio y nivel de exactitud de los resultados requeridos. A modo orientativo, se indican a continuación las principales categorías de impacto ambiental (SETAC). (Figura 5)

| CATEGORIA DE IMPACTO AMBIENTAL | | UNIDAD DE REFERENCIA | FACTOR DE CARACTERIZACION |
|--|--|---|--|
| CALENTAMIENTO GLOBAL | Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. | Kg. Eq CO ₂ | Potencial de Calentamiento Global (PCG) |
| CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS | Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado. | MJ | Cantidad Consumida |
| REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO | Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica. | Kg. Eq. CFC-11 | Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) |
| EUTROFIZACIÓN | Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua. | Kg. Eq. de NO ₃ ⁻ | Potencial de Eutrofización (PE) |
| ACIDIFICACIÓN | Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera | Kg. Eq SO ₂ | Potencial de Acidificación (PA) |
| CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS | Consumo de materiales extraídos de la naturaleza. | Tm | Cantidad Consumida |
| FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS | Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre dichos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O ₃ es el más importante por su abundancia y toxicidad) | Kg. Eq. C ₂ H ₄ | Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF) |

Figura 5. Principales categorías de impacto ambiental según (fuente: SETAC)

Durante la etapa de clasificación, los datos del ICV son asignados a categorías de impacto. Si una sustancia contribuye a varias categorías de impacto, tiene que ser tenida en cuenta en todas estas categorías.

ii.) Caracterización:

Consiste en la modelización, mediante factores de caracterización, de los datos del inventario para cada una de dichas categorías de impacto. Cada categoría de impacto, ej. acidificación, precisa de una representación cuantitativa denominada indicador de la categoría, ej. emisión de ácido equivalente. La suma de diferentes intervenciones ambientales para una misma categoría se hará en la unidad del indicador de la categoría. Mediante los

factores de caracterización, también llamados factores equivalentes, las diferentes intervenciones ambientales se convierten a unidades del indicador.

Es necesario el uso de modelos para obtener estos factores de caracterización. La aplicabilidad de los factores de caracterización dependerá de la precisión, validez y características de los modelos utilizados. A modo de ejemplo, se muestran a continuación algunos factores de caracterización relativos a la categoría de Calentamiento Global. (Figura 6)

| Factores de Caracterización para la categoría de Calentamiento Global | | | |
|---|------------------|--|-----------------|
| Sustancia | | Factor de Caracterización - Kg eq. CO ₂ | |
| | | IPCC 2007 | Ecoindicador 95 |
| Dióxido de carbono | CO ₂ | 1 | 1 |
| Metano | CH ₄ | 21 | 11 |
| Óxidos nitroso | N ₂ O | 298 | 270 |
| Hidrofluorocarbonos | CFCs | 124 – 14.800 | 100-13.000 |
| Hexafluoruro de azufre | SF ₆ | 22.800 | - |

Figura 6. Factores de caracterización relativos al calentamiento global

iii.) Ponderación:

Consiste en establecer unos factores que otorgan una importancia relativa a las distintas categorías de impacto para después sumarlas y obtener un resultado ponderado en forma de un único índice ambiental global del sistema. Este paso es opcional.

6.4. Interpretación

La interpretación del ciclo de vida es la fase final del ACV, en la cual se resumen y discuten los resultados del ICV o de la EICV o de ambos como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

Los hallazgos de esta interpretación pueden dar como resultado conclusiones y recomendaciones para quienes toman decisiones, coherentes con el objetivo y alcance del estudio. En esta fase se puede involucrar un proceso iterativo de revisión y de actualización del alcance de un ACV, así como de la naturaleza y de la calidad de los datos recopilados de modo que sean coherentes con el objetivo definido.

De acuerdo a la serie ISO 14040 se deben seguir las siguientes etapas:

- Identificar los elementos más significativos basados en los resultados del análisis de inventario y evaluación de repercusiones ambientales
- Verificar que los resultados y la evaluación del ACV sean completas y verificables
- Determinar las conclusiones, recomendaciones y diseñar el informe

Como habíamos nombrado, esta etapa puede incluir propuestas cualitativas y cuantitativas de mejoras, como cambios en el producto, en el proceso, en el diseño, sustitución de materias primas, gestión de residuos, etc. De igual forma, puede ir asociada con las herramientas de prevención de la contaminación industrial, tales como; minimización de residuos, o rediseño de productos.

7. Características generales ACV

Resumiendo y agrupando las características esenciales de un ACV, tenemos:

a) el ACV evalúa, de forma sistemática los aspectos e impactos ambientales de los sistemas del producto, desde la adquisición de la materia prima hasta la disposición final, de acuerdo con el objetivo y el alcance establecidos

b) la naturaleza relativa de un ACV se debe a las características de la unidad funcional dentro de la metodología

c) el nivel de detalle y la duración de un ACV pueden variar de manera considerable, dependiendo de la definición del objetivo y el alcance

d) se establecen disposiciones, dependiendo de la aplicación prevista del ACV, para respetar la confidencialidad y la propiedad

e) la metodología del ACV está abierta a la inclusión de nuevos hallazgos científicos y mejoras en el estado del arte de la técnica

f) se aplican requisitos específicos a los ACV que se pretende utilizar en las aseveraciones comparativas que serán divulgadas al público

g) no hay un método único para realizar un ACV. Las organizaciones tienen flexibilidad para implementar un ACV de acuerdo con la aplicación prevista y los requisitos de la organización

h) el ACV es diferente de muchas otras técnicas (tales como la evaluación del desempeño ambiental, la evaluación del impacto ambiental y la evaluación del riesgo) ya que es un enfoque relativo basado en una unidad funcional; sin embargo, el ACV puede utilizar la información obtenida con estas otras técnicas

8. Beneficios del ACV

El ACV es una herramienta de gestión ambiental que puede ser de suma utilidad para ayudar en la toma de decisiones ya sea que se emplee sola o conjuntamente con otras herramientas tales como la evaluación del impacto ambiental o la evaluación de riesgo. Permite conocer los efectos que los productos, servicios o actividades de una determinada organización podrían causar en el medio ambiente; de manera tal de identificar impactos ambientales significativos adversos.

Es una herramienta de gestión ambiental que brinda una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas eficientes en cuanto a la incorporación de un nuevo producto o la modificación de productos existentes en función de su desempeño ambiental.

Puede ser una herramienta útil para atender a las responsabilidades legales, sociales y políticas que determinados productos, servicios o actividades implican, además de ser una ayuda útil para bajar los costos y disminuir las pérdidas económicas y de imagen empresarial.

9. Conclusiones

Una gran cantidad de industrias, gobiernos y centros de investigación han desarrollado estudios aplicando la herramienta de Gestión Ambiental del ACV. Sin embargo, dado el carácter estratégico que poseen los resultados obtenidos, es difícil encontrarlos en documentos científicos disponibles. El ACV es una poderosa herramienta de gestión ambiental que puede ser de suma utilidad para ayudar en la toma de decisiones por parte de quienes tienen a su cargo los destinos de las empresas, ya sea que se emplee sola o conjuntamente con otras herramientas tales como la evaluación del riesgo y la evaluación del impacto ambiental. Ciertamente, la legislación internacional en materia ambiental es una presión creciente para las empresas. Pero la presión no vendrá sólo de la legislación de cumplimiento obligatorio, también vendrá de la competencia ejercida por las empresas ambientalmente más proactivas, que tratan de aprovechar las oportunidades emergentes en la evolución del escenario ambiental. El amplio abanico de las herramientas y normas voluntarias (por ejemplo: ecoetiquetado) tienen un notable potencial de incidencia en el mercado. No se debe olvidar tampoco la creciente presión social para la protección del medio ambiente. No se descarta el hecho de que, a corto plazo, el ACV será la base para evaluar aquellos productos que sean capaces de ingresar al comercio internacional, pues los países desarrollados no estarán dispuestos a financiar contaminación cuando ellos mismos están haciendo fuertes inversiones en este aspecto.

Bibliografía de referencia

- Aranda Usón A, Zabalza Bribián I, Martínez Gracia A, Valero Delgado A, Scarpellini S (2006). "El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial". ISBN: 84-96169-74-X. Ed: Fundación Confemetal, Madrid, España.
- Aranda Usón A, Zabalza Bribián I. (2010). "Ecodiseño y análisis de ciclo de vida". ISBN 9788492774951. Pp. 219. Ed: Prensas Universitarias de Zaragoza, España.

- Capuz Rizo S, Gómez Navarro T (2002) “Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles”. ISBN: 84-9705-191-2. Pp. 240. Ed: Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España
- Ruiz Amador D, Zuñiga López I (2012) “Análisis del ciclo de vida y huella de carbono”. ISBN: 9788436265637. Pp. 117. Ed: Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, Madrid, España.
- Scarpellini S (2006) “El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial”. ISBN: 84-96169-74-X . Pp. 165. Ed: Fundación ConfeMetal.
- Society of Environmental Toxicology And Chemistry –SETAC- (1990) “Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice”. Brussels.
- Society of Environmental Toxicology And Chemistry –SETAC- (1993) “Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment”, Foundation for environmental Education, Inc. Pensacola, Florida.
- UNE-EN ISO 14040 (2006) “Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida principios y marco de referencia”. <http://www.iso.org>
- UNE-EN ISO 14044 (2006) “Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida requisitos y directrices”. <http://www.iso.org>
- UNEP (2004) ¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida? ISBN: 92-807-24500-9. Versión “on line”
http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why_take_a_life_cycle_approach_ES.pdf

CAPÍTULO 5

Diagnóstico ambiental. Acciones de remediación

Analía Coppola

1. Introducción

El deterioro del suelo y del agua subterránea como superficial por la introducción de sustancias contaminantes, producto de actividades antrópicas, principalmente la actividad industrial, determinó que se iniciara la búsqueda de técnicas de extracción de dichas sustancias. Estas técnicas, en conjunto constituyen lo que comúnmente se denomina remediación. Definiéndose como remediación al conjunto de procesos a través de los cuales se trata de recuperar las condiciones y características naturales de los ambientes que han sido dañados. En las décadas del 50 y del 60 las prácticas de manejo de los residuos eran simplemente desecharlos: los residuos líquidos en pozos de absorción y los residuos sólidos enterrándolos. En la década del 80 se comienzan a observar las consecuencias de estas prácticas, a medida que crece el interés por la temática medioambiental. Es así que se inician estudios de investigación en sitios contaminados (EPA), comenzando con lo que luego se denominará Diagnóstico Ambiental. Como veremos en otros capítulos el Diagnóstico Ambiental está incluido en la Agenda Local 21. En este capítulo veremos como se debe realizar el Diagnóstico Ambiental a nivel local, para luego abocarnos al diagnóstico de un sitio particular y las posibles técnicas de remediación.

2. Diagnóstico Ambiental

El Diagnóstico Ambiental (DA) está constituido por un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito territorial local. Los objetivos a alcanzar son:

- El conocimiento del estado ambiental del territorio municipal a partir del cual podemos definir una correcta política ambiental que haga posible el desarrollo sostenible de los recursos.
- La identificación de aquellas incidencias ambientales que afectan a la Entidad Local, con el objetivo de subsanarlas.
- Conocer el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- Proporcionar a la Entidad Local un punto de partida para la ejecución y el establecimiento de actuaciones ambientales en el territorio (proyectos, estudios, organización interna).
- Facilitar la puesta en marcha de los sistemas de participación ciudadana y marcar el punto de partida para el desarrollo y la aplicación de la Agenda 21 Local

El alcance del Diagnóstico Ambiental abarca, principalmente, dos ámbitos:

- **Físico:** abarca la totalidad del territorio municipal (sistemas y flujos), previendo que algunas infraestructuras ambientales presentan un carácter supramunicipal.
- **Social:** abarca la implicación, directa y/o indirecta de administraciones, agentes económicos, sociales y ambientales internos y externos al municipio, los cuales puedan intervenir en el proceso.

El diagnóstico ambiental está constituido por dos subdiagnósticos interrelacionados denominados diagnóstico técnico y diagnóstico cualitativo. En el primero se desarrolla la búsqueda de información, la creación de una base

de datos, la definición de variables que definen el sistema, la definición de Unidades Homogéneas, la definición de variables de valoración, la valoración de las unidades homogéneas y por último, la creación de documentos y las conclusiones. En el segundo se analiza la opinión pública.

Existen obstáculos en la realización de un Diagnóstico Ambiental, a saber:

- a) La falta de consenso político o voluntad mayoritaria para aprobar y ejecutar la realización de un DA, puede ocasionar que aún iniciado el proceso, este no tenga resultados satisfactorios o no se sostengan en el tiempo.
- b) La ejecución de un DA conlleva una inversión económica derivada tanto en recursos técnicos, económicos como en personal. A menudo, muchas de las propuestas de actuación del Plan de Acción Ambiental requiere de inversiones económicas para la financiación de proyectos ante los cuales la entidad no puede hacer frente.
- c) La elaboración de un DA por parte del equipo local conlleva un aumento del volumen de trabajo, este hecho puede comportar la incorporación de personal o la contratación de un equipo consultor externo.

Los Factores de Estudio en un DA son:

- Factores ambientales (paisaje, vegetación, fauna, planificación territorial, demografía, movilidad y transporte, agua, residuos, atmósfera, ruido, energía, suelos)
- Factores Socioeconómicos (índices de ocupación, actividades económicas)
- Factores organizativos del municipio (planes de emergencia y riesgos ambientales, estructura funcional del medio ambiente municipal, plan

de ordenamiento urbano, dotaciones, equipamiento y servicios municipales, movilidad y transporte).

Hay que tener en cuenta que todos los factores considerados, es decir, los ambientales, los socioeconómicos y los organizativos están sometidos a una serie de interacciones y sinergias entre ellos. Esto es debido, principalmente a que todos ellos forman parte de un mismo sistema y su interacción determina la dinámica general del entorno local.

2.1. Diagnóstico Técnico

El diagnóstico técnico se desarrolla en cuatro fases, que son las que se describen a continuación

2.1.1. Fase Previa

En ésta se debe elaborar el plan de trabajo y crear el equipo de trabajo interdisciplinario donde se tendrán en cuenta los siguientes conceptos: la fase o etapa, es decir, la parte del diagnóstico en la que se está trabajando. Cuáles serán las actuaciones o tareas concretas que se van a desarrollar en esa fase, pudiendo haber referencias detalladas de los métodos. Asignar al personal que se va a responsabilizar de cada actuación y el tiempo, cuantificado en horas/día de trabajo, para cada actuación y persona implicada. Los medios necesarios para realizar la tarea, debiéndose apuntar tanto los habituales como aquellos recursos no habituales o específicos para la tarea, como equipo informático, material fungible, etc. Y por último el presupuesto, es decir, una estimación económica de la realización del trabajo.

2.1.2. Fase de recopilación de información

Se basa en la búsqueda de la información identificación de la información necesaria. Las fuentes de información pueden ser:

- **Entidad local:** concejos, departamentos y servicios municipales, autónomos y empresas públicas.
- **Otros organismos oficiales supramunicipales:** gobierno central, Ministerios y demás organismos.
- **Entidades ciudadanas organizadas:** asociaciones, entidades ciudadanas y otros.
- **Sector económico y servicios:** asociaciones empresariales y sindicales, industrias, empresas de suministros municipales (agua, gas, electricidad) y demás servicios.
- **Centro de documentación y bases de datos:** archivos, bibliotecas, centros de educación, universidades, centros de investigación.

Es en esta fase es donde se desarrolla el “trabajo de campo”, es decir, se debe analizar la importancia de los estudios para el diagnóstico, cuál es la importancia del factor a estudiar para la Entidad Local, el objeto y alcance del estudio y su relación con la legislación vigente, y la importancia que tiene para la población ese factor.

2.2.3. Fase de presentación del Municipio

Se elabora y redacta el informe. Puesto que este informe tiene un carácter descriptivo, su redacción debe ser breve pero significativa. Este informe debe constar de:

- Presentación de la identidad local y sus principales rasgos históricos y evolutivos.

- Descripción general del marco físico y geográfico del territorio local.

Las herramientas complementarias del informe descriptivo pueden ser: mapas y planos; imágenes y fotografías; gráficos evolutivos, porcentuales, barras, sectores, pirámides de población, organigramas u otros tipos de gráficos; tablas y cuadros informativos o numéricos; referencias bibliográficas; inventario o listados, analíticas y documentos anexos.

2.2.4. Fase de análisis

Para el análisis se realiza una descripción detallada del factor de estudio, donde se incluye:

- Un titular de referencia al factor en cuestión (agua, medio urbano u otro factor).
- Una investigación, basada en la información recopilada en la “Fase de recopilación de la información” que incluya:
 - La situación actual local del factor.
 - La evolución que ha tenido.
 - La predicción del futuro.
 - Trabajo de campo correspondiente en caso de haberse efectuado.
- Como soporte al estudio se adjuntan mapas, gráficos, tablas complementarias y/o imágenes fotográficas.

Cumplidas las cuatro fases se desarrolla el diagnóstico y se establecen las referencias comparativas con el diagnóstico cualitativo. Para concluir con el diagnóstico técnico se hará una valoración cuantitativa y cualitativa sobre el resultado de la investigación, haciendo constar los vacíos informativos y las deficiencias documentales halladas. Se debe evaluar el grado de cumplimiento de las normativas ambientales mediante la comparación con la legislación ambiental vigente y con los resultados obtenidos con otros datos de referencia

(otros municipios, regiones o departamentos). La incorporación de los resultados del diagnóstico cualitativo dará un mayor apoyo al diagnóstico técnico, ya que su interrelación suele ser muy positiva para obtener las conclusiones finales del diagnóstico ambiental encarado. Una vez establecido el diagnóstico y las sinergias, se establecen una serie de recomendaciones generales “in situ” como una primera respuesta a la problemática visualizada. Debido a la gran cantidad de recomendaciones que suelen aparecer para cada factor se recomienda ordenarlas.

Los criterios que se pueden tener en cuenta para establecer un orden en las recomendaciones son:

- Incumplimiento de la legislación.
- Riesgos ambientales.
- Mejora del Medio Ambiente municipal.
- Mejora de la calidad de vida.
- Insatisfacción ciudadana

2.2. Diagnóstico cualitativo

Para que las conclusiones del Diagnóstico Cualitativo den apoyo al Diagnóstico Técnico debe ser representativo de la población local, utilizar un método diagnóstico coherente con los objetivos de éste, ser totalmente imparcial, sin estar manipulado para determinados fines y ser claro y estar al nivel de las personas que participan en él. En el diagnóstico cualitativo se utilizan las técnicas de previsión. Para la realización de un estudio sobre la percepción social existen diferentes técnicas de previsión. Toda previsión está basada, directa o indirectamente, en el uso de datos del pasado y en la aplicación sobre ellos de leyes o normas tendientes a relacionarlos con el futuro. Los métodos de previsión pueden diferir en el tipo de datos a utilizar y en las normas que utilizan para conseguir esa relación pasado/futuro. Las técnicas de previsión están basadas en la información objetiva y en la

información subjetiva. Las técnicas basadas en información objetiva se pueden dividir a su vez en dos grandes grupos: las que utilizan exclusivamente datos históricos referentes a la evolución de la propia variable cuyo comportamiento se quiere pronosticar y las que se basan en las relaciones constatadas entre el comportamiento de variables, para predecir la evolución de un fenómeno en función de la evolución de otro/s.

Las técnicas basadas en información subjetiva, pueden clasificarse en dos grupos:

1. **Técnicas individuales:** la información procede de una única persona o de un colectivo sin interacción entre sus integrantes (las encuestas, por ejemplo)
2. **Técnicas grupales:** se llega a un juicio singular a partir de un conjunto de individuos que interactúan entre sí (el método Delphi, por ejemplo).

Los objetivos del diagnóstico cualitativo respecto a su complementariedad con el diagnóstico técnico son conocer las percepciones y necesidades respecto al medio ambiente local de los ciudadanos, ratificar la información obtenida en el Diagnóstico Técnico y contrastar las aportaciones con el resultado final del **Diagnóstico Técnico para que éste no quede desvinculado de la realidad local. En definitiva se trata de aportar nuevas medidas no** contempladas por el Diagnóstico Técnico, porque ocurre a veces que el Diagnóstico Técnico no capta aspectos simples percibidos en la vida cotidiana de los Ciudadanos, ayudando a establecer un orden de prioridad a las acciones encaminadas a mejorar el medio ambiente local.

A partir de las conclusiones y recomendaciones planteadas en el documento del Diagnóstico Ambiental se establece el Plan de Acción Ambiental, que es una herramienta que permite ejecutar, de una manera coherente y sostenible,

las actuaciones dirigidas a mejorar el Medio Ambiente local. Cumple con el principio de subsidiaridad, que dice: asume más competencias el nivel más cercano a los ciudadanos.

Sus objetivos son:

- Reducir las emisiones contaminantes.
- Mejorar y conservar la calidad ambiental de la Entidad Local.
- Proteger y conservar la riqueza natural del territorio.
- Optimizar el uso de los recursos naturales (agua, energía u otros recursos).
- Disminuir la dependencia de los recursos no renovables.
- Fomentar la participación ciudadana en la toma de decisiones.
- Fomentar cambios de hábitos y actitudes por parte de la población en la línea de la sostenibilidad.

Las actuaciones propuestas en el Plan de Acción Ambiental implican la totalidad del territorio local y en determinados programas/acciones se realizarán propuestas de desarrollo con otros municipios o territorios. Este Plan incide sobre medios, organizaciones o infraestructuras, respondiendo a objetivos a largo, medio y corto plazo. Se extiende a aspectos sociales, económicos y ambientales y prioriza las actuaciones en el tiempo. En el Plan de Acción Ambiental se desarrollan líneas estratégicas, dentro de ellas programas de actuación y en ellos se elaboran proyectos. Las líneas estratégicas son los grandes ejes previsible para la mejora ambiental local y la progresión hacia un modelo de desarrollo sostenible. Deben reflejar la política ambiental que rige en la Entidad Local. Estas grandes áreas temáticas se crean con el fin de agrupar actuaciones de mejora ambiental con un objetivo común, de manera que su ejecución sea más fácil y que se tenga en cuenta su relación. Los contenidos de cada línea estratégica son: nombre de la línea,

justificación de la línea, marco legal, financiamiento y recursos económicos y humanos. Dentro de una línea Estratégica existen diferentes Programas de Actuación. Un programa de actuación responde a cada uno de los diversos objetivos que pretende alcanzar una Línea Estratégica. Cada Programa, además, agrupa distintas acciones con un denominador común concreto, llevado a cabo en los proyectos. El hecho de que las acciones se agrupen por afinidades, permite fomentar la sinergia entre ellas. Los proyectos son aquellos trabajos y actuaciones concretas a realizar para resolver las carencias e incidencias visualizadas en el Diagnóstico ambiental. Estos proyectos deben justificarse y desarrollarse por escrito en un documento de presentación.

Las consideraciones para su definición son:

- Obligación del marco normativo.
- Importancia para el medio ambiente de la actuación.
- Riesgo ambiental alto.
- Demanda social.
- Efecto positivo sinérgico.
- Presupuesto.
- Existencia de líneas de financiación.
- La existencia de beneficios sociales y económicos asociados a la acción.

2.3. Plan de seguimiento

El programa de Seguimiento pretende controlar el desarrollo de las Líneas Estratégicas, los Programas de Actuación y los Proyectos planteados en el Plan de Acción Ambiental y el avance de la calidad ambiental del territorio. El objetivo del plan de seguimiento es evaluar, controlar e informar de la evolución de la calidad de los factores ambientales, socioeconómicos y organizativos de las actuaciones que se están llevando a cabo para la mejora del medio ambiente. Debe proporcionar a las Entidades Locales los conocimientos necesarios para la creación de un Sistema de Indicadores propio, adecuado a la realidad municipal y proporcionar una relación de indicadores de sostenibilidad para el control del estado ambiental de los municipios y como fin último dar una orientación para la elaboración de una Declaración Ambiental, que es un documento de carácter divulgativo, que pretende llegar a toda la ciudadanía en general.

3. Acciones de remediación en sitios contaminados

Para la aplicación de una política de protección de los suelos y su remediación, se establece, en la organización del trabajo, una línea de acción basada en los fundamentos del desarrollo sostenible. Las acciones que se llevan a cabo para enfrentar la problemática que representa un sitio contaminado, es decir, acciones de remediación, son:

- Identificación del sitio
- Caracterización del sitio
- Determinación de los niveles de limpieza
- Análisis y selección de las alternativas de remediación
- Diseño, implementación y operación de la remediación
- Monitoreo
- Valoración (uso o reuso con restricciones) y/o clausura

Para realizar la caracterización de un sitio contaminado se deben obtener datos que permitan la identificación del problema de contaminación del sitio así como los posibles receptores de las sustancias tóxicas presentes. Primero se realiza una caracterización preliminar mediante un modelo teórico del sitio con toda la información que se tiene de él. Se recaba información sobre registros históricos del sitio y del área aledaña; el marco físico regional y el del sitio; los usos actuales y pasados del sitio; los datos analíticos de estudios previos y por último se realizan el reconocimiento del sitio y del área aledaña. Luego se elabora una caracterización más detallada, donde se completa la información obtenida en la fase anterior, se plantea el diseño y la ejecución del muestreo y la interpretación de los resultados obtenidos. Debemos tener en cuenta que en la gestión de suelos contaminados no se fijan criterios mínimos a alcanzar, sino que se fijan criterios máximos a no superar dependiendo de los usos del suelo.

3.1. Alternativas de remediación

Después de realizada la caracterización del sitio ya podemos definir las características propias del suelo, la naturaleza y extensión del problema existente y definir las alternativas de remediación viables. Las mismas pueden ser:

3.1.1. Químicas y físicas

Los procesos físico-químicos incluyen tecnologías que pueden ser utilizadas en el tratamiento y reciclado de residuos peligrosos, tanto en depuración de aguas subterráneas como en recuperación de suelos. Veremos brevemente las más utilizadas en la actualidad.

- **Stripping por aire:** es un proceso de transferencia de masa que aumenta la volatilización de los componentes del agua mediante el paso del aire a través de ella, mejorándose de esta manera la transferencia entre las fases aire y agua. Se utiliza para extraer Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en bajas concentraciones (< 200 mg).
- **Extracción por vapor del suelo (EVS):** consiste en el paso de una corriente de aire a través del suelo, produciéndose la transferencia de los contaminantes desde la matriz del suelo (o suelo/agua) a la corriente de aire. La extracción de vapores del suelo es el tratamiento innovador que se selecciona con más frecuencia para sitios comprendidos en el Superfondo (EPA). Es un proceso relativamente sencillo que separa físicamente los contaminantes del suelo y como su nombre lo indica, consiste en la extracción de contaminantes del suelo en forma de vapor, por lo tanto, los sistemas de extracción de vapores del suelo sirven para retirar contaminantes que tienden a volatilizarse o a evaporarse con facilidad. Con esta técnica se extraen compuestos orgánicos volátiles y algunos compuestos orgánicos semivolátiles de la zona no saturada del subsuelo, que está por encima de la capa freática. Este método se conoce también como volatilización in situ, volatilización mejorada, aireación del suelo in situ, aireación forzada del suelo, remoción in situ por chorro de aire o extracción al vacío. Por medio de un sistema de pozos subterráneos se crea un vacío y los contaminantes ascienden a la superficie en forma de vapor o gas. A menudo, además de los pozos de extracción se instalan pozos de inyección de aire para aumentar la corriente de aire y mejorar la tasa de remoción del contaminante. Otra ventaja de la introducción de aire en el suelo es que puede estimular la biodegradación de algunos contaminantes.
- **Extracción de doble fase (Dual phase):** es un sistema de tratamiento similar a la extracción de vapores del suelo, pero los pozos de extracción

son más profundos y llegan a la zona saturada, debajo de la capa freática. Se aplica un fuerte vacío por medio de los pozos de extracción para extraer simultáneamente agua subterránea y vapores del subsuelo. Cuando los vapores y el agua subterránea llegan a la superficie, se separan y se someten a un tratamiento. En suelos densos y arcillosos, la extracción de doble fase es más eficaz que el método corriente de extracción de vapores. Cuando la extracción de doble fase se combina con medidas de biodegradación, por ejemplo, aspersión de aire, la limpieza lleva menos tiempo.

- **Adsorción por carbón:** el contaminante soluble es eliminado del agua por contacto con una superficie sólida (adsorbente). Se utiliza como material adsorbente el carbón activado procesado.
- **Oxidación química:** detoxificación de los residuos por transformación química de los componentes mediante la adición de un agente oxidante. Los agentes oxidantes más comúnmente utilizados son ozono, peróxido de hidrógeno y cloruros. Se extraen compuestos orgánicos volátiles, mercaptanos y fenoles, moléculas inorgánicas, tales como cianuro.

3.1.2. Métodos biológicos

El tratamiento biológico es la degradación del residuo orgánico por acción de los microorganismos. La degradación altera la estructura molecular de los compuestos orgánicos y el grado de alteración determina si se ha producido biotransformación o mineralización. Entendiendo por biotransformación cuando un compuesto orgánico se descompone en otro similar y por mineralización cuando un compuesto orgánico se descompone totalmente en CO₂, H₂O y residuos inorgánicos inertes. Dentro de los

métodos biológicos se encuentra el denominado “Landfarming” o tratamiento sobre el terreno, que se puede traducir como biolaboreo. La más amplia utilización del tratamiento se produce en las refinerías de petróleo. Los residuos tratados son principalmente fangos de los separadores API y otros residuos generados en el proceso. También se utiliza en la industria de la madera, los residuos tratados son los que contienen los conservantes de la madera, principalmente creosota y pentaclorofenol. Debido a que es un proceso aeróbico, para estimular el crecimiento bacteriano se realizan una serie de operaciones:

- Aireación
- Ajuste de pH
- Adición de nutrientes
- Control de humedad
- Mezcla

Los residuos se aplican uniformemente sobre el terreno y se los incorpora al suelo con equipo de agricultura: arado. De esta manera se produce la homogenización de la concentración de los constituyentes del residuo, se mezcla el suelo con los residuos, la flora autóctona y los nutrientes y se le proporciona la aireación necesaria para la degradación biológica. La profundidad a la que el residuo se “cultiva”, generalmente entre los 10 a 30 cm, se denomina Zona de Incorporación o Zona de arado. El suelo constituye el medio del tratamiento. El área donde éste se produce se denomina Zona de Tratamiento y se extiende como mucho 1,5 m por debajo de la superficie del suelo, muy por debajo de la zona de incorporación. Ningún tipo particular de suelo es el ideal. Los suelos más permeables tienden a airear y drenar mejor, permitiendo mayores aplicaciones de compuestos orgánicos que los pocos permeables. Éstos, a su vez, tienen una elevada capacidad de adsorción de metales. La carga orgánica aplicable en la Zona de Incorporación es generalmente elevada:

del 5 al 10 % (porcentaje de la masa total del residuo respecto a la masa de suelo).

Se deben tener en cuenta las vías de migración, que están dadas por:

- **Volatilización:** se puede controlar manteniendo la velocidad de aplicación del residuo.
- **Escorrentía:** una adecuada construcción y el mantenimiento de las estructuras de control, por ejemplo, canales de escorrentía.
- **Infiltración:** apropiada selección del terreno (características hidrogeológicas), desarrollo y funcionamiento. Utilización de un revestimiento sintético por debajo de la zona de tratamiento.

Los metales constituyen un problema especial, un control apropiado de pH del suelo facilita su inmovilización. El pH del suelo puede ajustarse al intervalo óptimo, generalmente no inferior a un pH de 6-7, y mantenerse en este intervalo, mediante la aplicación de limo y/u otros correctores del suelo. La inmovilización de los metales en la parte superior de la zona de tratamiento provocará un aumento en la concentración de metales con cada aplicación del residuo. Con el tiempo, las concentraciones aumentan a niveles que son tóxicos para las bacterias, entonces la biodegradación disminuirá o se detendrá, en este punto el suelo debe ser remplazado con suelo no contaminado. Todos los suelos tienen una capacidad asimilativa, la clave del éxito del tratamiento es aplicar los residuos en una proporción y frecuencia que no exceda la capacidad asimilativa del lugar.

La capacidad asimilativa se debe considerar desde tres perspectivas:

- a) Capacidad límite: se refiere a los constituyentes inmóviles y permanentes que se acumulan en el suelo con las sucesivas aplicaciones, incrementando su concentración con el tiempo.
- b) La cantidad acumulativa aplicada en comparación con la cantidad degradada durante la vida de una instalación es crítica.

- c) Velocidad límite: se refiere a los constituyentes no permanentes que se degradan en el suelo durante semanas, meses o incluso años (por ejemplo: aceite).

Bibliografía de referencia

- Dis R. (2006) "Gestao Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade" ISBN: 85-224-4269-X. Pp. 196. Ed Atlas SA, San Pablo, Brasil
- Gómez Orea D, Gómez Villarino M (2007) "Consultoría e Ingeniería Ambiental" ISBN 13: 978-84-8476-3130, ISBN 10: 84-8476-313-7. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España
- Hernández del Águila, R. et al 2003. "Diagnóstico Ambiental de Granada". Universidad de Granada
- Kiely G. 2003. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Cap. 18, 19 y 21. ISBN: 0-07-709127-2. Ed. Mc Graw-Hill, Internacional Limited, impreso en Colombia.
- Lagrega M, Buckingham P, Evans J (1998) "Gestión de residuos tóxicos" Ed. McGraw Hill
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S (2000) "Gestión integral de residuos sólidos" Ed. Mc Graw Hill.
- Ortega Domínguez R, Rodríguez Muñoz I. (1994) "Manual de Gestión del Medio Ambiente" ISBN: 84-7100-891-2. Pp 341. Ed MAPRE SA, Madrid, España.
- US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov.ar>

CAPÍTULO 6

Modelos multimediales de dispersión de contaminantes

Andrés Porta - Laura Massolo

1. Introducción a la problemática

El ambiente se caracteriza por su notable grado de complejidad, evidenciada en las múltiples relaciones que se establecen entre sus distintos componentes, bióticos y abióticos; por la multiplicidad de expresiones distintas logradas a través de la evolución, todas exitosas en su ámbito específico; y por el notable equilibrio que existe en la coexistencia simultánea entre todas estas expresiones, basado en gran medida en una notable interdependencia mutua, equilibrio que nuestra civilización amenaza con cada vez mayor peligro, en su afán de imponer su actual estilo de vida, denunciado por numerosos grupos y entidades internacionales como completamente inviable al corto plazo, y de consecuencias impredecibles para la biósfera en su conjunto.

Muchas decisiones respecto a la gestión de los contaminantes, e incluso de los residuos y desechos cotidianos de las ciudades, se basaron en la convicción que las sustancias eran diluidas o degradadas en y por el ambiente, en su gran capacidad por reducir sus concentraciones a niveles mínimos inofensivos. Con este criterio se desarrollaron las principales estrategias sanitarias: chimeneas para “eliminar” los productos de combustión, plantas de tratamiento para eliminar sustancias inconvenientes de los efluentes, rellenos sanitarios o incineración para disponer de los residuos sólidos urbanos, etc. No sólo en la actualidad se conoce

que esta capacidad es finita, de hecho las estrategias anteriormente descritas o se encuentran reguladas en cuanto a que tiran y en qué cantidad se permite, acompañado con sistemas de monitoreo para advertir tempranamente sobrecarga contaminante; sino que también que ciertas sustancias se acumulan y bioacumulan (incluso se biomagnifican hasta 10.000 veces) llegando a niveles que generan graves daños a la vida silvestre y al hombre, incluso en sitios no sospechados previamente. Por ello, necesitamos conocer los procesos involucrados, incluso cuantitativamente.

También hemos comprendido que las sustancias liberadas en el ambiente no se movilizan simplemente transportadas por el viento o el caudal del río; su comportamiento ambiental se rige por las leyes de la física y la química: se reparte entre componentes, también son transportadas advectivamente y sufren transformaciones con distintas velocidades; y principalmente cumplen con la ley de conservación de la masa, es decir podemos hacer un balance de masas aplicada al sistema ambiental, que nos permita describir donde están las distintas especies formadas o donde quedaron secuestradas, las moléculas inicialmente liberadas.

Podemos representar al ambiente como conformado por un gran número de compartimentos o fases tales como aire, suelo y agua, que varían en propiedades y la composición de un lugar a otro (espacialmente) y con el tiempo (temporalmente). Esta situación hace muy difícil de montar una descripción completa y detallada de la condición (temperatura, presión y composición) de incluso un pequeño sistema ambiental o microcosmos que consiste, por ejemplo, de un simple estanque con sedimento y diversas especies de peces y otros seres acuáticos. Lograr describir en términos cuantitativos su estado, requiere de numerosos supuestos simplificadores o declaraciones sobre el estado del medio ambiente. Por ejemplo, suponer que una fase es homogénea, o que puede estar en equilibrio con otra fase, o que no cambia con el tiempo. Un modo habitual en las ciencias exactas y naturales de explicar el funcionamiento de un sistema, es desarrollar un modelo del mismo, que permita establecer las

relaciones y procesos que allí se dan en términos cuantitativos, y a partir de éstos, establecer una formulación matemática que permita “extrapolar” esta explicación en el tiempo y el espacio, en distintas condiciones “operativas” y de este modo conocer cuál puede ser su comportamiento en diversos escenarios de interés. Por ejemplo, hasta cuanta carga de una sustancia particular se puede volcar sin comprometer la capacidad biodegradadora de un río o lago; o cual es la vía de exposición más relevante para las personas que habitan sobre un acuífero contaminado con sustancias volátiles; o bien en que compartimento se concentra con mayor facilidad un compuesto, de manera de realizar monitoreos inteligentes.

El arte de la elaboración de modelos ambientales éxito reside en la selección de un conjunto de supuestos, de manera de evitar que su descripción sea tan compleja que resulte difícil de entender, pero que sea lo suficientemente detallada para resultar útil y fiel descriptor de la realidad. Mientras que un modelo excesivamente simple suele ser engañoso, el modelo excesivamente detallado requiere del conocimiento de un muy importante número de datos referidos a las variables del mismo, y además de contar con una considerable capacidad de cálculo que incluye también “corridos” de varios días. En definitiva, lo importante es utilizar sólo el detalle mínimo necesario en favor de los procesos importantes que controlan el destino químico. De manera general, podemos definir a un modelo como una *reproducción artificial y simplificada de un sistema complejo bajo análisis, que permite observar y estimar el comportamiento de los componentes de interés en función de los parámetros que lo caracterizan y de los datos que le son incorporados*. La razón básica de usar un modelo es que su respuesta es más fácil de obtener y estudiar que la respuesta del sistema real.

Los modelos se valoran en función de la **confiabilidad de sus resultados**, en cuanto logran cumplir ciertas propiedades como **exactitud** (baja incertidumbre), **precisión** (reproducibilidad) y la **sensibilidad** (pequeños cambios obtiene distintas respuestas).

El sistema particular que estamos analizamos, nuestro sistema es el **ambiente global**, con sus compartimentos fundamentales: aire, agua, suelo, sedimentos,

biota; cada uno con sus propias características, en el cual se libera una sustancia química que será distribuida, transformada y dispuesta en su destino final. Un primer ejercicio de cuantificación podemos desarrollarlo considerando nuestro sistema está compuesto por dos compartimentos en equilibrio, en donde se introduce una sustancia pura, benceno en este ejemplo, la situación puede representarse como se presenta en la Figura 1.

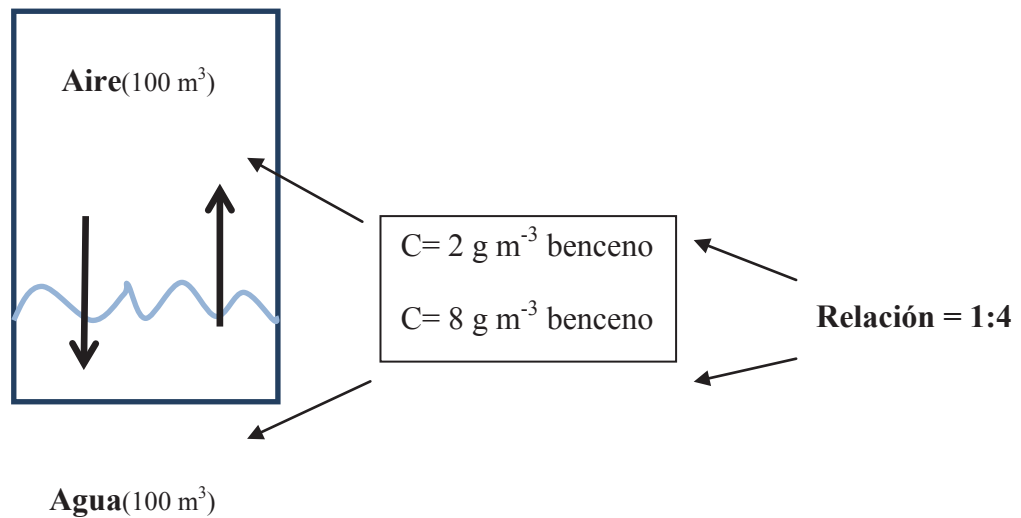


Figura 1 . Un kg de benceno es liberado en el ambiente, sistema simple dos compartimentos, equilibrio de partición (reparto)

Para analizar el comportamiento del benceno en el sistema, partimos de considerar que se trata de un reparto, y que en la medida en que el sistema está cerrado al medio externo y se permite que transcurra el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio en el reparto del benceno entre el agua y el aire, éste queda definido en los términos de la termodinámica clásica, que puede ser expresada en términos de una constante de reparto (K_{AW}), formulada a partir de las propiedades fisicoquímicas del benceno y de los dos compartimentos. En este caso, mediante la constante de Henry (H), se puede calcular K_{AW} , y a partir de un sistema simple

de ecuaciones obtenemos que 800 gramos de benceno queden en la fase agua y 200 en el aire; es decir **hay un factor 4 a favor del reparto para la fase agua.**

$$1000 \text{ (g Benceno)} = V_A C_A + V_W C_W = 100 C_A + 100 C_W = 100 (C_A + C_W) \Rightarrow C_A + C_W = 10$$

$$K_{AW} = C_A/C_W = 0,22 \text{ (H, benceno} = 556 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)}; C_A = K_{AW} \times C_W; C_A = 0,22C_W$$

$$10 = C_W + 0,22 C_W; \underline{C_W}(10/1,22) = \underline{8,2}; \underline{C_A}(10 - 8,2) = \underline{1,8}$$

Si siguiendo el mismo razonamiento, si la fase aire fuera sustituida por fase fresca libre de benceno (siempre 100 m^3), ocurriría un nuevo reparto, pero de 800 g de benceno, en condiciones equivalentes a las planteadas anteriormente, y de este modo, volviendo a utilizar el esquema de cálculo aplicado anteriormente, los nuevos valores serían $6,4 \text{ g m}^{-3}$ (640 g totales) en agua y $1,6 \text{ g m}^{-3}$ (160 g totales) en aire, manteniendo el factor 4. Y esto es así, porque el reparto está regido por K_{AW} que es independiente de la masa inicial del benceno y de los volúmenes de las fases analizadas, como ocurre normalmente con las constantes termodinámicas, la condición es permitir que el sistema alcance el equilibrio.

Si nuestro sistema es más complejo, por ejemplo consta de cuatro compartimentos: aire, suelo, agua y sedimentos (ver Figura 2), es necesario considerar los múltiples repartos, lo cual viene facilitado considerando como condición inicial el sistema cerrado al exterior y en equilibrio, como se planteó para el caso anterior.

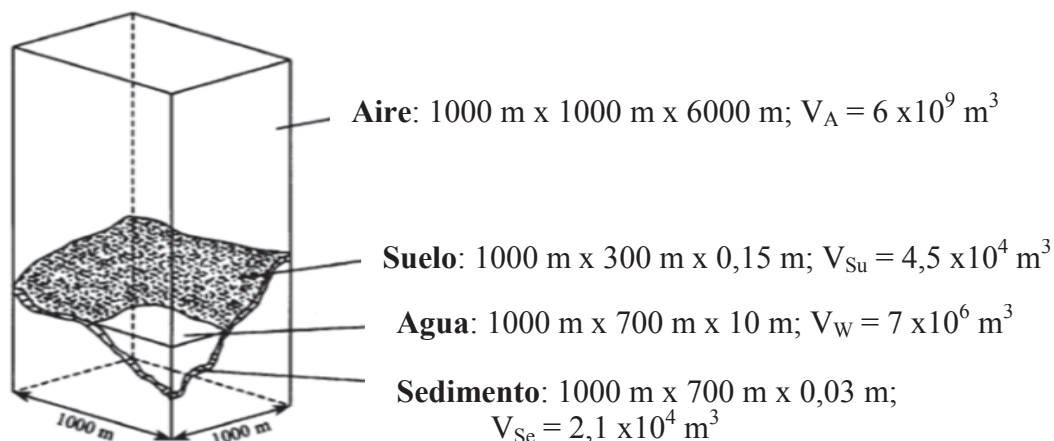


Figura 2. Sistema de cuatro compartimentos simples en equilibrio. En la superficie, suelo 70% y agua 30%; 15 cm de profundidad para suelo, 3 cm para sedimento

La complejización puede continuar, por ejemplo considerando un sistema de ocho compartimentos (Figura 3), en donde se pone en evidencia una descripción más ajustada a los sistemas naturales, por ejemplo al considerar los tres componentes básicos del suelo: sólido, aire y agua. También aquí podemos partir de consideraciones equivalentes a las anteriores y describir el proceso de reparto de manera cuantitativa a partir de sus respectivas constantes de reparto, sin embargo una condición fundamental será mantener la homogeneidad en las unidades en la formulación de cada una de las constantes que se planteen. Nótese incluso que sólo si incorporamos distintos tipos de sólidos en el suelo (por ejemplo arcillas, materia orgánica, zona radicular de las plantas presentes, todos distintos por los mecanismos que prevalecen en cada caso en la interacción con la sustancia analizada) la complejidad sigue creciendo, y justificadamente.

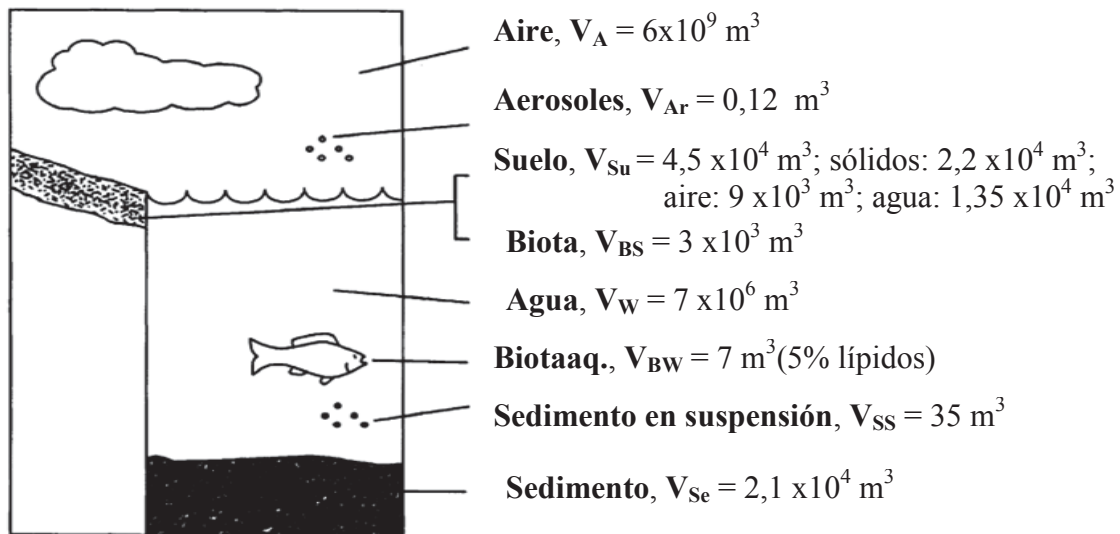


Figura 3. Sistema de **ocho compartimentos simples** en equilibrio, a partir del anterior, incorpora la biota, los subcompartimentos de suelo (sólidos, aire y agua) y los aerosoles.

Por lo expuesto, una **exactitud mayor** (una descripción del sistema mucho más próxima a la realidad que se intenta explicar/interpretar) exige una **complejidad superior**.

- Mayor **complejidad**: capacidad descriptiva y predictiva mayor, mecanismos más refinados con un incremento en las variables (parámetros) que se requieren, en la cantidad y calidad de datos necesarios.
- Sin embargo, no es posible continuamente ganar en la exactitud aumentando la complejidad de los modelos. La mayor complejidad está asociada también con un aumento en la incertidumbre total del modelo.
- ***A no ser que el tiempo y los recursos disponibles sean infinitos, un compromiso en términos de complejidad es necesario para alcanzar un nivel óptimo de incertidumbre, como ocurre en estos casos.***

De manera general, para estimar la distribución de un contaminante liberado en el ambiente entre compartimentos del ecosistema debe considerarse:

- Los **parámetros fisicoquímicos específicos** de la sustancia bajo análisis, que le otorgan mayor o menor afinidad por los distintos compartimentos (aire, agua, suelo, biota) y su concentración o flujo másico de ingreso y de egreso (incluyendo pérdida por degradación, adsorción, complejación, etc.)
- El **número y dimensiones de los compartimentos en estudio** y los valores de las propiedades que determinan la distribución del contaminante en cuestión
- Los **mecanismos de eliminación o degradación** (hidrólisis, fotólisis, oxidación/reducción, degradación microbiana, etc.), o **acumulación** de cada compuestos en cada compartimento
- Si se incluyen **procesos de advección** (transporte facilitado o impulsado externamente)
- Si la concentración de contaminantes y su emisión depende del tiempo.
- Todas estas consideraciones integrando e **enlazando mediante formulaciones matemáticas coherentes** y asociadas, de manera de constituir un modelo descriptivo completo.
- Además de, en un paso posterior, las **cinéticas de cada proceso**, de manera de justamente poder analizar la evolución del sistema en su totalidad, hasta el estado estacionario.
- Un paso posterior de complejización, consiste en considerar que los **intercambios no son directos o instantáneos**; e incluso asumir que los no todos los compartimentos se encuentran en equilibrio o estado estacionario.

2. Modelos multimediales

La naturaleza interdependiente de los procesos ambientales (transporte, transformación y destino de las sustancias químicas) requieren un acercamiento que describa las interacciones entre los componentes aparentemente distintos del sistema ambiental. Hay que tratar la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera como un sistema integrado, no como componentes aislados.

En la propuesta de los modelos multimediales el ambiente es considerado conformado por **compartimentos homogéneos** (subsistemas, fases) **que intercambian materia y energía entre sí**, dando lugar a 4 modelos básicos de complejidad creciente, en función de las propiedades consideradas en cada compartimento y sus interfases, el tipo de interacción que regula el intercambio (equilibrio/estado estacionario / estado no estacionario) y si se trata de un sistema abierto o cerrado (Figura 4).

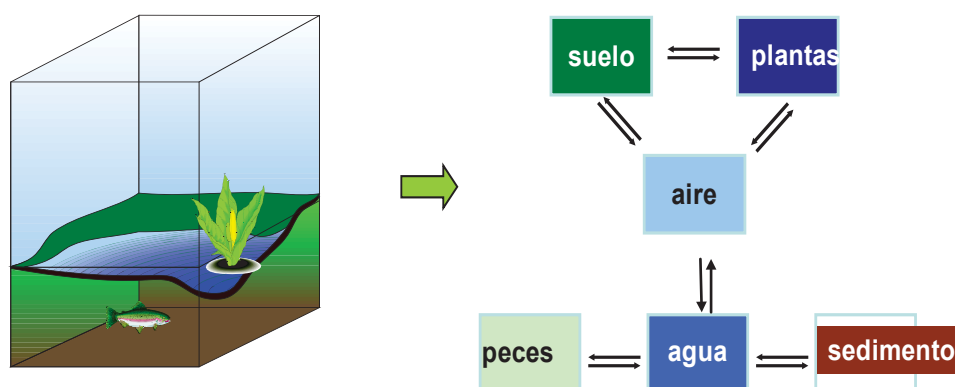


Figura 4. Esquema de seis **compartimentos simples** en equilibrio, con las interacciones entre ellos

La fase puede ser continua (aire, agua) o partículas que no están en contacto, pero residentes en una misma fase: material particulado (aerosoles), o la biota en el agua. Las fases pueden ser químicamente similares, pero diferentes físicamente, por ejemplo, la troposfera o inferior de la atmósfera, y la estratosfera o en la alta atmósfera. Es conveniente agrupar a toda la biota junta dentro de cada fase.

Si los compartimentos están en contacto la sustancia química puede migrar entre ellos (aire y agua), en otros que no están en contacto (aire-sedimentos), la transferencia directa no es posible. Algunas fases son accesibles en poco tiempo a la migración de sustancias químicas (aguas superficiales), pero otros sólo son accesibles lentamente (el profundo lago o aguas oceánicas), o efectivamente no del todo (por ejemplo, suelo, profundo o roca).

Para estimar la distribución de un contaminante liberado en el ambiente entre compartimentos del ecosistema (compartimentalización) debe considerarse:

- ✓ Sus parámetros fisicoquímicos específicos que le otorgan mayor o menor afinidad por los distintos compartimentos (aire, agua, suelo, biota) y su concentración o flujo másico de ingreso y de egreso (incluyendo pérdida por degradación, adsorción, complejación, etc.)
- ✓ Las dimensiones de los compartimentos en estudios y los valores de las propiedades que determinan la distribución del contaminante en cuestión
- ✓ Todo ello integrado e enlazado mediante formulaciones matemáticas coherentes y asociadas, de manera de constituir un modelo descriptivo.

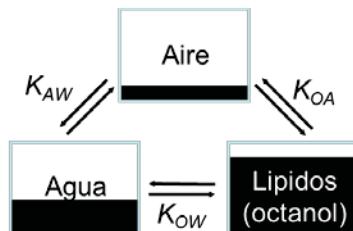
3. Principales procesos ambientales de distribución de compuestos químicos

3.1. Partición:

En función de su afinidad por las distintas fases (aire, agua (superficial - subterránea), suelos, sedimentos, plantas, etc.) los productos químicos se reparten y si se establece la situación de equilibrio termodinámico se pueden definir constante específicas, o coeficientes de reparto, K , que dependen de la sustancia y las propiedades de las fases.

$$K_{ij} = \frac{C_i}{C_j}$$

Coeficiente de partición entre las fases i y j



Equilibrios de partición entre tres compartimentos y constantes involucradas

Y estos coeficientes de reparto, puede calcularse mediante parámetros termodinámicos de cada sustancia. K_{AW} se relaciona con la presión de vapor, la constante de Henry y la solubilidad en agua; K_{OW} con la solubilidad en agua y en octanol, K_{oc} (partición entre agua y suelo o sedimento) con la solubilidad en agua y la afinidad por la fracción de carbono en suelo o sedimentos; K_{OA} . Con la presión de vapor y la afinidad por octanol.

3.2. Transporte y Transformación

Se consideran ambos procesos equivalentes a cinéticas, en general de primer grado, que facilita el tratamiento matemático asociado.

- **Advección:**

Denominación utilizada para englobar los flujos direccionados en un medio fluido, como por ejemplo el viento o la corriente de agua. Su descripción está basada en la primera ley de la termodinámica (conservación de la energía). Es un ejemplo clásico de ingreso y/o egreso de contaminantes en un compartimento impulsado por el movimiento direccionado del propio medio. La concentración de la sustancia de interés se distribuirá en el espacio en función del tiempo y la velocidad del flujo, y puede ser expresada en forma de ecuación diferencial como:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x}$$

- **Difusión**

A nivel microscópico (molecular) está determinada por el movimiento azaroso e isotrópico de mezclado de las moléculas presentes (movimiento Browniano). Está basado en la segunda ley de la termodinámica (entropía). Se encuentra condicionado también por las propiedades de las moléculas y el medio en el cual se encuentran.

- **Dispersión**

Proceso dinámico de tipo macroscópico determinado por el flujo predominante en el medio, con velocidades superiores en varios órdenes de

magnitud respecto a la difusión. También reconocido como mezcla turbulenta o difusión por remolinos.

De modo general, se puede **dar cuenta de ambos procesos** mediante la ecuación:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = (D_{Diff} + D_{Disp}) \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

- **Degradación**

Se plantean en general cinéticas de primer orden:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\lambda C$$

Combinando los procesos de transporte reseñados, podemos escribir:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda C$$

De manera general, la consideración sistemática y cuantitativa de los procesos intervinientes puede desarrollarse a partir de una Ley fundamental de la química, el principio de conservación de la masa enunciado inicialmente por Lavoisier, *la masa no se crea ni se destruye, sólo se transforma*, y plantear un balance de masas en términos de su variación en el tiempo y los procesos involucrados, como se muestra en la Figura 5.

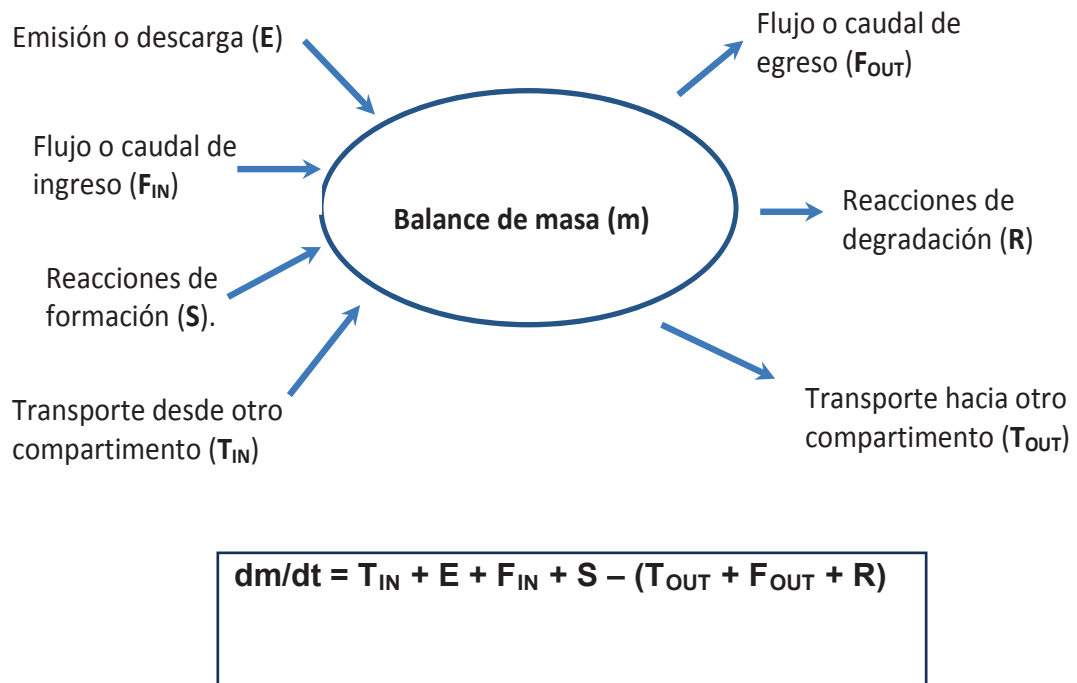


Figura 5. Balance de masa en función de los principales procesos de transporte y degradación

Un ejemplo específico para los procesos de transporte y degradación para el compartimento agua superficial pueden observarse en la Figura 6

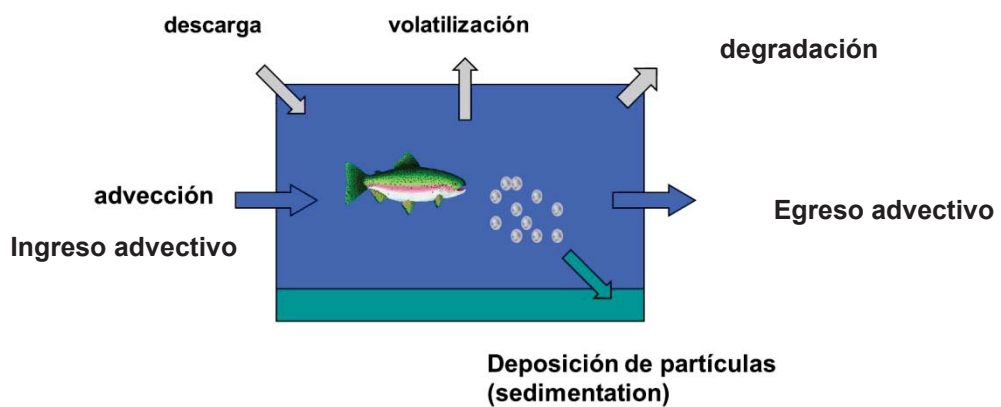


Figura 6. Esquema de los principales procesos de transporte y degradación en el agua

La coherencia de unidades en la ecuación diferencial de balance de masas, considerando los diversos procesos involucrados, se logró mediante el uso de la fugacidad y su definición en todos éstos a partir de los parámetros fisicoquímicos asociados a cada proceso.

La **fugacidad** puede definirse como la tendencia a escapar de una fase, análoga a la presión de vapor, en pascales. Fue presentado por G.N. Lewis en 1901 como un criterio de equilibrio. Es similar al potencial químico, pero a diferencia de potencial químico, no es proporcional a la concentración del compuesto en estudio. La fugacidad (f) tiene unidades de presión (pascales) y puede ser visto como la presión parcial que ejerce un compuesto químico para escapar de una fase y migrar a otra. La fugacidad cumple un papel equivalente a la temperatura en el estado de equilibrio térmico de las fases y en la revelación de la dirección de la transferencia de calor. La aplicación del concepto de fugacidad de modelos ambientales. Una descripción más detallada se puede encontrar en la bibliografía recomendada.

Cuando se alcanza el equilibrio un producto químico llega a valores de fugacidad comunes en todas las fases, pero en general se corresponde a concentraciones distintas en cada fase. Así por ejemplo, en el ejemplo de la Figura 1, la fugacidad para el benceno en aire y agua tiene los mismos valores, pero sus concentraciones mantienen una relación 1:4. El uso de la fugacidad revela de inmediato la partición de una sustancia química entre las fases y la posible dirección de la transferencia difusiva. Además, la magnitud de la diferencia fugacidad controla la velocidad de transferencia no advectiva, por ejemplo para la volatilización.

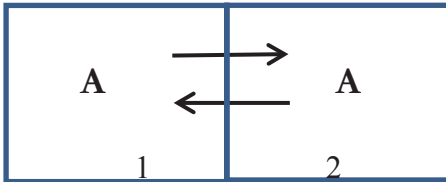
La relación entre fugacidad (f , Pa) y concentración (C , molm^{-3}) se expresa mediante la ecuación: $C = Zf$, Z (capacidad de fugacidad), con unidades de $\text{molm}^{-3}\text{Pa}^{-1}$. Elevados valores de Z corresponden a un producto químico de gran afinidad por una fase. Para establecer los valores de Z para cada producto químico en cada fase, comenzamos con la fase aire, aplicando la Ley de los gases ideales: $PV = nRT$, con P como presión o fugacidad en nuestro caso. V es

el volumen del aire, n es el número de moles de la sustancia; R es la constante de los gases ideales ($8.314 \text{ Pam}^3/\text{molK}$), y T es la temperatura absoluta (K). $C = n/V$, y $C = Zf$; $\mathbf{C/f=Z=n/PV=1/RT}$, si subíndice A indica la fase aire;

En términos de fugacidad: $Z_A = 1/RT = C_A/f_A$.

Por lo tanto, **para toda sustancia química en el aire $Z_A = 0.000402 \text{ molm}^{-3}\text{Pa}^{-1}$**

Definida Z_A , podemos definir otros Z , considerando el reparto de un compuesto A entre dos fases en equilibrio, en este caso aire (1) y agua (2).



Condición de equilibrio $f_{A,1} = f_{A,2}$ ($f_A = C_A / Z_A$); $C_{A,1} / Z_{A,1} = C_{A,2} / Z_{A,2}$

$$K_{1,2} = C_{A,1} / C_{A,2} \quad ; \quad K_{1,2} = Z_{A,1} / Z_{A,2}$$

Para nuestro equilibrio $K_{AW} = Z_A / Z_W = 0,0004 / Z_W$; conociendo el valor de K_{AW} , calculamos Z_W

El uso de los coeficientes de reparto y los valores calculados para Z , permiten deducir los valores de Z para el producto químico en otros medios como suelo, peces (biota) y sedimentos si se conocen los valores de los K correspondientes. Debe asegurarse que los coeficientes de reparto sean adimensionales ($K=C1/C2$), para ello hay que trabajar siempre con las mismas unidades, en el sistema SI, en general para concentraciones, mol/m^3 o g/m^3 .

Una descripción muy conveniente hidrofobicidad o lipofilicidad química es K_{ow} , el coeficiente de reparto octanol-agua, relación entre Z_o y Z_w , $K_{ow} = C_o/C_w$

= Z_{fo}/Z_{fw} . El octanol es comúnmente usado como descriptor de lípidos y materia orgánica en el medio ambiente. K_{OW} se utiliza en las correlaciones para describir el reparto de agua en los lípidos de peces y otros organismos, e incluso para estimar el coeficiente de K_{OC} de carbono orgánico es la clave para la estimación de los coeficientes de reparto de agua del suelo y los sedimentos de agua para muchos compuestos.

Se han desarrollado correlaciones para coeficientes de reparto de varios productos químicos orgánicos como una función de propiedades químicas tales como la solubilidad en agua, K_{ow} y presión de vapor. Estos pueden ser utilizados para calcular otros valores de Z , como se muestra en la Tabla 1. Se debe tener precaución al utilizar estas correlaciones para sustancias químicas con propiedades tales como ácidos o bases ionizantes, detergentes, colorantes y polímeros, una justificación detallada que se da en la bibliografía recomendada.

| Compartimento | Código | Parámetros relacionados | Ecuación |
|--|--------|---|--|
| Aire | Z_A | Ley gases ideales | $Z_A = R^{-1}T^{-1} = 1/8,341 \times 298$ $Z_A = 0.0004 \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ |
| Agua | Z_W | H (constante Henry) S_W (solubilidad) P_V (Presión de vapor) | $Z_W = S_W P_V^{-1} = 1/H; \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ |
| Sorbente sólido (suelo, sedimento, sólidos suspensión) | Z_S | K_p : coeficiente de partición (L kg ⁻¹) δ : densidad (kg L ⁻¹) | $Z_S = K_p \delta H^{-1}; \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ |
| Biota | Z_B | K_b : factor de bioconcentración (L kg ⁻¹) δ : densidad (kg L ⁻¹) | $Z_B = K_b \delta H^{-1}; \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ |
| Octanol | Z_O | K_{OW} : coeficiente octano - agua | $Z_O = K_{OW} H^{-1}; \text{ mol m}^{-3} \text{ Pa}^{-1}$ |

Tabla 1. Definiciones de Z y relaciones entre los valores de Z y coeficientes de partición

4. Emisión, transporte y degradación de contaminantes en el ambiente. Parametrización

Todos los procesos de transporte de contaminantes se expresan en unidades de mol h⁻¹.

En el caso más simple, la advección, su velocidad de transporte “N”, se define como el producto entre el caudal o velocidad del fluido (viento, agua) “G” y la concentración del compuesto en ese medio; $N(\text{mol h}^{-1}) = G (\text{m}^3 \text{h}^{-1}) C (\text{mol m}^{-3})$. Esto mismo puede extenderse a situaciones de advección específica, o transferencia de material entre compartimentos, como deposición seca o húmeda de material particulado de aire, decantación/resuspensión de sólidos en suspensión en agua, volatilización, disolución por lluvias, etc., en las cuales en vez de caudal, se utiliza la constante específica de transporte.

Del mismo modo se pueden expresar las *emisiones de contaminantes*, la tasa de emisión “E”, se puede definir como $E (\text{mol h}^{-1}) = G C$.

Un caso particular que puede analizarse desde una perspectiva equivalente es el de las reacciones degradativas, incluyendo reacciones de hidrólisis, oxidoreducción, fotólisis y biodegradación, en general analizadas como cinéticas de primer orden, con k_R como la constante específica de reacción (h⁻¹): $v_R = k_1 C + k_2 C + \dots + k_n C = C k_T$ (mol m⁻³ h⁻¹).

Puede también expresarse en término de mol h⁻¹, para un compartimento de volumen V, como: $v_R (\text{mol h}^{-1}) = V C k_T$; $v_R = V Z k_{Rf}$; $v_R = D_{Rf}$

En todos los casos, los procesos quedan definidos por el producto $GC = GZf$; o bien $V C k_R = V Z f k_{Rf}$, en tal sentido resulta de gran utilidad definir un *nuevo parámetro* $D (\text{mol h}^{-1} \text{Pa}^{-1}) = GZ = V Z k$, que por lo tanto da cuenta de la velocidad

de transferencia de una fase a otra, de ingreso por emisión o advección, o de degradación. De este modo se logra homogeneidad de unidades para todos estos procesos de transporte. Finalmente, las tasas de transporte de productos químicos se calculan mediante el producto de la fugacidad y D. Así el producto $D_R \times f$ ($\text{mol h}^{-1} \text{ Pa}^{-1} \times \text{Pa}$) define la *velocidad de reacción* (mol h^{-1}). Las tasas de *emisión* (E) se definen como $D_E f$; y la tasa *advección* N por $D_N f$, siendo $D_N = GZ$ para el caso de procesos advectivos generales, y $D = VZk$, para los específicos.

$$v = D_R f \text{ (mol h}^{-1}\text{); } E = D_E f \text{ (mol h}^{-1}\text{); } N = D_N f$$

Otro caso particular, que puede ser resuelto recurriendo a la misma lógica, consiste en la difusión de un compuesto químico entre dos compartimentos contiguos, i y j, que puede analizarse considerando el balance entre dos procesos de transporte opuestos con velocidades D_{if} y D_{jf} ; $v_D (\text{mol h}^{-1}) = D_{ij} (f_i - f_j)$. Así, por ejemplo para la difusión entre aire y agua, $D_{AW} = A / (1/k_A Z_A + 1/k_W Z_W)$, donde A es el área superficial y k los coeficientes de transferencia de masa.

5. Serie Level

La naturaleza interdependiente de los procesos ambientales (transporte, transformación y destino de las sustancias químicas) requieren un acercamiento que describa las interacciones entre los componentes aparentemente distintos del sistema ambiental. Hay que tratar la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera como un sistema integrado, no como componentes aislados.

En la propuesta de los modelos multimediales el ambiente es considerado conformado por compartimentos homogéneos (subsistemas) que intercambian

materia y energía entre sí, dando lugar a 4 modelos básicos de complejidad creciente, en función de las propiedades consideradas en cada compartimento y sus interfases, el tipo de interacción que regula el intercambio (equilibrio/no equilibrio) y si se trata de un sistema abierto o cerrado.

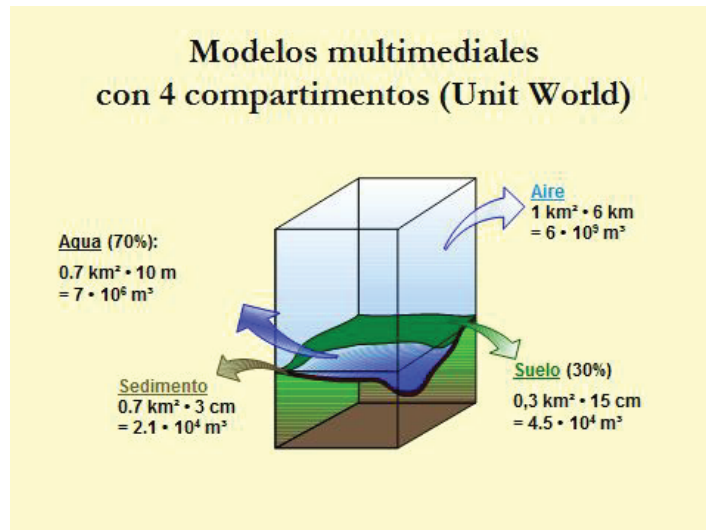


Figura 7. Representación esquemática de modelo multimediale con cuatro compartimentos

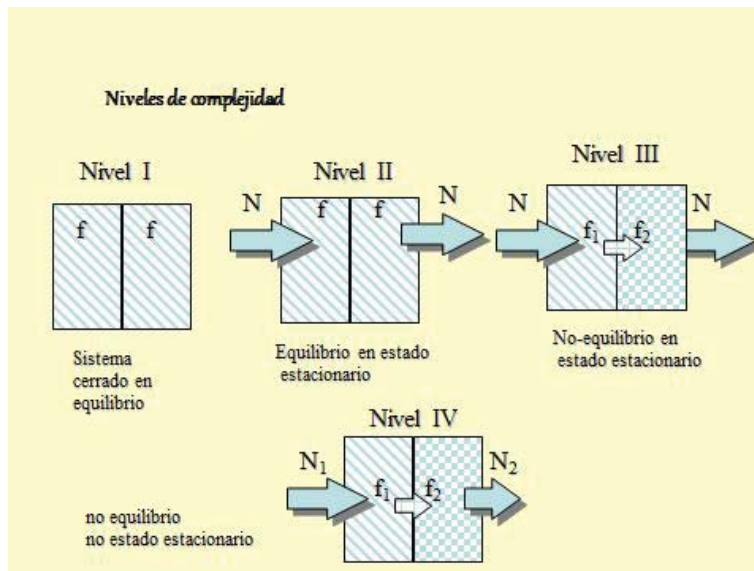


Figura 8. Representación esquemática de los distintos niveles de complejidad presentados en la serie Level

5.1. LEVEL I: sistema cerrado en equilibrio

Nivel más bajo de complejidad. En este nivel, la concentración de sustancias químicas en los distintos compartimentos es descripta como un sistema de equilibrio de masa simple dentro de un sistema ambiental cerrado, con un número finito de compartimentos.

Los resultados del nivel proporcionan los lineamientos básicos de la influencia de las propiedades del contaminante considerado y de los compartimentos ambientales en el transporte, en su comportamiento ambiental y una evaluación rápida de la distribución y destino de dicho contaminante.

Dada su simplicidad, este tipo de modelos no logran describir adecuadamente procesos de cierta complejidad tales como la persistencia general del contaminante y su potencial transporte entre distintos sistemas ambientales o ecosistemas más alejados.

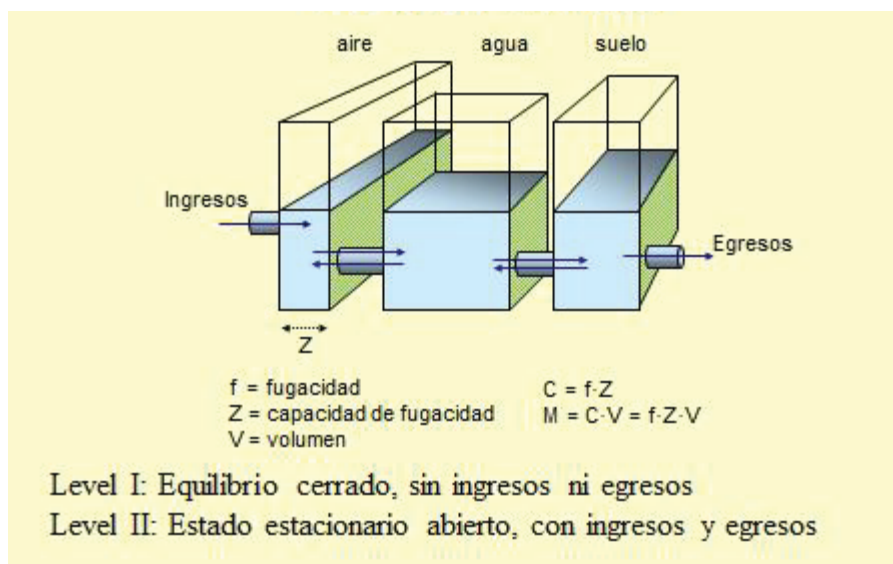


Figura 9. Representación esquemática de los intercambios de niveles I y II, serie Level.

Una simulación Level I es de la distribución de equilibrio de una cantidad fija de sustancia química, en un ambiente cerrado en equilibrio, sin reacciones de degradación, ni procesos de advección, o procesos de transporte entre compartimentos o fases (deposición húmeda, o sedimentación). Considera siete compartimentos: aire y aerosoles; agua, biota, sólidos en suspensión y sedimentos; suelo.

El medio de recepción de la emisión es importante porque el contaminante se supone que se distribuye de forma instantánea a una condición de equilibrio.

Las propiedades físico-químicas se utilizan para cuantificar el comportamiento de una sustancia química en un ambiente de evaluación. Tres tipos de sustancias químicas se tratan en este modelo: los productos químicos que particionan entre todos las fases (tipo 1), los productos químicos no volátiles (tipo 2), y productos químicos con solubilidad mínima, prácticamente nula (Tipo 3).

Clasificación de las sustancias químicas:

| | Propiedad | Parámetro clave | Ejemplo |
|---------|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Clase 1 | Hidrofilia, volatilidad, reparto líquido. | H ₂ O Solub., H, Kow, Pv. | Hidrocarburos clorados |
| Clase 2 | Reparto a fase sólida (%C), prop. Anfipáticas. | Kp, Koc | Detergentes, plomo tetraetilo. |
| Clase 3 | Reparto a fase sólida desde aire o fase pura. | | Eicosano |
| Clase 4 | Sorción | | Polietileno |
| Clase 5 | Especiación | | Metales, pentaclorofenol. |

Tabla 2. Tipos de sustancias organizadas en función de sus propiedades fisicoquímicas

Level I asume un ambiente simple de evaluación, con volúmenes definidos por el usuario y las densidades homogéneas de los compartimentos: aire, agua, suelo, sedimentos, peces sedimento en suspensión, y los aerosoles.

Este modelo es útil para establecer las características generales de comportamiento de un producto químico nuevo o existente. Un cálculo inicial, da la percepción general de la distribución y destino que probablemente sufra una sustancia química y una indicación de las concentraciones relativas de cada medio. Asimismo pueden explorarse los resultados de los cambios en las propiedades químicas y ambientales.

Los datos de entrada requeridos son:

1. Propiedades químicas: nombre producto, masa molecular, temperatura
 - *Tipo 1*: solubilidad en agua, P vapor, log Kow, punto de fusión
 - *Productos químicos tipo 2 y 3*: coeficientes de partición
2. Propiedades del medio ambiente:
 - Volúmenes y densidades de los 7 compartimentos
 - El contenido de carbono orgánico (suelo, sedimentos y sólidos en suspensión)
 - contenido en lípidos de biota (sustancias químicas de tipo I)
3. Emisiones: cantidad de sustancia química en análisis

Datos que ofrece:

- Coeficientes de reparto (tipo 1)
- Valores de Z
- Fugacidad del sistema
- Las concentraciones y los importes de cada compartimiento
- Un diagrama de resumen

5.2. LEVEL II: sistema abierto en equilibrio

En este nivel la concentración de sustancias químicas en los distintos compartimentos está descrita como un sistema de equilibrio de masa simple dentro de un sistema ambiental abierto, con un número finito de compartimentos, se suma la transformación química y el transporte en cada compartimiento, por difusión y advección.

Las fuentes del contaminante son presentadas como entradas continuas al sistema, pero no es posible distinguir liberaciones de un compartimento a otro. Es posible incorporar transformaciones químicas de tipo biótico o abiótico, incluyendo procesos de biotransformación, fotólisis, hidrólisis, la transformación, y óxido-reducción. La velocidad de transformación del contaminante determina su persistencia. Por tal motivo, son los modelos más simples capaces de calcular persistencia y transporte a ecosistemas lejanos de los compuestos analizados.

5.3. LEVEL III: sistema abierto en estado estacionario

Un modelo nivel III incluye las velocidades de transporte intermedio entre los compartimentos ambientales (interfase). La condición de equilibrio de masa es aplicada a cada compartimento ambiental. Esto requiere la cuantificación de la difusión y advección en las fronteras de cada compartimento. Aunque no haya ninguna exigencia para el equilibrio de reparto, entre los compartimentos adyacentes se asume que las sustancias químicas alcanzan el reparto entre las fases disponibles dentro de un compartimento.

Estos modelos resultan de gran utilidad para evaluar el modo con el cual una sustancia química ingresa al ambiente (en cual compartimento) y como afecta su persistencia y su transporte a ambientes alejados.

Esta estructura es la utilizada por la mayoría de los modelos regionales desarrollados por las agencias ambientales de los países industrializados, es el

caso del ChemCAN (EPA Canada), SimpleBOX (Holanda), EUSES (Unión Europea) y CalTOX (US EPA California) que en realidad combina level III y level IV

Una simulación Level III permite describir una situación de modo más complejo y realista que el anterior. Como ocurre con Level II, la sustancia química se descarga continuamente a una velocidad constante y alcanza una condición de estado estacionario en el que las tasas de entrada y salida son iguales. Los procesos de pérdida son las reacciones de degradación y advección.

A diferencia del Level II, el equilibrio entre las fases no se cumple y, en general, cada medio se encuentra en una fugacidad diferente. El balance de masa se aplica sólo a cada compartimento. Los valores del transporte interfase se calculan utilizando los valores de D a partir de la información sobre los coeficientes de transferencia de masa, las zonas, las tasas de deposición y resuspensión, las tasas de difusión, y las tasas de escorrentía del suelo.

Resulta esencial definir las entradas a cada medio por separado, mientras que en Level II sólo considera la tasa de total. Se calculan los balances de masa para los cuatro compartimentos: el aire (gas + aerosol), agua (solución + sedimentos en suspensión + biota), el suelo, (sólidos + aire + agua), y los sedimentos (sólidos + agua de poro). Se asume una situación de equilibrio en el interior, pero no entre las fases. Por ejemplo, el agua intersticial y los sólidos están en equilibrio en el sedimento, pero no ocurre lo mismo entre el sedimento y agua suprayacente.

Las propiedades físico-químicas permiten cuantificar el comportamiento de la sustancia en el ambiente de evaluación. Tres tipos de sustancias se tratan en este modelo: partición en todas las fases (tipo 1), los no volátiles (tipo 2), y sustancias prácticamente insolubles en agua solubilidad (Tipo 3). El modelo NO puede tratar iones ni equilibrios de especiación.

Level III supone un entorno sencillo, con volúmenes de evaluación definidos por el usuario y las densidades de los siguientes compartimentos (homogéneos): aire, agua, suelo, sedimentos, peces sedimento en suspensión, y aerosoles.

Este modelo da una descripción más realista del destino de un producto químico, incluyendo importantes pérdidas por degradación y advección, además de los procesos de transporte interfase. La distribución de las sustancias química entre las fases depende desde donde se introduce en el sistema: por aire, por agua, o ambos. El modo de entrada también afecta al tiempo de persistencia o de residencia. Se calculan tres tipos de persistencias: valor global T_o ; persistencias individuales (atribuible a reacciones de degradación) T_R y la asociada sólo a advección, T_A . Con $1/T_o = 1/T_R + 1/T_A$.

Las tasas de transporte interfaciales son controladas por una serie de 12 velocidades de transporte. Se necesitan los valores correspondientes a las vida media de reacción para las 7 fases y subfases (aire/aerosoles; agua/SS/biota; suelo, sedimento).

El tiempo de residencia “advectivo” seleccionados para el aire también se aplica a los aerosoles y el tiempo de residencia del agua se aplica a los sedimentos en suspensión y los peces. El tiempo de residencia “advectivo” de aerosoles, sedimentos en suspensión y biota no se puede especificar de forma independiente de los correspondientes al aire o al agua.

Datos requeridos:

Propiedades químicas: nombre del compuesto, peso molecular, temperatura, vida media para aire, agua, suelo, sedimentos, aerosoles, sedimentos en suspensión, biota acuática. *Tipo 1:* solubilidad en agua, P_v , $\log K_{ow}$, P fusión. *Tipo 2 y 3:* coeficientes de partición

Propiedades ambientales: Volumen de todas los compartimentos, densidad de los sub-compartimentos, contenido de carbono orgánico de suelo, sedimentos y sólidos en suspensión y contenido de lípidos en biota acuáticas (sustancias químicas de tipo I).

Tiempos de residencia advectivo para todos subcompartimentos: caudal de aire (incluidos los aerosoles), de agua (incluidos los sedimentos en suspensión y la biota acuática) y sedimentos (burial); coef. de transferencia aire/agua y aire/suelo, tasa de lluvia, velocidad de deposición de aerosoles (húmedos y secos combinados); coeficiente de transferencia agua/suelo y agua/sedimento; velocidad de deposición de sedimentos, velocidad de resuspensión de sedimento, tasa de escurrimiento.

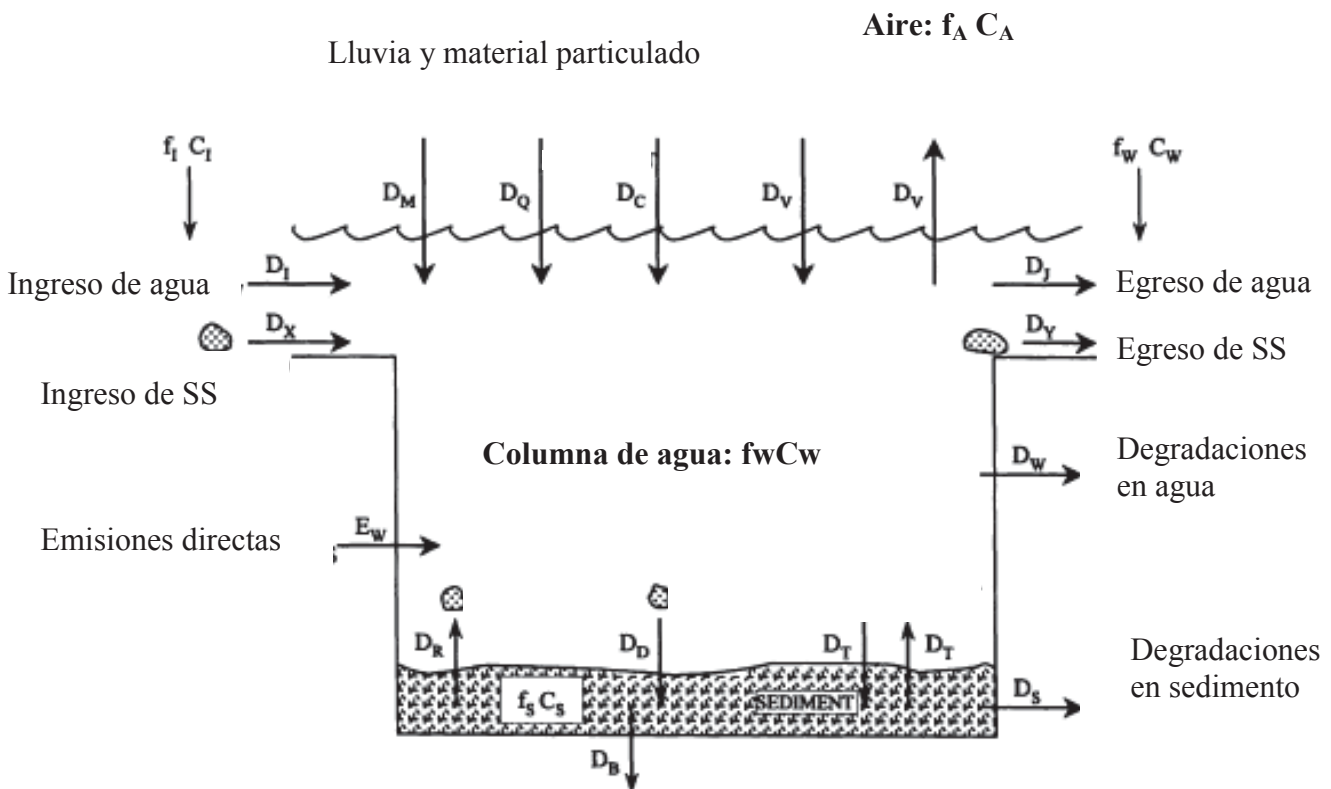
Emisiones:

Tasas de insumos químicos para cada medio, o concentraciones de entrada en aire y agua

Resultados brindados por el modelo:

Coeficientes de reparto (tipo 1), Z, valores de fugacidad de cada uno de los tipos interfase, valores de D de transporte, de reacción y de advección; tiempos de residencia o persistencias (general, de reacción, y de advección) y las concentraciones y cantidades de cada medio de un diagrama de resumen. Este programa sólo está disponible en forma compilada. Un archivo "readme.txt" con más información técnica detallada se incluye en el archivo comprimido.

Un buen ejemplo de este nivel es el **modelo QWASI**. A continuación se presenta un esquema que ilustra los procesos descriptos.



Otros procesos: D_M : lluvia; D_Q : deposición de partículas secas; D_C : deposición de partículas húmedas; D_V : absorción (fase gas en agua) o volatilización (fase agua a aire); D_R : resuspensión de sedimento; D_B : enterramiento (pase a sector inerte de sedimento); D_D : sedimentación de SS; D_T : difusión sedimento/agua.

Figura 10. Procesos de transporte y transformación incluidos en el modelo QWASI, considerando tres compartimentos: aire, agua y sedimentos

5.4. LEVEL IV: sistema dinámico abierto

Un modelo nivel IV quita la suposición de condiciones fijas. Las velocidades de transformación y de transporte intermedio entre compartimentos son usadas para definir una descripción dependiente de tiempo para la distribución de masas.

La velocidad de ingreso de la sustancia química en cada compartimento puede ser continua o variando tiempo. Esto permite la evaluación de efectos transitorios, tales como variaciones estacionales en emisiones y/o condiciones de suelo y clima.

Esta estructura es la utilizada por los modelos multizonales, que dan cuenta del transporte entre regiones y ecosistemas y de la persistencia. Es el caso de los modelos denominados BETR, GloboPop, CliMoChem

6. Modelos de dispersión de contaminantes en aire

6.1. Dispersión de contaminantes en el aire

Una vez que los contaminantes se vierten a la atmósfera tiene lugar su dispersión. Influye en forma decisiva en los niveles de inmisión y por lo tanto en el grado de contaminación a que se ven sometidos los componentes de la biosfera.

Cualquier punto geográfico se ve sometido a niveles de inmisión que dependen de:

- Existencia de fuentes emisoras en el entorno cercano
- Posibilidad de difusión de las emisiones

Para estudiar la dispersión de los contaminantes en el aire es importante conocer las características del medio ya sea emisor, receptor o difusor. A continuación se describen algunas características que se deben conocer de los mismos:

6.1.1. Medio emisor:

- **Tipo de focos emisores:** las fuentes de emisión pueden ser puntuales, difusas, areales o volumétricas
- **Datos de emisión:** se obtienen de lecturas directas de monitoreos continuos o discontinuos en chimeneas, de medidas indirectas o de medidas teóricas (cálculos estequiométricos, factores de emisión)
- **Otras variables:** temperatura de salida del gas, caudal de emisión, velocidad de salida

6.1.2. Medio receptor:

- **Entorno a estudiar:** se debe definir el radio de cobertura, la altura a la que se encuentra, si corresponde a sector urbano o rural, si existen edificios, montañas, zonas costeras, entre otros
- **Áreas de sensibilidad:** la existencia en el entorno de las mismas hace que en ocasiones se sometan a condiciones más restrictivas. Una zona poblada constituye un área de sensibilidad y dentro de ella la presencia por ejemplo de jardines de infantes, escuelas u hospitales aumentan el grado de sensibilidad de dicha zona

6.1.3. Medio difusor:

En la dispersión de los contaminantes influyen factores climáticos y topográficos

Factores climáticos:

- Velocidad y dirección del viento
- Temperatura y humedad relativa del aire
- Turbulencia
- Radiación solar

El conjunto de todos ellos se traduce en una atmósfera con diferente grado de estabilidad.

Las categorías de estabilidad de Pasquill- Gifford aunque presentan las desventajas de cualquier tratamiento discontinuo de un fenómeno natural, siguen utilizándose profusamente dado que hay un gran número de correlaciones de parámetros atmosféricos basados en ellas, y son una solución de compromiso cuando no se dispone de sistemas de medida que proporcionen información más concreta sobre estos parámetros (por ejemplo, la turbulencia atmosférica).

Pasquill propuso seis categorías de estabilidad:

- A extremadamente inestable
- B moderadamente inestable
- C ligeramente inestable
- D neutral
- E ligeramente estable
- F moderadamente estable

El método diseñado por Pasquill permite asociar a cualquier situación atmosférica, alguna de las seis categorías.

Los factores determinantes de las clases de estabilidad son:

- ✓ La velocidad del viento.
- ✓ La nubosidad.
- ✓ El flujo neto de radiación que llega a la Tierra, que afecta al gradiente térmico vertical, la presencia o ausencia de actividad convectiva y la dinámica de la capa de mezclado

Factores topográficos

Los rasgos del terreno, como se podría esperar, afectan sobre todo el flujo del aire relativamente cercano a la superficie terrestre. En este sentido es necesario considerar el efecto del mar, montañas y laderas y efectos urbanos

6.2. ¿Qué es un modelo de Dispersión de contaminantes en aire?

Es la representación matemática de los procesos de transporte, transformación y remoción de los contaminantes del aire.

6.3. ¿Cuáles son los objetivos?

- Desarrollar estrategias de control
- Evaluar el impacto ambiental
- Analizar las tendencias de la calidad del aire
- Seleccionar sitios apropiados para ubicar estaciones de muestreo

6.4. Aplicaciones de los modelos de dispersión de contaminantes en aire

- Análisis del impacto en la calidad del aire por los contaminantes atmosféricos
 - Para calcular los límites de emisión que se requieren para satisfacer los estándares de calidad ambiental del aire
 - Estimación de la concentración de un contaminante en aire ambiente en ausencia de un equipo de monitoreo
 - Para localizar áreas en las cuales puede existir alta concentración de contaminantes y por lo tanto hay riesgo de efectos en la salud de la población
 - Los modelos de “tiempo real” son útiles en casos de accidentes nucleares o industriales y derramamientos químicos ya que es posible calcular la dirección y dispersión, así como el área crítica de concentración de las sustancias tóxicas
 - Después de un accidente, un modelo matemático puede usarse para hacer un análisis con la finalidad de mejorar el sistema de control

6.5. Consideraciones generales

Cuando se hace un modelo del transporte y dispersión de contaminantes del aire se recopila información específica de un punto de emisión. Esta información incluye:

- la ubicación del punto de emisión (longitud y latitud)
- la cantidad y tipo de los contaminantes emitidos
- condiciones del gas de la chimenea
- altura de la chimenea
- factores meteorológicos tales como la velocidad del viento, perfil de la temperatura ambiental y presión atmosférica
- descripción de las estructuras vecinas
- Concentración de fondo

Estos datos se usan como insumo del modelo de dispersión aplicado y para predecir cómo los contaminantes se dispersarán en la atmósfera. Los niveles de concentración pueden calcularse para diversas distancias y dirección de la chimenea (Fig. 11).

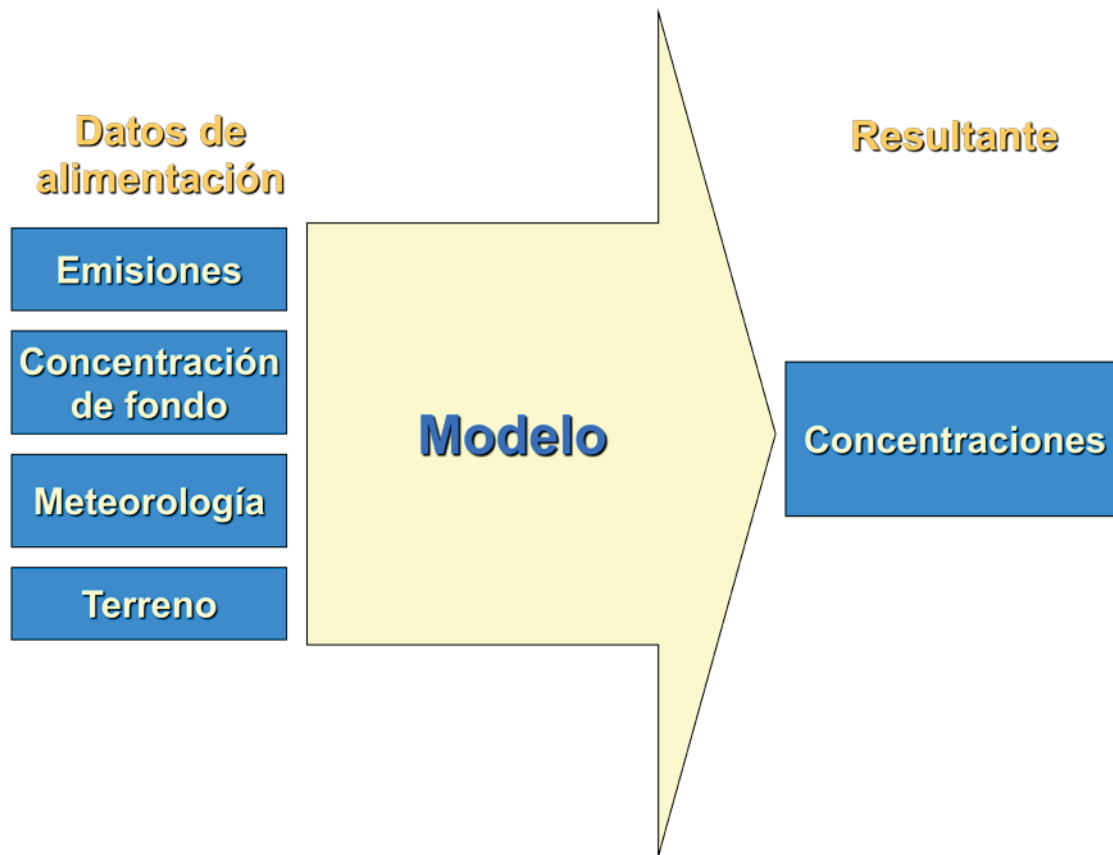


Figura 11. Esquema donde se muestra los datos necesarios de entrada a un modelo de dispersión de contaminantes en aire y su resultado

6.6. Limitaciones

- Los modelos son simplificaciones de la realidad
- A medida que aumenta la complejidad de los modelos, las previsiones se acercan más al comportamiento real
- La química, meteorología y topografía debe ser estudiada caso por caso
- Falta de datos de alimentación al modelo
- Necesaria consistencia en la selección y aplicación de modelos y sus datos de alimentación
- Limitada representatividad de los resultados

- Necesaria participación de especialistas

6.7. Modelos Gaussianos

Los modelos más utilizados en la dispersión de contaminantes en el aire, se basan en la distribución de Gauss. Básicamente suponen que el penacho de un efluente presenta una distribución normal o de Gauss (Gaussiana) de las concentraciones en torno al eje de simetría definido por la dirección del viento. Según la dispersión Gaussiana, existirá una región de mayor concentración y dos zonas simétricas en las que ésta irá disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar un valor mínimo.

Los modelos “gaussianos” son de uso común en problemas de dispersión de contaminantes no reactivos de fuentes puntuales tales como chimeneas industriales.

Estos modelos son aptos para estimar efectos locales. Su grado de precisión y acierto es, en general, decreciente en tanto se aplican en localidades con relieve complejo y caracterizado por circulaciones atmosféricas complejas.

Los requisitos de los datos de modelos de dispersión de tipo gaussiano entran en tres categorías:

- a) Datos de la fuente
- b) Datos meteorológicos
- c) Datos de los receptores

a) **Datos de la fuente:**

- Ubicación de chimeneas y otras fuentes (coordenadas)
- Altura física de la chimenea y su diámetro interno

- Velocidad de salida del gas desde la chimenea
- Temperatura
- Tasa de emisión del contaminante (en valores promedio temporales por 1 hora, 24 horas o 1 año)

Datos de entrada adicionales (lo requieren algunos modelos):

- elevación de la fuente y el terreno
- dimensiones de edificaciones próximas (por ej. el ancho promedio del edificio y el espacio entre los edificios)
 - distribución del tamaño de la partícula y sus correspondientes tasas de deposición
 - coeficientes de reflexión superficial

b) **Datos meteorológicos:**

- La mayoría de los modelos gaussianos acepta datos meteorológicos de superficie que consideran la clasificación de estabilidad a cada hora, dirección y rapidez del viento, la temperatura atmosférica y la altura de la capa de mezcla
 - Es deseable que como mínimo se disponga de un año de datos meteorológicos
 - Las observaciones locales para el sitio bajo examen pueden ser obtenidas a partir de datos para la región (típicamente, lecturas tomadas en un aeropuerto)
 - Cuando sea necesario, una estación meteorológica local debiese ser instalada y operada por al menos un año

c) Datos de los receptores:

- La identificación y codificación de todos los receptores (por ejemplo, áreas con alta población o concentración máxima esperada a nivel del suelo)
- Normalmente, los receptores son especificados por sus coordenadas y elevación

6.7.1. Resultados del modelo

Generalmente los modelos presentan la salida de los resultados detallando las máximas concentraciones y la distancia que hay hasta la fuente de emisión de esas concentraciones encontradas. Por ejemplo muchas veces se le pide al modelo que calcule los 10 primeros máximos y su distancia a la fuente. Además los resultados de modelos de dispersión gaussianos se pueden representar como mapas con la concentración de los contaminantes a lo largo del área inmediata que rodea a la fuente. En el mapa se especifican las concentraciones calculadas en el lugar y gráficas de isolíneas de concentraciones (Fig. 12). Los mapas pueden ser evaluados comparándolos con el ambiente local, observaciones disponibles, las normas de calidad del aire e identificar posibles áreas dónde la concentración del contaminante está sobre los niveles deseables.

Esta es una deficiencia grave, ya que los episodios críticos de contaminación casi siempre están asociados a situaciones de calmas o bajas velocidades del viento

Cabe aclarar que a pesar del gran número de hipótesis simplificadoras que conducen a la ecuación Gaussiana y a las limitaciones inherentes de estos modelos, ellos todavía son útiles si se desea conocer la distribución estadística de las concentraciones en un determinado lugar, causadas por una determinada fuente y moduladas en intensidad por las condiciones meteorológicas predominantes.

En tal caso se aplica el modelo para una serie de situaciones meteorológicas y se calculan promedios e intervalos de variación de las concentraciones sobre todo un dominio espacial y temporal.

6.8. Modelos más avanzados que los Gaussianos

En algunos casos, como por ejemplo el análisis de proyectos importantes, a veces es necesario ir más allá de la formulación Gaussiana (a pesar de que los requerimientos son mayores) ya que el costo de equivocarse puede ser muy alto.

Entre los modelos más avanzados que los Gaussianos podemos mencionar modelos de “paquetes” o “puffs”, modelos de caja Lagrangeanos y modelos de grilla eulerianos.

- ***Modelos de “paquetes” o “puffs”***

Son particularmente superiores a los modelos Gaussianos cuando se presentan situaciones de calma (vientos muy débiles) o recirculaciones del viento, lo que

hace que se produzcan acumulaciones de contaminantes en algunas zonas. Consideran la variación temporal de las emisiones, al representar la emisión de cada fuente puntual como un conjunto de paquetes de contaminantes (puffs). En su interior se considera también las reacciones químicas más importantes. Son aplicables a fuentes puntuales (principalmente) de cualquier tamaño. La limitación más importante es que requieren información meteorológica detallada

Algunos modelos disponibles: HYSPLIT, FLEXPART, SCIPUFF Y CALPUFF

- ***Modelos de Caja Lagrangeanos***

Consisten en una caja o masa de aire que es transportada por los campos de viento y en la cual se inyectan las emisiones que la caja recibe a lo largo de su trayectoria. Consideran usualmente reacciones químicas, deposición y múltiples contaminantes. La limitación más importante es que se debe disponer de meteorología detallada de alta resolución espacial y temporal

- ***Modelos de Grilla Eulerianos***

Resuelven las ecuaciones de conservación de masa para una o más especies en una grilla tridimensional fija en el espacio. Como limitación podemos mencionar que requieren de un inventario de emisiones y meteorología en tres dimensiones definida sobre los puntos de la grilla.

Algunos modelos disponibles: UAM, CALGRID, CAMx, CMAQ, MATCH, STEM, AIRVIRO/GRID

6.9. Niveles de sofisticación de los modelos

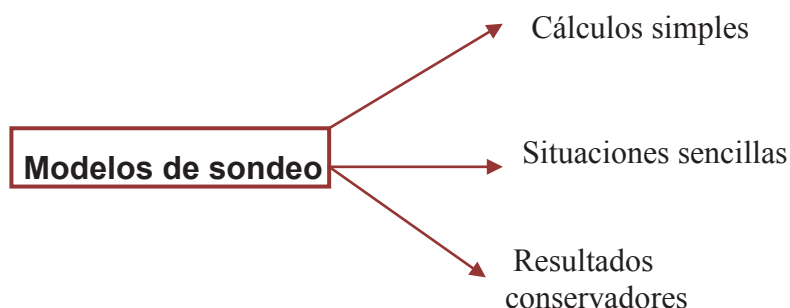
De manera general existen dos niveles según el grado de sofisticación de los modelos: modelos de sondeo y modelos refinados

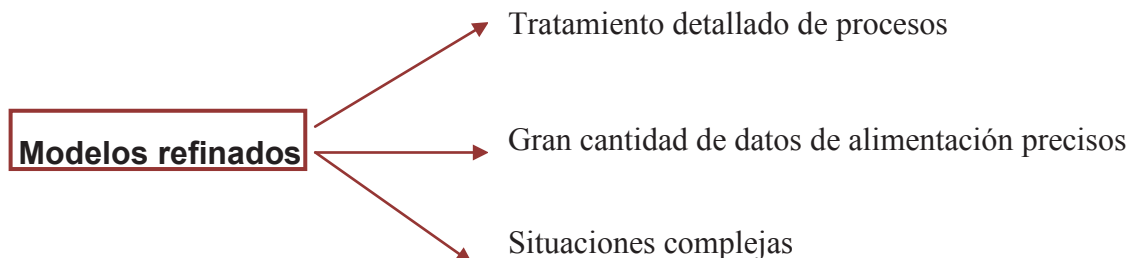
El modelo de sondeo o de “screening” se realiza antes del refinado para obtener un panorama inicial y determinar si es necesaria la aplicación de un modelo más complejo como el refinado. Consiste en modelos simples que emplean técnicas y suposiciones de estimación relativamente sencillas. Por consiguiente, los resultados son conservadores, e indican que si se ejecuta un modelo refinado, los estimados de la concentración de contaminantes no deberán ser mayores.

El segundo nivel de análisis es el modelado refinado. Este nivel consiste en cálculos más analíticos y complejos. Requiere información más detallada sobre la fuente, las condiciones meteorológicas y el terreno, así como mejor número de datos de entrada.

Mientras que los modelos de sondeo asumen el “peor de los casos” para las condiciones meteorológicas y presupuestos simplificados sobre el terreno, los refinados incorporan información más completa sobre el terreno y la fuente, y emplean datos meteorológicos reales. Al incluir información más detallada en el modelo, se pueden obtener estimados más exactos y descriptivos sobre la concentración de los contaminantes para las áreas que rodean a la fuente.

El siguiente esquema presenta un resumen de lo expuesto:





6.10. Modelos recomendados por la Agencia Ambiental de Estados Unidos USEPA

La Agencia Ambiental de Estados Unidos USEPA ha estudiado y desarrollado modelos de dispersión de contaminantes en aire que se encuentran disponibles en su página web. También se pueden consultar los documentos de soporte de los modelos desarrollados

6.10.1. Modelos de sondeo

Los modelos de sondeo recomendados son AERSCREEN, COMPLEX1, CTSCREEN, RTDM3.2, SCREEN3, TSCREEN, VALLEY, VISCREEN.

6.10.2. Modelos refinados

Los modelos de preferencia recomendados son AERMOD y CALPUFF
Otros modelos recomendados: BLP, CALINE3, CAL3QHC/CAL3QHCR, CTDMPLUS, OCD.

Modelos alternativos: ADAM, ADMS-3, AFTOX, ASPEN, DEGADIS, HGSYSTEM, HOTMAC/RAPTAD, HYROAD, ISC3, ISC-PRIME, OBODM, OZIPR, Panache, PLUVUEII, SCIPUFF, SDM, SLAB.

En la página web de la USEPA referida a modelos de dispersión de contaminantes se puede encontrar un detalle de estos modelos. Incluso alguno de ellos se encuentran disponibles para instalar y utilizar.

Se recomienda visitar la siguiente página:

<http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersionindex.htm>

6.11. Modelos utilizados en la provincia de Buenos Aires

En la República Argentina, la provincia de Buenos Aires estipula en su legislación la aplicación de modelos de dispersión de contaminantes en aire para la estimación del impacto producido por las emisiones fijas sobre la calidad del aire. En tal sentido fija su aplicación en el Art. 11 Del Decreto 3395/96 reglamentario de la Ley 5965 de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera. Además en la Resolución 242/97 de la ex Secretaría de Política Ambiental especifica el instructivo para la aplicación de dichos modelos. En sus anexos y apéndices presenta tres de “etapas de cálculo” en orden creciente de grado de complejidad:

Etapa 1: Sondeo Simple

Etapa 2: Sondeo Detallado

Etapa 3: Modelación Detallada

- **ETAPA I**

Es un análisis aproximado de las concentraciones de contaminantes en el aire esperable en las condiciones más desfavorables. Los cálculos son sencillos. El procedimiento está basado en el modelo de difusión atmosférica gaussiano. En la mencionada Resolución se detallan las ecuaciones que se deben aplicar a efectos de obtener un resultado bastante conservador ya que dada la sencillez de los cálculos apropiados los posibles errores serán mayores.

A efectos de considerar dichos errores, las concentraciones totales obtenidas por el sondeo se comparan con el 30 % de los valores establecidos en las tablas de normas de calidad de aire (Tabla A) y niveles guía (Tabla B) del Decreto 3395/96. Se estipula que si no se sobrepasan estos valores, no es necesario proseguir con las siguientes etapas de cálculo.

- **ETAPA II**

Tiene los mismos objetivos que la etapa I, pero su metodología de cálculo es más compleja para obtener mayor exactitud.

El análisis por sondeo detallado adoptado para la Etapa II presenta dos recaudos para asegurar que se están considerando las peores condiciones posibles en la evaluación de la concentración máxima total para cada uno de los períodos de tiempo fijados en el Decreto N° 3395/96:

- la evaluación del aporte relativo de las emisiones de la Industria está basado en un barrido de condiciones atmosféricas que permite identificar la situación ambientalmente más desfavorable.
- referenciar cada concentración máxima total calculada a la mitad del valor correspondiente fijado en el Decreto N° 3395/96.

Si no se sobrepasa este valor del 50 % de los valores establecidos en el Decreto 3395/96, no es necesario proseguir con las siguientes etapas de cálculo

- **ETAPA III**

La Etapa III se debe encarar utilizando exclusivamente modelos detallados, los que deberán seleccionarse entre aquéllos incluidos en la versión de la “Guideline on Air Quality Models, Revised” actualizada a la fecha de realización del estudio. Excluye el uso de modelos de sondeo.

Requiere información meteorológica horaria como base de entrada para la utilización de modelos detallados en un período no inferior a los 5 años. A los fines de la presentación de la DDJJ los datos meteorológicos deben pertenecer al Servicio Meteorológico Nacional. Se debe consignar la estación meteorológica seleccionada.

A los efectos del análisis de los resultados, en esta etapa se deben comparar las concentraciones totales obtenidas de la aplicación del modelo elegido con el 80 % de los valores establecidos en el Decreto 3395/96. Siempre hay que tener en cuenta que si el generador de los efluentes gaseosos lo considera conveniente, podría iniciarse por esta etapa, sin encarar las etapas anteriores.

Bibliografía de referencia

- Cahill TM, Mackay D (2003) “A high-resolution model for estimating the environmental fate of multi-species chemicals: application to malathion and pentachlorophenol”. *Chemosphere*, 53: 571–581
- CalTOX™ (1994) “A Multimedia Total Exposure Model For Hazardous-Waste Sites Spreadsheet User’s Guide”, Version 1.5. Prepared by The University of

California, Davis in Cooperation with Lawrence Livermore National Laboratory for the Office of Scientific Affairs Department of Toxic Substances Control California Environmental Protection Agency Sacramento, California.
(<http://www.dtsc.ca.gov/AssessingRisk/caltox.cfm>)

EC (2004) European Union System for the Evaluation of Substances 2.0 (EUSES 2.0). Prepared for the European Chemicals Bureau by the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands (RIVM Report no. 601900005). Available via the European Chemicals Bureau, <http://ecb.jrc.it>

Espert Alemany V y López Jiménez P (2004) "Dispersión de Contaminantes en la atmósfera". ISBN 84-7721-914-1. Ed: Alfaomega, Valencia, España

García, Rolando (2007) "Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria". Gedisa editorial, Barcelona

Jacobson M Z (2000) "Fundamentals of Atmospheric Modeling". Cambridge University Press, Cambridge

Kawamoto K, MacLeod M, Mackay D (2001) "Evaluation and comparison of multimedia mass balance models of chemical fate: application of EUSES and ChemCAN to 68 chemicals in Japan". *Chemosphere*, 44: 599-612.

Mackay D (2001) "Multimedia Environmental Models. The fugacity approach". 2nd Edition. CRC press LLC.

Mackay D, Webster E, Cousins I, Cahill T, Foster K, Gouin T (2001) "An introduction to multimedia models". CEMC Report No. 2001-02. Canadian Environmental Modelling Centre, Trent University, Ontario, Canada.

Organization for Economic Co-Operation and Development (2004) "Guidance Document on the Use of Multimedia Models for Estimating Overall Environmental Persistence and Long-Range Transport". Env/Jm/Mono(2004)5. París.

OPDS (ex Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires) Decreto 3395 (1996) <http://www.opds.gba.gov.ar>

OPDS (ex Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires) Resolución 242 (1997) <http://www.opds.gba.gov.ar>

The Canadian Centre for Environmental Modelling and Chemistry. Model Index.
Modelos multimediales de libre acceso.
<http://www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel/models/models.html>

USEPA. Environmental Protection Agency. Air Quality modles. Disponible on line:
<http://www.epa.gov/scram001/aqmindex.htm>

Yen-chuan Chen, Hwong-wen Ma (2006) "Model comparison for risk assessment: A case study of contaminated groundwater". Chemosphere 63: 751–761

CAPÍTULO 7

Marco legal e institucional en Argentina

Laura Massolo - Analía Coppola

1. Derecho Ambiental

El derecho ambiental es el conjunto de principios y normas jurídicas que regulan las relaciones de derecho público y privado que condicionan el disfrute, la preservación y el mejoramiento del ambiente. Es una rama interdisciplinaria del derecho.

Las normas que integran el Derecho Ambiental han evolucionado a través del tiempo en la medida que fue evolucionando la preocupación internacional por la preservación del ambiente y la introducción del concepto de desarrollo sostenible. Es así que podemos hablar en un principio de normas que regulan los recursos naturales y los distintos elementos del ambiente de modo individual, luego de normas que regulan el ambiente globalmente que han comenzado a sancionarse en la década de los 70 y también normas que regulan otras materias pero que inciden directa o indirectamente sobre el ambiente o hacen referencia a este.

Tipos de Normas

Las hay de acuerdo con el lugar geográfico del que emanan sea el Estado Nacional, Provincia o Municipio, según quien legisle: Asamblea Constituyente, Congreso, Legislatura Provincial o Concejo Deliberante y la materia normada, es decir, Derecho civil, penal, comercial, agrario, procesal, minero o ambiental propiamente dicho. Esta distribución normativa es una consecuencia jurídica de la forma de gobierno federal y de la metodología legislativa que la Constitución Nacional impone.

En las últimas décadas el Congreso aprobó muchos tratados internacionales relacionados con la preservación del ambiente. De ese modo se fueron diseminando por todo el derecho federal argentino normas jurídicas ambientales de fuentes internacionales sobre determinados temas.

En el año 2002 el Congreso de la Nación comenzó a sancionar leyes de presupuestos mínimos protectoras del ambiente que se aplican en todo el país.

Se entiende por ley de presupuestos mínimos a toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio de la República Argentina y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental fijando pautas claras de prevención, recomposición, precaución, entre otras, aplicables a todo el país.

Esto implica que el Gobierno Nacional deberá sancionar normas básicas para toda la nación y los gobiernos provinciales y municipales podrán, mediante el dictado de sus normas (leyes provinciales, decretos, resoluciones, ordenanzas) ultimar los detalles de las políticas impuestas por las leyes de presupuestos mínimos a aplicarse en su territorio. Pueden decidir imponer o no condiciones más estrictas que las estipuladas por las leyes de presupuestos mínimos nacionales pero nunca menores. En caso de que hubiera normas provinciales ambientales dictadas anteriormente a la ley de presupuestos mínimos, las mismas pueden mantenerse vigentes si no contradicen lo dictado por esta última, de lo contrario deberán adecuarse a la nueva ley.

El Congreso de la Nación en un principio no legisló los temas ambientales mediante cuerpos sistemáticos, sino parcialmente e incorporando normas ambientales a distintas leyes que sancionaba, por lo que cada vez más leyes rigen el ambiente. Ese método normativo genera un marco jurídico ambiental heterogéneo, disperso, extenso y cambiante, en expansión acelerada que nunca se alcanza a conocer con precisión. Muchas veces es de difícil y confusos límites

de competencia, ello en base al sistema representativo, republicano y federal de gobierno adoptado.

A continuación analizaremos algunas normas nacionales y provinciales que son específicas para el ambiente, comenzaremos con la Constitución Nacional, en ella se encuentran Artículos que norman sobre la materia.

2. Constitución Nacional

2.1. Artículo 41

La reforma de 1994 sancionada el 22 de agosto en la ciudad de Santa Fe por la Convención Nacional Constituyente introduce por primera vez la protección del ambiente, incluyendo el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano siguiendo la práctica de otras constituciones extranjeras y provinciales. Al hablar de apto para el desarrollo humano se hace notar que ese ambiente debe ser conducente a la trascendencia del hombre. Pero además se les impone a esos habitantes el deber de preservarlo. Esa obligación se convierte en una carga pública que habilita a todos los habitantes a hacer efectiva la preservación con todos los medios jurídicos y materiales que sean necesarios. En consecuencia, todo habitante estará legitimado para accionar en defensa del ambiente propio y ajeno. Incorpora también el principio del desarrollo sostenible como una manera de establecer un compromiso hacia el futuro, es decir lo que se considera el derecho intergeneracional, o sea que aquellos que van a heredar este ambiente puedan vivir en condiciones tan buenas o aún mejores.

Impone la obligación de recomponer el daño ambiental que va a requerir una cuidadosa reglamentación legal porque no está claro quién está obligado a

recomponer. La primera prioridad será recomponer el daño volviendo a la situación anterior, lo que suele ser sumamente difícil y muchas veces imposible en materia ambiental.

No solamente atribuye derechos y deberes a los habitantes, si no que encomienda al Estado proveer a la protección del derecho al ambiente. Encomienda abastecer prestaciones más complejas y costosas como son la utilización racional de los recursos naturales, la preservación del patrimonio natural y cultural, la preservación de la diversidad biológica, la información ambiental, que lo obliga a divulgar la que tenga en la materia de un modo organizado y ser responsable por su fidelidad y la educación ambiental.

También faculta al Gobierno de la Nación a fijar “los presupuestos mínimos de protección ambiental” en todo el país y a cada provincia para reglamentarlas en su jurisdicción de conformidad a los mecanismos que sus ordenamientos normativos prevén, en caso que éstas lo consideren necesario a los efectos de su aplicación efectiva. Corresponde a la Nación dictar una legislación de base con los presupuestos mínimos necesarios que aseguren por una parte iguales condiciones de protección a todos los habitantes de la Nación en cualquier lugar en que estos se encuentren y, por la otra que asuman la necesidad del establecimiento de las normas vinculadas con los procesos globales de preservación ambiental. De tal manera que la Nación tendrá que dictar esas normas de base (piso), dejando a cargo de los gobiernos provinciales y municipales la responsabilidad del dictado de las normas que las complementen. Esta ardua tarea sentará las bases del derecho ambiental argentino

2.2. Artículo 43

En este artículo se establece la acción de amparo para la protección del ambiente. Legitima a los afectados, a las organizaciones no gubernamentales

inscriptas y a los defensores del pueblo para accionar por vía de amparo en defensa del derecho constitucional al ambiente.

2.3. Artículo 124

Establece que corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, lo que implica que éstas tendrán facultades de tutela y legislativas sobre los mismos, pero no la propiedad de éstos, excepto que estén en terreno fiscal.

3. Orden jerárquico de la legislación ambiental en Argentina

En la figura 1 se puede observar el orden jerárquico de la legislación ambiental argentina. En primer lugar la Constitución Nacional en su reforma del año 1994 incorpora como se mencionó en el apartado anterior tres artículos relacionados a la temática ambiental. De ellos se desprenden las leyes de presupuestos mínimos que le siguen en orden de jerarquía, dejando a cargo de los gobiernos provinciales y municipales la responsabilidad del dictado de las normas que las complementen. A las leyes complementarias provinciales le siguen los decretos que las reglamentan, las resoluciones y por último las ordenanzas municipales.



Figura 1. Orden jerárquico de la legislación ambiental argentina

4. Leyes de presupuestos mínimos

- En este apartado se hace una somera descripción de las leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental como así también de la ley 24051 de Residuos Peligrosos que regula solo los residuos de competencia federal subordinada en algunos aspectos a la ley 25612 de Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios de competencia en todo el país. Cabe aclarar que la ley 25612 no deroga a la 24051, ambas leyes siguen vigentes convirtiéndose esta última en complementaria de la primera.

4.1. Ley 25.675: Ley General del Ambiente

Esta Ley fue sancionada el 6 de noviembre de 2002 y promulgada el 27 de noviembre de 2002. Se trata de una ley marco que establece los presupuestos mínimos de protección ambiental, sancionados por el Congreso de la Nación en

función del mandato del artículo 41 de la Constitución Nacional. En el artículo 2 se fijan objetivos a la política ambiental nacional, lo que obliga al Poder Ejecutivo Nacional a seguirlos, ya que constituyen pautas para la ejecución de normas legislativas que deberá acatar.

Características generales de la ley:

- Es una ley de presupuestos mínimos de protección ambiental.
- Establece el sistema federal ambiental con el objeto de desarrollar la coordinación de la política ambiental tendiente al logro del desarrollo sostenible.
- Impone definiciones en materia de derecho ambiental que acentúan la dispersión de la legislación ambiental federal.
- Es de orden público.
- Fija principios y objetivos a la política ambiental nacional.
- Regula la Evaluación del Impacto Ambiental para toda obra que en el territorio de la Nación sea susceptible de degradar el ambiente en todos sus componentes o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa.
- Regula la información y educación ambiental.
- Fomenta la participación ciudadana.

- Introduce la obligatoriedad de institucionalizar los procedimientos de audiencias públicas para la autorización de aquellas actividades que puedan generar efectos negativos y significativos sobre el ambiente.
- Establece la obligatoriedad de contratar un seguro ambiental para todas las personas que realicen actividades riesgosas para el ambiente, los ecosistemas o sus elementos constitutivos.
- Encomienda a las Provincias la regulación sobre autogestión e incentivos en materia ambiental.
- Establece una modificación del régimen del Código Civil para la responsabilidad por daño ambiental de incidencia colectiva.
- Establece la reparación del daño ambiental de incidencia colectiva que recae sobre un elemento del ambiente, independientemente de que éste se traduzca en un daño sobre una persona o sus bienes.
- Contiene normas procesales.

El Artículo 4 describe los principios básicos que rigen su interpretación y aplicación y la de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental.

- I. **Principio de prevención:** impone la atención de las causas y las fuentes de los problemas ambientales en forma prioritaria e integrada tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir.
- II. **Principio precautorio:** dispone que cuando haya peligro de daño grave o irreversible deberán adoptarse inmediatamente medidas eficaces, en

función de los costos, para impedir la degradación del ambiente aunque falte información o certeza científica. Muchas veces la falta de aplicación de este principio se origina en el temor de las autoridades a frenar el desarrollo.

Ambos principios se basan en el deber de preservación establecido en la Constitución Nacional como la obligación de todos los ciudadanos y de las autoridades de preservar el ambiente para las generaciones futuras

- III. **Principio de equidad intergeneracional:** dispone que los responsables de la protección ambiental velen por el uso y goce apropiado del ambiente por las generaciones presentes y futuras.
- IV. **Principio de sustentabilidad:** repite con otro lenguaje el principio de equidad intergeneracional cuando dispone que el desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.
- V. **Principio de progresividad:** los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectables en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos
- VI. **Principio de responsabilidad:** el generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan
- VII. **Principio de subsidiariedad:** es la orden que el Congreso imparte al Estado nacional de que colabore y, de ser necesario, participe en forma

complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección ambientales.

- VIII. **Principio de solidaridad:** encomienda a la Nación y a las Provincias la prevención y mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio accionar y la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.
- IX. **Principio de cooperación:** impone la utilización equitativa y racional de los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos y el desarrollo conjunto del tratamiento y la mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos

Por otro lado, esta ley estableció en el año 2002 un sistema de coordinación interjurisdiccional para el ordenamiento ambiental a través del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA). Este Consejo está integrado por Organismos de las provincias de Buenos Aires (OPDS), Catamarca (Secretaría de Estado del Ambiente y Desarrollo Sustentable), Córdoba (Ministerio del Agua, Ambiente y Energía), Tucumán (Secretaría de Estado de Medio Ambiente), Corrientes (ICAA), Chaco (Ministerio de Planificación y Ambiente), Chubut (Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable), Entre Ríos (Secretaría de Ambiente), Formosa (Ministerio de la Producción y Ambiente), CABA (Agencia de Protección Ambiental), Jujuy (Secretaría de Gestión Ambiental), La Pampa (Subsecretaría de Ecología), La Rioja (Secretario de Ambiente), Mendoza (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable), Misiones (Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables), Neuquén (Subsecretaría de Medio Ambiente.), Río Negro (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable), Salta (Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable), San Juan (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable), San Luis (Ministerio de Medio Ambiente), Santa Cruz (Subsecretaria de Medio Ambiente), Santa Fe (Secretaria de Medio Ambiente dependiente del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente), Santiago del Estero

(Dirección General de Medio Ambiente – Depende de la Secretaría del Agua), Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur).

El adecuado funcionamiento del COFEMA será beneficioso para la aplicación de la Ley General del Ambiente y otras leyes sancionadas en materia ambiental. Además, si bien la ley no lo determina expresamente el COFEMA se constituye como el organismo adecuado para tratar los conflictos interjurisdiccionales como así también la aplicación de los presupuestos mínimos.

4.2. Ley 25.612: Gestión Integral de Residuos Industriales

Esta Ley que fue sancionada el 3 de julio de 2002 y promulgada el 25 de julio de 2002.

En primer lugar la Ley N° 25.612 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental normando los residuos industriales y asimilables de todo el país. Constituye un régimen único, que alcanza imperativamente, a todos los procesos de gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicios que se desarrollen en cualquier sitio de la Argentina y, además, contiene normas de fondo sustantivas que modifican el régimen del Código Civil, en materia de responsabilidad civil.

La Ley 25.612 regula de manera uniforme la gestión integral de residuos de origen industrial que incluye la operación de conservación, reparación o transformación de materia prima, para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales y de actividades de servicio, que se definen por su carácter de complemento de la industrial “o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo”.

En el Artículo 5 excluye expresamente (pero deja sujeto a normativa específica):

a) Los residuos biopatogénicos

- b) Los residuos domiciliarios
- c) Los residuos radiactivos
- d) Los residuos derivados de las operaciones normales de los buques y aeronaves

La Autoridad de Aplicación de la Ley es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable o el organismo que lo remplace. Es importante recordar que la ley 25.612 no deroga la Ley N° 24.051, ambas leyes siguen vigentes; solo se convierte a esta última ley en complementaria de la primera. Ambas normas, si bien comparten algunas semejanzas, guardan diferencias, ya que cada una de ellas describe de distinto modo los residuos que norma.

En su artículo 2 la Ley 25612 entiende por residuo industrial a cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor, productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo. Cabe destacar que incluye dentro de la definición de residuo industrial no sólo a cualquier elemento, sustancia, u objeto en estado sólido, semisólido o líquido, sino también gaseoso.

En su Artículo 43 determina que la responsabilidad del generador, por los daños ocasionados por los residuos desaparece por la transformación, especificación, desarrollo, evolución o tratamiento en los casos de:

- a) Daños causados por el mayor riesgo que un determinado residuo adquiere como consecuencia de un manejo o tratamiento, inadecuado o defectuoso, realizado en cualquiera de las etapas de la gestión integral de los residuos industriales y de actividades de servicio.
- b) Utilización del residuo como insumo de otro proceso productivo, conforme lo determine la reglamentación.

Por lo tanto en los casos expuestos precedentemente el generador queda liberado de responsabilidad.

El Artículo 6° de la Ley N° 25.612 prohíbe también la importación, introducción y transporte de todo tipo de residuos, provenientes de otros países al territorio nacional, y a sus espacios aéreo y marítimo; pero establece una excepción para los residuos que por reglamentación sean incluidos, previamente, en una lista positiva, aprobados por la autoridad de aplicación y que los interesados demuestren, en forma fehaciente, que serán utilizados como insumos de procesos industriales y para el tránsito de residuos previsto en convenios internacionales.

4.3. Ley 24.051: de residuos peligrosos

Esta ley fue sancionada en 1991 y publicada en el Boletín Oficial en 1992.

Características generales de la ley:

- En el artículo 1 establece la jurisdicción federal
- El artículo 2 define a los residuos peligrosos de manera tan amplia que prácticamente cualquier residuo puede ser considerado como peligroso
- El artículo 3 habla sobre la prohibición de la importación, introducción y transporte de todo tipo de residuos provenientes de otros países al territorio nacional y sus espacios aéreos y marítimos, haciéndolo extensivo a los residuos nucleares
- En su capítulo III establece la creación del manifiesto en el cual constan todos los pasos seguidos por el residuo en cuestión

- La ley ordena establecer un Registro Nacional de Generadores y Operadores de residuos Peligrosos donde deben inscribirse y solicitar la aprobación oficial todos los intervinientes en el proceso
- También especifica en su artículo 19 a los generadores de residuos patológicos
- En el capítulo V establece que también deben inscribirse los transportistas
- La ley tiene previsto infracciones y sanciones que van desde un apercibimiento hasta el cese de la actividad

4.4. Ley 25.916: Protección Ambiental para la Gestión Integral de los Residuos Domiciliarios

Esta Ley fue sancionada el 4 de agosto de 2004 y promulgada parcialmente el 3 de septiembre de 2004.

Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios. A éstos los define como elementos, objetos o sustancias que los humanos desechan o abandonan y no están regulados por normas específicas, pero circunscribe su mandato a los de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional que son la mayor parte de los orígenes posibles.

Características generales de la ley:

- Esta Ley reglamenta las plantas de tratamiento, las estaciones de transferencia y los centros de disposición final de los residuos domiciliarios.

- Incluye los residuos residenciales, urbanos, comerciales, asistenciales, sanitarios, industriales e institucionales.
- Obliga al generador a realizar el acopio inicial y la disposición inicial de los residuos.
- Obliga a las autoridades competentes a garantizar que los residuos domiciliarios sean recolectados y transportados a los sitios habilitados.
- Obliga al transportista a usar vehículos habilitados y debidamente acondicionados.
- En su Capítulo V obliga a destinar todo residuo domiciliario que provenga del rechazo de los procesos de valorización y que no haya sido valorizado, a un centro de disposición final habilitado por la autoridad competente.
- Encomienda a la autoridad competente a establecer los requisitos necesarios para la habilitación de centros de disposición final en función de las características de los residuos domiciliarios, a disponer de las tecnologías a utilizar y de las características ambientales locales.
- La habilitación de estos centros requerirá de la aprobación de una Evaluación de Impacto Ambiental y de un Plan de Monitoreo de las principales variables ambientales durante las fases de operación, clausura y postclausura.
- Establece la ubicación de los mencionados centros en sitios suficientemente alejados de áreas urbanas, fuera de áreas protegidas o de sitios inundables de manera tal de no afectar la calidad de vida de la población. También establece que para su emplazamiento deberá

considerarse la planificación territorial, el uso del suelo y la expansión urbana durante un lapso que incluya el período de postclausura.

- Encomienda la coordinación interjurisdiccional al Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y determinadas misiones a la autoridad de aplicación.

4.5. Ley 25.688: Régimen de Gestión Ambiental de Aguas

Esta Ley fue sancionada el 28 de noviembre de 2002 y promulgada el 30 de diciembre de 2002.

Características generales de la ley:

- Fija los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional, utilización de las mismas.
- Considera agua a aquélla que forma parte del conjunto de los cursos y cuerpos de aguas naturales o artificiales, superficiales y subterráneas, así como a las contenidas en los acuíferos, ríos subterráneos y las atmosféricas.
- Regula las cuencas hídricas superficiales
- Considera cuenca hídrica superficial, a la región geográfica delimitada por las divisorias de aguas que discurren hacia el mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único y las endorreicas
- Crea los comités de cuencas hídricas para las cuencas interjurisdiccionales

- Define la utilización de las aguas en su art. 5
- Cumple con varios de los principios de la política ambiental (principio de prevención, principio de progresividad, principio de sustentabilidad, principio de solidaridad)
- Establece que la Autoridad Nacional de Aplicación deberá determinar los límites máximos de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos; definir las directrices para la recarga y protección de los acuíferos; fijar los parámetros y estándares ambientales de calidad de las aguas; elaborar y actualizar el Plan Nacional para la preservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas, que deberá, como sus actualizaciones ser aprobado por ley del Congreso de la Nación

4.6. Ley N° 25.831: Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental

Esta Ley fue sancionada el 26 de noviembre de 2003 y promulgada el 6 de enero de 2004.

Esta Ley establece los presupuestos mínimos para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, en el ámbito nacional, provincial, municipal y de la Ciudad de Buenos Aires, como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos.

Características generales de la ley:

- La ley define información ambiental como toda aquella información en cualquier forma de expresión o soporte relacionada con el ambiente, los recursos naturales o culturales y el desarrollo sustentable

- Establece que el acceso a la información ambiental será libre y gratuito para todas las personas, a excepción de aquellos gastos vinculados con los recursos utilizados para la entrega de la información solicitada
- Los sujetos obligados a prestar la información son las autoridades competentes de los organismos públicos y los titulares de las empresas prestadoras de servicios públicos
- La información ambiental solicitada podrá ser denegada solamente en los siguientes casos:

a) Cuando pudiera afectarse la defensa nacional, la seguridad interior o las relaciones internacionales

b) Cuando la información solicitada se encuentre sujeta a consideración de autoridades judiciales, en cualquier estado del proceso, y su divulgación o uso por terceros pueda causar perjuicio al normal desarrollo del procedimiento judicial;

c) Cuando pudiera afectarse el secreto comercial o industrial, o la propiedad intelectual;

d) Cuando pudiera afectarse la confidencialidad de datos personales;

e) Cuando la información solicitada corresponda a trabajos de investigación científica, mientras éstos no se encuentren publicados;

f) Cuando no pudiera determinarse el objeto de la solicitud por falta de datos suficientes

o imprecisión;

g) Cuando la información solicitada esté clasificada como secreta o confidencial por las leyes vigentes y sus respectivas reglamentaciones.

4.7. Ley 26.562: Protección Ambiental Para Control de Actividades de Quema

Esta Ley fue sancionada el de noviembre de 2009 y promulgada el 15 de diciembre de 2009.

La Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para Control de Actividades de Quema prohíbe realizar incendios controlados sin autorización del organismo provincial competente y establece que debe autorizarse cada quema en particular, con el fin de prevenir incendios, daños ambientales y riesgos para la salud y la seguridad públicas

También expresa que en el pedido de autorización debe constar el nombre y cargo del responsable, los datos del campo y el objetivo de la quema, así como las técnicas que se aplicarán para encender, controlar y extinguir el fuego.

Esta Ley define quema como toda labor de eliminación de la vegetación o residuos de vegetación mediante el uso del fuego, con el propósito de habilitar un terreno para su aprovechamiento productivo.

En resumen la Ley prohíbe la quema que no cuente con la debida autorización expedida por la autoridad local competente.

4.8. Ley Nº 26.331: Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los bosques nativos

Esta Ley fue sancionada el 28 de noviembre de 2007 y promulgada de hecho el 19 de diciembre de 2007.

Esta ley establece los Presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, es decir, hace prevalecer los principios precautorio y preventivo. Asimismo, establece un régimen de fomento y criterios para la distribución de fondos por los servicios ambientales que brindan estos bosques.

Define como bosque nativo a los ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea, suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos, conformando una trama interdependiente con características propias y múltiples funciones, que en su estado natural le otorgan al sistema una condición de equilibrio dinámico y que brinda diversos servicios ambientales a la sociedad.

La ley tiene como objetivo promover la conservación mediante el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos y la regulación de la expansión de la frontera agropecuaria y de cualquier otro cambio de uso del suelo.

El Ordenamiento Territorial zonifica los bosques en tres categorías:

- **Categoría I (rojo):** incluye sectores de muy alto valor de conservación que no deben desmontarse y que deben preservarse como bosque. Incluye áreas cercanas a reservas, que conecten eco regiones entre sí, que tengan valores biológicos sobresalientes, y/o que sean cercanas a cuencas. En ellos se podrán realizar tareas de investigación científica, recolección y turismo.
- **Categoría II (amarillo):** incluye sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados pero que son restaurables y pueden tener un

valor alto de conservación, por lo que tampoco deben desmontarse. En ellos se puede realizar un aprovechamiento sostenible, turismo, y actividades de recolección e investigación científica.

- **Categoría III (verde):** incluyen sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad.

La Ley establece la obligación de realizar una evaluación del impacto ambiental cuando se quiera realizar un desmonte en zonas comprendidas en la categoría III (verde). Crea un Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos, con el objeto de compensar económicamente a las jurisdicciones que deben conservar los bosques nativos, por los servicios ambientales que éstos brindan.

En resumen esta Ley promueve la conservación de los Bosques Nativos e implementa las medidas necesarias para regular y controlar la disminución de la superficie de bosques nativos existentes.

4.9. Ley 25.670: Presupuestos Mínimos para la Gestión y Eliminación de los PCBs

Esta Ley fue sancionada el 23 de octubre de 2002 y promulgada el 18 de noviembre de 2002.

Los bifenilopoliclorinados (PCBs) son un grupo de productos químicos orgánicos que pueden ser sólidos o sin olor ligeramente aromático o líquidos aceitosos. Se los utilizaban como fluidos hidráulicos, plastificantes, adhesivos,

retardadores de fuego, tintas, lubricantes, aceites de corte, en los sistemas de transferencia de calor.

La Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC), la EPA y la Occupational Safety & Health Administration de los EE.UU. (EPA) lo califican dentro del grupo 2 A correspondiente a sustancias “Probablemente Cancerígenas”.

En los Artículos 1° y 2° la ley 25.670 establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los PCBs, que son contaminantes orgánicos persistentes con el fin de prohibir la producción, comercialización y el ingreso al país de PCBs, eliminar los usados, descontaminar o eliminar los PCBs y aparatos que los contengan dentro de los plazos que determina, evitar y reparar daños al ambiente y mejorar la calidad de vida de la población.

El Artículo 5° prohíbe la instalación de equipos que contengan PCBs y el Artículo 6° prohíbe importar PCB y equipos que lo contengan. Mediante esta Ley (Artículo 7°) se creó el Registro Nacional Integrado de Poseedores de PCBs y se dispone que antes del año 2010 todo aparato en operación, que contenga PCBs deberá ser descontaminado a exclusivo cargo del poseedor, lo que implica una gravosa actividad técnica.

En resumen esta Ley fiscaliza las operaciones asociadas a los PCBs, la descontaminación de los aparatos que los contengan y prohíbe la producción y comercialización de los PCBs en el territorio Nacional.

5. Autoridades de Aplicación de la política ambiental en Argentina

Los poderes públicos reglamentan, restringen y, a veces, prohíben actividades susceptibles de perjudicar al ambiente a la vez que estimulan actividades que lo benefician.

La Autoridad de Aplicación de la política ambiental a nivel nacional es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS).

5.1. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

En su página web: <http://www.ambiente.gov.ar> se puede encontrar el organigrama de la misma donde figuran las distintas direcciones, coordinaciones y subsecretarías permiten visualizar las distintas temáticas abarcadas por la SAyDS. Por ejemplo podemos citar:

- Subsecretaría de Control y Fiscalización Ambiental y Prevención de la Contaminación de la cual dependen la Dirección de Infracciones Ambientales, Dirección de Residuos Peligrosos, Dirección de Prevención y Recomposición Ambiental

- Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental de la cual dependen la Dirección de Bosques, Dirección de Conservación del Suelo y Lucha contra la Desertificación, Dirección de fauna Silvestre, Dirección de Ordenamiento Ambiental del Territorio, además de otras coordinaciones, grupos, proyectos y comités

- Subsecretaría de Promoción del Desarrollo Sustentable de la cual dependen la Dirección de Cambio Climático, Dirección de Impacto

Ambiental y Social, Dirección de producción Limpia y Consumo Sustentable, Dirección de Instrumentos para el Desarrollo Sustentable además de otras unidades específicas

- Subsecretaría de Coordinación de Políticas Ambientales de la cual dependen la Dirección de Normativa Ambiental, Dirección de Participación y Comunicación Social, Dirección de Pueblos Originarios y Recursos Naturales además del COFEMA, Fondo para las Américas y otros Programas

También en esta página podemos encontrar el marco legal de la República Argentina, programas y proyectos en marcha en relación a las temáticas ambientales, indicadores y estadísticas ambientales, publicaciones, manuales, entre otra información de interés

A su vez cada provincia tiene sus propias instituciones que funcionan como Autoridades de Aplicación de las respectivas leyes provinciales además de cumplir con las leyes nacionales de presupuestos mínimos.

5.2. Autoridades de aplicación en la Provincia de Buenos Aires

Mencionaremos en este capítulo algunos ejemplos de la provincia de Buenos Aires.

Las dos principales son: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) y Autoridad del agua (ADA)

5.2.1 Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)

El Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible con sede en La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires, tiene a su cargo el control de diversos temas ambientales en la provincia de Buenos Aires.

Cuenta con distintos planes y programas que pueden ser consultados en su página web: <http://www.opds.gba.gov.ar>

Misiones y funciones

El Organismo se divide en diversas Coordinaciones y Direcciones Provinciales entre las cuales podemos mencionar:

- ***Coordinación ejecutiva para el desarrollo sostenible, la planificación económica ambiental y el desarrollo de energías alternativas***
 - Dirección Provincial de Economía Ambiental y Energías Alternativas
 - Dirección de Producción y Consumo Sustentable
 - Dirección Provincial de Relaciones con la Comunidad
 - Dirección de Relaciones con la Comunidad
 - Dirección Provincial de Recursos Naturales
 - Dirección de Recursos Naturales
 - Dirección de Áreas Naturales Protegidas
 - Departamento Áreas Protegidas

- ***Coordinación ejecutiva de fiscalización ambiental***
 - Dirección Provincial de Controladores Ambientales
 - Dirección de Fiscalización de Industrias e Inspección General
 - Dirección Provincial de Evaluación de Impacto Ambiental

- Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental
- Dirección de Ordenamiento Ambiental Territorial

- ***Coordinación ejecutiva administrativa***

- Dirección General de Administración
- Dirección de Contabilidad
- Dirección de Recaudación, Recursos Económicos y Servicios Auxiliares
- Delegación de la Dirección Provincial de Personal
- Dirección Técnico-Administrativa
- Oficina de Trámites Ambientales

- ***Dirección provincial de residuos***

- Dirección de Residuos Sólidos Urbanos
- Dirección de Residuos Especiales y Patogénicos

- ***Dirección provincial de gestión jurídica***

- Dirección de Asuntos Jurídicos
- Dirección de Información Jurídica

Cada una de estas direcciones tiene sus misiones y funciones específicas, cuya descripción exhaustiva puede consultarse en la página web del organismo.

No obstante podemos mencionar alguna de ellas:

- Evaluación de impacto ambiental
- Auditorías ambientales
- Control de los efluentes gaseosos
- Control de radiaciones no ionizantes

- Ordenamiento ambiental del territorio provincial
- Fiscalización ambiental
- Educación ambiental
- Conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en la provincia
- Áreas naturales protegidas
- Gestión integral de residuos sólidos urbanos
- Control de tratadores y transportistas de residuos especiales y patogénicos
- Investigar y proponer distintas tecnologías tendientes a mitigar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Elaborar programas tendientes a incrementar el abastecimiento energético provincial con recursos renovables.

5.2.2. Autoridad del Agua (ADA)

La Autoridad del Agua con sede en La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires, es la autoridad de aplicación en lo referente a usos, aprovechamiento, control y preservación de los recursos hídricos de la provincia de Buenos Aires.

Se constituye a partir de lo establecido en la ley 12257 como entidad de aplicación de las funciones encomendadas al Poder Ejecutivo.

El Código de Aguas (ley 12257) es un instrumento legal que tiene como objeto reglamentar, supervisar y vigilar todas las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua.

Para cumplir esa función establecerá las especificaciones técnicas que deberán satisfacer las observaciones y mediciones, la recopilación y publicación de información hídrica, las labores, las obras y la prestación de servicios a terceros. Podrá someter esas actividades a su autorización previa y ordenar la remoción de las obras o cosas ejecutadas en su contravención. Asimismo podrá removerlas cuando la demora en hacerlo pusiese en peligro la vida o la salud de las personas o perjudicase a terceros. Para cumplir sus funciones, la Autoridad del Agua y sus

agentes autorizados tendrán acceso a la propiedad privada, previo cumplimiento de los recaudos legales pertinentes. En tales supuestos podrá requerir el auxilio de la fuerza pública.

El marco jurídico relacionado puede ser consultado en su página web:

<http://www.ada.gba.gov.ar>

Atribuciones y funciones:

En cuanto a sus atribuciones y funciones podemos mencionar:

- Formular la política del agua
- Decretar reservas que prohíban o limiten usos y la constitución de derechos individuales sobre agua de dominio público
- Establecer preferencias y prerrogativas para el uso del agua, privilegiando el abastecimiento de agua potable; alentando criterios de reutilización de agua
- Fijar periódicamente por regiones y por categorías de uso, el canon y las contribuciones
- Determinar la dotación de agua a acordar a cada categoría o tipo de uso y a cada región
- Suspender el suministro de agua para uno o más usos en casos que lo ameriten
- Imponer restricciones y limitaciones al dominio privado
- Otorgar los derechos y cumplir todas las funciones que el Código le encomienda
- Supervisar y vigilar las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua

- Promover programas de educación formal e informal sobre el uso racional del agua
- Coordinar un espacio interinstitucional con los órganos de la Administración Provincial competentes en materia de agua
- Dar cumplimiento a la Planificación Hidrológica para satisfacer las demandas de agua
- Equilibrar y compatibilizar el desarrollo regional y sectorial
- Incrementar la disponibilidad del recurso y proteger su calidad
- Establecer zonas de reserva
- Aplicar defensa contra las inundaciones y sequías
- Deberá confeccionar cartas de riesgo hídrico de las zonas que pueden ser afectadas por inundaciones
- Deberá prohibir el uso recreativo y el abastecimiento doméstico o el urbano de determinadas aguas en salvaguarda de la salud pública
- Promover programas de educación formal e informal sobre el uso racional del agua

Certificados y Permisos

En referencia a los Certificados y Permisos que la Autoridad del Agua otorga podemos mencionar:

- Permiso de Explotación del Recurso Hídrico (Obra ejecutada)
- Permiso de Explotación del Recurso Hídrico (Proyecto)
- Permiso de Vuelco al Recurso Hídrico (Obra ejecutada)
- Permiso de Vuelco al Recurso Hídrico (Proyecto)
- Permiso Microemprendimiento
- Certificado de Prefactibilidad Hidráulica
- Certificado de Factibilidad Hidráulica
- Certificado de Disponibilidad del Recurso Hídrico

Bibliografía de referencia

Bibiloni H (2008) Ambiente y Política: una visión integradora para gestiones viables". ISBN: 978-987-1313-36-5. Pp. 544. Ed: Rap SA, Buenos Aires, Argentina.

Cafferatta N (2003) "Ley 25675 General del Ambiente comentada, interpretada y concordada. Doctrina Judicial, la Ley, Buenos Aires

CAFFERATTA, Néstor A. (2003) "Normas de presupuestos mínimos, Argentina. Informe al COFEMA" www.medioambiente.gov.ar/documentos/cofema/documentos/presupuesto_legislacion

COFEMA: Consejo Federal de Medio Ambiente. www.cofema.gob.ar

FARN (2003) "Presupuestos mínimos para la gestión y eliminación de PCBs". www.farn.org.ar/investigacion/presupmin/

FARN (2003) "Ley 25688 de Gestión Ambiental de Aguas". www.farn.org.ar/investigacion/presupmin

FARN (2003) "Ley de Acceso a la información pública ambiental" www.farn.org.ar/investigacion/presupmin

FARN (2004) "Ley N° 25916 de Gestión de Residuos domiciliarios". www.farn.org.ar/investigacion/presupmin

Constitución de la Nación Argentina (1994)
<http://bibliotecadigital.csjn.gov.ar/Constitucion-de-la-Nacion-Argentina-Publicacion-del-Bicent.pdf>

Normas Ambientales 4° Edición. Buenos Aires: La Ley, 2006. Derecho Ambiental.

OPDS. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible.

<http://www.opds.gba.gov.ar>

Pigretti E (2004) "Derecho Ambiental" ISBN: 987-1127-17-0. Pp. 413. Ed: Gráfica Sur SRL, Buenos Aires, Argentina.

SAyDS. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

<http://www.ambiente.gov.ar>

Valls C, Rimoldi de Ladmann E (2004) "Derecho y Medio Ambiente" Ed: Fundación Ciencias Jurídicas y Sociales, Buenos Aires, Argentina.

Valls M (2008) "Derecho Ambiental" Ed: Abeledo Perrot, Buenos Aires, Argentina.

LOS AUTORES

Laura Andrea Massolo

Doctora en Ciencias Exactas, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (FCE, UNLP). Profesora de “Gestión y Diagnóstico Ambiental”, de la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental e investigadora del Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), FCE, UNLP, en temas relacionados con la exposición a contaminantes atmosféricos y factores de riesgo asociados a la calidad de aire. Jefa del Área de Efluentes Gaseosos, Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) de la provincia de Buenos Aires. Miembro de la Comisión Revisora Permanente del Decreto Reglamentario 3395/96 en referencia a la calidad del aire de la provincia de Buenos Aires.

Fue JTP de “Modelos de Dispersión y Distribución de Contaminantes”, FCE, UNLP y representante por la provincia de Buenos Aires en la Comisión de Calidad de Aire del ente interjurisdiccional Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR). Participó en los talleres sobre “Actividades de Apoyo al Convenio de Estocolmo para la Elaboración de un Plan Nacional de Aplicación”. Fue integrante de la Comisión de Calidad de Aire del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Publicó 23 trabajos en revistas científicas internacionales, capítulos de libros y *proceedings*. Presentó 52 trabajos en eventos científicos nacionales e internacionales. Realizó informes técnicos y anteproyectos legislativos referidos a calidad de aire y numerosas inspecciones y auditorías sobre efluentes gaseosos en empresas de distintos rubros. Supervisó alrededor de 4500 informes de impacto sobre el recurso aire y Disposiciones de otorgamiento del Permiso de Descarga de Efluentes Gaseosos a la atmósfera en la provincia de Buenos Aires.

Atilio Andrés Porta

Licenciado en Ciencias Bioquímicas y Doctor en Ciencias Bioquímicas, FCE, UNLP. Profesor adjunto de Química Analítica y Modelos de distribución de contaminantes ambientales, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Investigador

Independiente en temas vinculados con la contaminación ambiental y los efectos en la salud, en la Comisión de Investigaciones Científicas, provincia de Buenos Aires, en el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), FCE, UNLP. Director del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, UNLP (2007-2013). Director de proyectos de investigación y extensión, aprobados y financiados por UNLP, CIC PBA, MinCyT (Cooperación internacional) y FonCyT.

Director de tesis de doctorado y de maestría, y de becas de CIC, PBA, CONICET y UNLP.

Analia Susana Coppola

Especialista en Ambiente y Patología Ambiental, Convenio UNLP- Università degli Studi di Siena. Licenciada en Biología, orientación Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Realiza auditorías ambientales de cumplimiento en la provincia de Buenos Aires.

Intervino en el Convenio marco entre UNLP y Prefectura Naval Argentina. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, FCE, UNLP.

Evaluó propuestas de remediación de suelos y aguas subterráneas contaminadas por hidrocarburos en sitios localizados en la provincia de Buenos Aires, Secretaría de Política Ambiental.

Se desempeñó como Perito Auxiliar de Justicia y Perito Biólogo integrante de una Comisión Interdisciplinaria de la Dirección General de la Asesoría Pericial, Poder Judicial de la provincia de Buenos Aires.

Fue Representante Interinstitucional en el Proyecto de Indicadores Territoriales de Desarrollo Sustentable de la Provincia de Buenos Aires. Fue co-responsable del Programa de Control de Remediación, Pasivos y Riesgo Ambiental dependiente de la Coordinación Ejecutiva de Fiscalización Ambiental. Resolución 88/2010. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires.

Dictó cursos de "Gestión Ambiental", FCE, UNLP y fue Jefe de trabajos prácticos en "Gestión y Diagnóstico Ambiental", de la Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental, FCE, UNLP.

Presentó y publicó numerosos trabajos en revistas y eventos científicos.
Realizó informes técnicos y anteproyectos legislativos referidos
a la remediación de suelos y agua subterránea, provincia de Buenos Aires.

Libros de **Cátedra**

ISBN: en trámite

FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS

e
exactas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA