

El presente libro de *Ecología* surge a partir de una investigación sistemática, apoyado por los grupos de investigación GECIT y CETIC de la Universidad del Atlántico, con el firme propósito de la creación de un texto Académico que permita la introducción a la comprensión de la Ecología como ciencia fundamental de todos los seres vivos. La investigación se llevó en diversas fases, las cuales incluyeron: Fase 1: revisión documental que permitiera la clarificación y obtención de conceptos claves; Fase 2: exploración la cual se llevó a cabo con estudiantes del octavo semestre de los programas de Licenciatura en Biología y Química y Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad del Atlántico, donde se evidenció las dificultades presentadas en la adquisición de conceptos por parte del alumnado; Fase 3: diseño didáctico para facilitar el aprendizaje; Fase 4: evaluación del diseño; Fase 5: escritura de producto académico, el cual facilita la comprensión de los conceptos relacionados a la Ecología como también la conceptualización a partir de las actividades prácticas en el desarrollo del curso, haciendo que el texto sea de fácil entendimiento, con información contextualizada apto para la enseñanza de la misma, y de esta manera permitirá comprender la importancia del medio ambiente y del papel que juega cada uno de los seres vivos en el planeta.

Escanee el código QR para conocer  
más títulos publicados por el Sello  
Editorial Universidad del Atlántico



# Ecología

ECOLOGÍA



Clemencia Cristina Henao Orozco  
Juan Carlos Arrieta Ruiz  
Edinson Hurtado Ibarra



# Ecología



Clemencia Cristina Henao Orozco  
Juan Carlos Arrieta Ruiz  
Edinson Hurtado Ibarra



# *Ecología*

 Clemencia Cristina Henao Orozco  
Juan Carlos Arrieta Ruiz  
Edinson Hurtado Ibarra

Catalogación en la publicación. Universidad del Atlántico. Departamento de Bibliotecas

Henao Orozco Clemencia -- Arrieta Ruiz Juan Carlos -- Hurtado Ibarra Edinson.

Ecología / Clemencia Cristina Henao Orozco, Juan Carlos Arrieta Ruiz, Edinson Hurtado Ibarra. – 1 edición. – Puerto Colombia, Colombia: Sello Editorial Universidad del Atlántico, 2018.

413 páginas. 17x24 centímetros. Ilustraciones.

Incluye bibliografía

ISBN 978-958-5525-45-0 (Libro descargable PDF)

1. Ecología 2. Ecología -- enseñanza 3. Educación ambiental. I. Autor. II. Título.

CDD 577 H493

## **Ecología**

**Autoría:** Edinson Hurtado Ibarra • Clemencia Cristina Henao Orozco • Juan Carlos Arrieta Ruiz

Universidad del Atlántico, 2018

### **Edición:**

Sello Editorial Universidad del Atlántico  
Km 7 Vía Puerto Colombia (Atlántico)  
[www.uniatlantico.edu.co](http://www.uniatlantico.edu.co)  
[publicaciones@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:publicaciones@mail.uniatlantico.edu.co)

### **Producción Editorial:**

Calidad Gráfica S.A.  
Av. Circunvalar Calle 110 No. 6QSN-522  
PBX: 336 8000  
[info@calidadgrafica.com.co](mailto:info@calidadgrafica.com.co)  
Barranquilla, Colombia

### **Publicación Electrónica**

Nota legal: Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros medios conocidos o por conocerse) sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos patrimoniales. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual. La responsabilidad del contenido de este texto corresponde a sus autores.

Depósito legal según Ley 44 de 1993, Decreto 460 del 16 de marzo de 1995, Decreto 2150 de 1995 y Decreto 358 de 2000.

### **Cómo citar este libro:**

Hurtado Ibarra, E., Henao Orozco, C. C., & Arrieta Ruiz, J. C. (2018). *Ecología*. Barranquilla: Editorial Universidad del Atlántico.

# Agradecimientos

---

Este texto fue concebido con el acompañamiento de los estudiantes del Programa de Licenciatura en Biología y Química, especialmente a los estudiantes SIGIFREDO AFRICANO CRECIENTE, JOFI LOAIZA SIERRA, JOHANA NAVARRO RUEDA, quienes fueron los encargados de sistematizar todo lo relacionado con el desarrollo de la investigación que se tradujo en el texto que se presenta a continuación.



# Contenido

---

<b>Agradecimientos</b> .....	5
<b>Prólogo</b> .....	9
<b>Introducción</b> .....	12
Capítulo I	
<b>Generalidades de la ecología</b> .....	14
Capítulo II	
<b>Conceptos básicos de la ecología</b> .....	68
Capítulo III	
<b>Acciones recíprocas entre las especies</b> .....	140
Capítulo IV	
<b>Biosfera</b> .....	176
Capítulo V	
<b>Educación ambiental</b> .....	263
Capítulo VI	
<b>Dinámica de poblaciones</b> .....	334
<b>Glosario general</b> .....	388
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	411



# Prólogo

---

Este texto está diseñado para su utilización en cursos, introductorios de Ecología General. El libro resume el análisis de contenido realizado por los autores a varios referentes bibliográficos de ecología, utilizados a nivel universitario; más específicamente a textos empleados en los Programas de Licenciatura en Biología y Química, y Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad del Atlántico.

El libro proporciona una introducción flexible, dependiendo de la extensión del curso y de lo que considere como temas relevantes.

Además, podrá manejar los conceptos claves y los principios que gobiernan cómo funciona la naturaleza.

## **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Flexibilidad: El presente referente bibliográfico está dividido en seis unidades:

La primera unidad, trata sobre las generalidades de la ecología.

La segunda unidad, se refiere a la presentación de los conceptos básicos de la ecología.

La tercera unidad, estudia las acciones recíprocas entre las especies.

La cuarta unidad, aborda el estudio de la biosfera y los problemas ambientales que alteran su equilibrio. En este sentido, se analiza en un contexto ideal para los organismos vivos y posteriormente desde el desequilibrio de ella, a partir de la influencia del hombre sobre ella.

La quinta unidad, presenta todo lo concerniente a la educación ambiental, y

La sexta unidad, presenta consideraciones generales sobre la dinámica de poblaciones.

Algunas secciones de las unidades pueden ser vistas en otro orden u omitidas para la adaptación a cursos con diferente aplicación y énfasis.

- **Comprensión:** Los autores procuraron escribir este libro en un estilo claro, informal e interesante.
- **Los resúmenes:** Presentan los principios clave de cada unidad.
- **Las notas ilustrativas:** Resaltan y dan mayor profundización en temas relevantes.
- **Los términos y conceptos clave:** Aparecen destacados en negrilla.
- **Los ejemplos:** Son abordados en su mayor parte desde el ámbito colombiano.
- **Los Esquemas:** (Gráficos y UVE heurística) ilustran con sencillez ideas complejas; fotografías en color, seleccio-

nadas cuidadosamente, muestran cómo los temas del texto se relacionan con el mundo real.

- Las preguntas intercaladas: Buscan profundizar y reflexionar sobre las temáticas tratadas.
- Se presenta al final un glosario general con todos los términos más importantes.

## Introducción

---

La ecología a comienzos de su insinuación, fue considerada como una rama de la biología, que estudia las relaciones existentes entre los seres vivos y el medio que les rodea, o como comúnmente es denominada “el estudio de la casa”. Surge a lo largo del siglo XX, siendo reconocida como ciencia fundamental en las Ciencias Naturales, debido a la necesidad de comprender el papel del hombre y su relación con la naturaleza, para así lograr alcanzar el equilibrio del medio, por medio de la conservación y preservación del mismo.

En este sentido la ecología es una ciencia que parte de conceptos esenciales, entre los que se encuentran biotopo, biomasa, sustrato, factores físico químicos, además de: seres vivos, materia, energía y flujo de la misma, entre otros, que permiten la explicación de los diferentes fenómenos que ocurren en el entorno y que dan explicación del funcionamiento de los ecosistemas; el flujo de energía posibilita la interacción biológica en un medio determinado, desde el punto de vista funcional la transmisión de la energía prominente del sol se da gracias a los ciclos bioquímicos y a las cadenas tróficas.

Asimismo, la ecología permite identificar los diversos ciclos energéticos que ocurren en la naturaleza, como son

los ciclos alimenticios denominados cadenas tróficas, clasificando los seres vivos acorde al papel que juegan en cada uno de ellos. Además de los ciclos inorgánicos que le afectan, como el del agua, del carbono, entre otros.

Debido a la estrecha relación de la ecología con el comportamiento del hombre, este, afecta a la naturaleza de la cual se puede disfrutar por todos los que en ella desarrollamos todas las actividades vitales, es una ciencia, que actualmente ha conseguido mayor difusión fuera del ámbito científico. En la ecología se pueden encontrar 3 conceptos diferentes alusivos, entre los que se encuentran: la autoecología, encargada del estudio de las relaciones de una sola especie con su medio; la dinámica de poblaciones, que describe y cuantifica las variaciones del número de individuos de una especie, buscando la causas, y la sinecología, la disciplina más completa pues estudia las múltiples relaciones que se establecen entre individuos de diferentes especies, y entre estos y el medio.

---

# Generalidades de la ecología

---

## **HISTORIA DE LA ECOLOGÍA**

El hombre se ha interesado por la ecología desde los primeros tiempos de su historia. En la sociedad primitiva cada individuo necesitaba tener conocimiento preciso, para subsistir, de su medioambiente, esto es, de las fuerzas de la naturaleza y de las plantas y los animales que lo rodeaban. Y sigue siendo necesario para la humanidad poseer un conocimiento inteligente del medio en que vive, puesto que las “leyes fundamentales de la naturaleza” han cambiado a medida que ha ido aumentando la población del mundo y la capacidad del hombre de alterar su medioambiente.

La ciencia de la ecología ha tenido, en el curso de su historia un desarrollo gradual; en el campo particular aceptado de la biología, la ciencia de la ecología data alrededor de 1900. La acumulación de estudios y experimentos, la búsqueda de un nuevo vocabulario y las sistematizaciones parciales sobre cuestiones particulares hicieron posible la publicación de las primeras ecologías generales durante la década de 1950, entre las cuales se pueden citar 2 de gran trascendencia en la ecología:

*Fundamentos de ecología* escrito por E. P Odum en 1986 y *Elementos de ecología* obra de G.L. Clarke publicada en 1954 los cuales contribuyeron al reconocimiento de la ecología como ciencia individualizada y diferenciada dentro de la biología. Casi cien años después de la primera definición de Ernest Haeckel (1869), la ecología se redefinía como la ciencia que trata de las relaciones entre los seres vivos y su medio físico, así como las relaciones con todos los demás seres vivos de dicho medio.

Actualmente, todo el mundo se da perfecta cuenta de que las ciencias ambientales constituyen instrumentos indispensables para crear y mantener la calidad de la civilización humana. En consecuencia, la ecología se está convirtiendo rápidamente en la rama de la ciencia más importante para la vida cotidiana de todo hombre.

## **ECOLOGÍA: DEFINICIÓN Y GENERALIDADES**

La palabra ecología deriva del vocablo griego *Oikos* que significa “casa” o “morada” o “lugar donde se vive” y raíz compartida con economía, y *logia* cuyo significado en su comienzo de palabra fue “discurso” ahora “tratado”. En sentido literal, la ecología es la ciencia que estudia los organismos “en su casa” y los factores físico químicos que la regulan y la condicionan, esto es, en su medio. Por lo regular la ecología se define como la parte de la biología que estudia las interrelaciones de los organismos entre sí y con su medio. El término ecología es atribuido al célebre biólogo alemán Ernst Haeckel en 1869, que le dio el significado de economía de la naturaleza.

Haeckel escribió: “Entendemos por ecología, el conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, la investigación de todas las relaciones del animal tanto en su medio inorgánico como orgánico, incluyendo sobre todo su relación amistosa u hostil con aquellos animales y plantas con los que se relaciona directa o indirectamente. En pocas palabras, la ecología es el estudio de todas las complejas interrelaciones a las que Darwin se refería a las condiciones de la lucha por la existencia. La ciencia de la ecología, a menudo considerada equivocadamente como biología en un sentido restringido, constituye desde hace tiempo la esencia de lo que generalmente se denomina historia natural”. Se trata de una ciencia descriptiva y experimental; con un gran número de aplicaciones, particularmente en lo que respecta a la conservación de los recursos naturales.

Actualmente, tras ser definida por Taylor en 1936, como la ciencia de todas las relaciones, de todos los organismos, con todos sus ambientes, la ecología goza de un sentido más amplio, pasando a ser una ciencia de síntesis. Paradójicamente, puede que nuestra propia subsistencia dependa de la correcta aplicación de esta ciencia. La ecología se ocupa especialmente de la biología de grupos, de organismos y de procesos funcionales en la tierra, en los mares y en el agua; por tal razón la ecología comprende la ecología terrestre, la dulce acuícola o limnología (ciencia dedicada al estudio de las masas de agua de los continentes), y la marina u oceanografía (ciencia que estudia los mares en el aspecto físico, químico, biológico y geológico).

El estudio de la ecología precisa abordar múltiples variables. Para progresar adecuadamente resulta más sencillo a partir del individuo, y continuar por la población, la comunidad y el ecosistema para finalizar en la biosfera. Aisladamente, el individuo es afectado por factores que no tienen origen vital, es decir, los factores abióticos de su ambiente. Sin embargo, si se le considera en relación con otros individuos de igual o diferente especie, se observa que es afectado por diferentes factores bióticos.

Existen diferentes estudios de la ecología según las relaciones que se establecen entre los individuos, su hábitat, población, etc. así se distinguen:

- La autoecología o ecología del individuo, que estudia el hábitat y los efectos y reacciones que produce sobre un organismo; es decir, la compleja interacción de los organismos con su medio físico.
- La ecología de poblaciones o demoecología, que se ocupa de las relaciones que los individuos establecen entre sí, y con su propio entorno, cuando se agrupan en poblaciones.
- La sinecología o la ecología de las comunidades y ecosistemas, o si se prefiere más sencillamente la ecología, que estudia la interacción de las poblaciones entre sí y con el medio que ocupan (dinámica y evolución de las comunidades).
- La ecología cultural, que estudia los modos en que el hombre se relaciona con el ambiente y en que las actividades humanas afectan a este. La ecología cultural intenta explicar el origen de los rasgos culturales pecu-

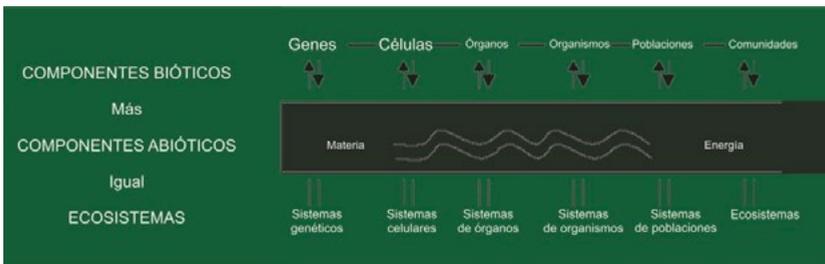
liares y las formas que caracterizan las distintas zonas, rechazando los aspectos más rudos del determinismo ambiental sustentados por los antropogeógrafos.

- La ecología humana, estudia la organización y desarrollo de las relaciones funcionales de las distintas comunidades humanas en el proceso de adaptación al medioambiente.
- La ecología sociológica, es la disciplina del campo de las ciencias sociales que se ocupa del estudio de las relaciones del hombre con el medio geográfico. De modo especial centra su atención en las relaciones humanas que se desarrollan en la acción de una población frente a su medio urbano. Al estudiar los tipos de ajuste social al medio geográfico o urbano, la ecología analiza la distribución de la población en el espacio según categorías étnicas, lingüísticas o sociales, e intenta establecer la correlación existente entre las modificaciones de la estructura social y las que se producen en el espacio habitado. Estas relaciones entre el hombre y su medio son estudiadas en su perspectiva temporal o dinámica.

## **NIVELES DE ORGANIZACIÓN ECOLÓGICO**

Tal vez la mejor manera de delimitar el campo de la ecología moderna, en términos de un énfasis cambiante, es considerando el concepto de niveles de organización vistos como una especie de “espectro biológico”, como puede verse en la Figura 1-1. En esta figura se puede observar convenientemente un tipo de espectro de niveles, en el cual unidades biológicas (comunidad, población, organismo, órgano, célula y gene) dispuestas en arreglo jerárqui-

co, de grande a pequeño, actúan recíprocamente con el medio físico (energía y materia) combinándose sucesivamente para producir una serie de sistemas funcionales característicos o sistemas vivos (biosistemas). La palabra “sistema” se usa en el sentido de la definición del Webster’s Collegiate Dictionary, que dice: “Elementos de interacción e interdependencia regulares que forman un todo unificado, o en otras palabras, conjunto de reglas o principios sobre una materia enlazados entre sí”. La porción derecha del espectro concierne, en gran parte a la ecología, como se muestra en la Figura 1-1 o sea, aquellos niveles más allá de los organismos como individuos



**Figura 1-1**

Niveles de espectro de organización. La ecología se centra en la porción del espectro a mano derecha, esto es, en los niveles de organización, de los organismos a los ecosistemas.

Fuente: Reestructurada por el autor, 2018

En ecología, el término población, originalmente acuñado para definir un grupo humano; se ha ampliado para incluir grupos de individuos de cualquier clase de organismos. En forma análoga, el término comunidad en el sentido ecológico (algunas veces denominada como “comunidad biótica”) incluye a todas las poblaciones de cualquier especie que habitan en un área determinada. La comunidad y el medio

abiótico funcionan juntos como un sistema ecológico o ecosistema (que será definido posteriormente).

Biocenosis y biogeocenosis (significa “vida y tierra funcionando juntas”), son términos paralelos de uso frecuente en las literaturas científicas, alemana y en la rusa, equivalentes de modo general a la comunidad y ecosistema respectivamente. El sistema biológico mayor y más aproximadamente autosuficiente que conocemos se designa a menudo como biosfera, que incluye todos los organismos vivos de la tierra que actúan recíprocamente con el medio físico como un todo, de modo que se mantenga un sistema de estado fijo intermedio en el flujo de energía entre la alta contribución de energía del sol y el sumidero térmico del espacio. La biosfera se funde imperceptiblemente (es decir, sin fronteras precisas) con la litosfera (las rocas, los sedimentos, el manto terrestre y el núcleo de la tierra), la hidrosfera y la atmósfera, las restantes subdivisiones de nuestro ámbito del planeta Tierra.

Finalmente, deberá subrayarse que como con cualquier espectro, la jerarquía de niveles de organización es continua, los límites se ubican de manera arbitraria y por conveniencia y facilidad en la comunicación. Toda vez que al ocuparnos del hombre y de animales superiores estamos acostumbrados a pensar en el individuo cual última unidad; la idea de un espectro continuo podrá parecer extraña a primera vista. Sin embargo, desde los puntos de vista de la interdependencia, de las relaciones recíprocas y de la supervivencia, no puede haber solución brusca de continuidad en lugar alguno de la línea. El organismo individual, por ejemplo, no puede sobrevivir por mucho tiempo

sin su población, del mismo modo que tampoco el mundo del órgano podría subsistir por mucho tiempo sin su organismo. Y en forma análoga, la comunidad no puede existir sin la circulación de materiales y la corriente de energía en el ecosistema.

### **Concepto de niveles de integración**

Un corolario muy importante para el concepto de niveles de organización es el principio de niveles de integración, también, conocido como principio de control jerárquico. Este concepto expresado de manera simple, dice: A medida que los componentes se combinan para producir conjuntos funcionales más grandes, en una serie jerárquica, se originan nuevas propiedades. Así, mientras más se avanza de los sistemas organismo hacia los sistemas población y los ecosistemas, se desarrollan nuevas características que no estaban presentes o no eran evidentes en el nivel inferior adyacente. El principio de niveles de integración es una declaración más formal del viejo adagio que dice: “el todo es más que la suma de las partes” o, “el bosque es más que un conjunto de árboles”. Esto tiende a ser omitido en la especialización de la ciencia moderna y de la tecnología, que reiteran que el estudio detallado de unidades cada vez más pequeñas, con la teoría de que ello es la única manera de tratar con asuntos complejos. La realidad es que, no obstante que los progresos en cualquier nivel dado ayudan al estudio de otro nivel, es difícil explicar en su totalidad el o los fenómenos que ocurren a dicho nivel. De tal manera que, para conocer y administrar con propiedad un área boscosa, no solamente es necesario considerar a los

vegetales como poblaciones, sino que debemos estudiar a aquella como un ecosistema.

En aspectos cotidianos reconocemos la dificultad básica para percibir el todo y las partes. Cuando alguien considera algo con un criterio muy restringido decimos que: “no puede ver la floresta por los árboles”. En particular, los tecnólogos han sido responsables, con frecuencia, de esta clase de visión restringida.

Para ayudar a aclarar el concepto de niveles de integración, tomaremos lo que sucede en los ecosistemas. Algunos están tan compactamente organizados o integrados de tal modo que la conducta de los componentes vivos se modifica en forma notable cuando funcionan juntamente en unidades de gran tamaño. En otros ecosistemas los componentes bióticos permanecen más laxamente vinculados y funcionan como entidades semiindependientes. En el primer caso, debemos estudiar el conjunto al igual que las partes principales, para entender al primero; con el otro caso, es más fácil entender el conjunto asilado y estudiando cada una de las partes a la manera del enfoque reduccionista tradicional. En general, los sistemas bióticos que se desarrollan bajo una condición irregular crítica de carácter físico, como en un desierto con lluvias ocasionales, están denominados por pocas especies, mientras que los sistemas en ambientes más favorables, como en el caso de selvas tropicales, tienden a tener muchas especies mostrando un alto grado de simbiosis e interdependencia entre poblaciones y nutrientes.

Un ejemplo sorprendente de la diferencia que puede tener el grado de integración de los sistemas sobre la conducta de una especie componente, se observa en casos donde los insectos se convierten en plagas cuando han sido desplazados de sus ecosistemas originales. La mayor parte de las plagas agrícolas en su hábitat nativo tienen un comportamiento inocuo, pero causan problemas cuando invaden o son introducidas inadvertidamente en otra región o en un campo agrícola reciente. Así, muchas plagas de la agricultura de Colombia vienen de otros países o continentes (y viceversa), como por ejemplo, la mosca de la fruta, el escarabajo japonés, el barrenador europeo del maíz, entre otras. Estas especies en su hábitat original funcionaban como partes de un ecosistema ordenado, en el cual estaba bajo control el exceso de reproducción y la tasa alimenticia; en situaciones nuevas sin dicho control, las poblaciones pueden comportarse como un cáncer que puede destruir todo el sistema, antes de que pueda ser establecido un control.

Es notorio que, a medida que se avanza de las unidades naturales más pequeñas hacia las más grandes, algunos atributos vienen a ser más complejos y variables, sin embargo, con frecuencia se ignora el hecho de que las tasas relativas a aspectos funcionales, pueden llegar a ser menos variables. Por ejemplo: la tasa de fotosíntesis de un área boscosa o de un sembrado de maíz puede ser menos variable que aquella de los árboles por individuo o que aquella de cada planta de maíz dentro de las comunidades, ya que cuando un individuo o especie decrece en su actividad, otra puede acelerarla como una forma de compensación. Más concretamente se puede decir que los

mecanismos homeostáticos, los cuales se podrían definir como acciones de verificación y de equilibrio (o de fuerzas dispuestas en sentidos antagónicos) que amortiguan oscilaciones, operan a lo largo del sistema.

Más o menos se puede familiarizar el mecanismo de homeostasia a nivel de individuo, como por ejemplo, el mecanismo regulador que mantiene la temperatura corporal razonablemente constante en el hombre, a pesar de las variaciones del medioambiente. Los mecanismos reguladores también operan al nivel de población, de comunidad y de ecosistema. Por ejemplo, se puede suponer que el contenido de dióxido de carbono en el aire permanece constante, sin imaginarnos tal vez, que es la integración homeostática de organismos y medioambiente, lo que mantiene las condiciones constantes, a pesar de los grandes volúmenes de gases que continuamente entran y salen del aire.

Los fenómenos de integración funcional y de homeostasia revelan que se puede iniciar el estudio de la ecología en cualquiera de los distintos niveles sin haber tenido que aprender todo lo que hay que saber sobre los niveles adyacentes. Como se sugiere en la Figura 1-1, muy diferentes instrumentos y estrategias son necesarios para los distintos niveles; así, no se usaría un microscopio para estudiar los océanos, una ciudad entera o el comportamiento del dióxido de carbono en la atmósfera. Recientemente los adelantos tecnológicos han ampliado de manera considerable la escala de los estudios ecológicos.

## **OTROS TÉRMINOS ECOLÓGICOS**

Además de los términos definidos previamente, en ecología, se tienen en cuenta otros; tal es el caso del término

biomasa, que incluye todos los elementos vivos del ecosistema. El término biotopo indica el sustrato donde se produce el asentamiento (espacio ocupado por un organismo que le brinda las condiciones mínimas) de la masa.

Por otra parte, el término especie, denota los organismos que ocupan un lugar determinado, que se pueden aparear y contienen características genéticas similares, o en otras palabras, grupos de organismos con características genéticas comunes que se pueden reproducir entre sí.

El término bioma, incluye las principales regiones ecológicas en que puede dividirse la superficie terrestre. Cada una de ellas posee sus características en cuanto a estaciones, duración del día, patrón de lluvias y temperaturas máximas y mínimas. Las principales biomas son: la tundra, el bosque de coníferas, el bosque de caducifolias, el bosque tropical, la pradera de clima templado, la sabana y el desierto (que serán detallados más adelante). Se denominan según la vegetación predominante, ya que esta determina el resto de los seres vivos que se encuentran en cada bioma.

Es preciso, también definir el término medioambiente, para lo cual es necesario analizar la estructura dual del término:

- De un lado, aparece el concepto de <<medio>> como entorno óptimo global, lugar físico habitable y espacio donde desarrollar actividad.
- De otro, se nos ofrece el concepto de <<ambiente>> como escenario de relación entre elementos, como con-

junto de interacciones mutuas entre los seres vivos, complementado por aquel orden de factores físicos y agentes que limitan y diferencian ese escenario de otros posibles.

Concretando la discusión en el terreno estrictamente biológico y natural –en lo que se refiere a los seres vivos en general–, se puede decir según la noción actual, que el medioambiente es el lugar donde habita un determinado tipo de seres vivos, incluyendo todo el conjunto de factores que hacen posible la vida en el mismo, así como las posibles relaciones mutuas que puedan establecer entre ellos y los lugares en que habitan.

Generalizando esta idea al <<medio artificial y humano>>, descubrimos que también los individuos y comunidades humanas disponen de espacios físicos en los que desarrollan ordinariamente sus acciones, transformándolos a su capricho en muchas ocasiones o simplemente haciendo uso de ellos en condiciones naturales. Si bien, el factor humano, cuando se aborda exclusivamente desde la perspectiva biológica, en orden a flujos de recursos, cadenas de abastecimiento alimenticio, producción, manufactura y consumo energético, queda ampliamente sesgado y reducido a una dimensión ficticia, meramente organicista y biofísica, se ignoran de entrada, aspectos relevantes y peculiaridades diferenciadoras propias de la especie humana y sus dominios de relación: estamos hablando de la intencionalidad en las acciones, de la capacidad de previsión de resultados, del poder comunicativo del ser humano, de su cualificación para la creación de significados, así como

de la consiguiente disponibilidad para la interpretación simbólica.

En consecuencia, el medioambiente referido a los seres humanos, se carga de connotaciones y matices propios de otros órdenes del conocimiento distintos de la biología, tal es el caso de la Semiótica (ciencia de los signos y sus significados), la Psicología (ciencia de la conducta y su evolución), la Pedagogía (ciencia encargada de la gestión de los procesos educativos y las interacciones entre la enseñanza y el aprendizaje) y la Sociología (ciencia de los acontecimientos colectivos).

Desde el punto de vista etimológico, los términos <<medioambiente>> y <<medio>> han sido utilizados como sinónimos durante bastante tiempo (GIOLITTO, 1984:13), pero a su vez se han prestado a confusiones generalizadas, de manera que se ha identificado comúnmente la primera versión con una noción más restringida del entorno y circunscrita al espacio natural; mientras la segunda posee unas connotaciones más humanizadas. En este sentido, el medio en general, ha señalado el cúmulo de significados y relaciones que el individuo como ser racional y creativo determina en su realidad envolvente, conforme a criterios de funcionalidad y organización que desde el punto de vista de sus necesidades de comunicación, bienestar o expresión artística ha sido capaz de crear. Por otra parte, el término medioambiente encierra connotaciones de posicionamiento personal y crítico en un medio mucho más restringido al ámbito de lo estrictamente natural y a la reflexión sobre las consecuencias que provocan sus acciones. De esta manera, el medioambiente hoy no alude sola-

mente al ámbito natural, sino que se extiende al dominio de los fenómenos sociales, diversificándose el campo de significación desde lo natural y meramente biológico a lo histórico, cultural, socioeconómico, tecnológico, político, educativo...

Se entiende, pues, por medioambiente todo el conjunto de seres y de elementos que constituyen el espacio próximo o lejano del ser humano; conjunto sobre el cual él puede actuar, sin que por ello le dejen de influir de forma total o parcial esas circunstancias, condicionándole su existencia e influyendo directamente en sus modos de vida. De esta forma, una perspectiva amplia y renovada sobre el medioambiente debe contemplar:

**El Medioambiente Natural.** El conjunto de seres vivos (animales y vegetales) y de sus medios de vida, constituyen el medioambiente natural o biológico, conceptualizados en los términos de biocenosis y biotopo respectivamente. Cada biotopo consta, a su vez, de dos ingredientes básicos: un sustrato (agua, aire o tierra) y una colección de factores ambientales (temperatura, luz, humedad, etc). Al conjunto formado por una biocenosis y sus biotopos correspondientes se le ha denominado <<ecosistema>>, en cuanto, <<disposición de organismos vivos y su medio en un sistema de acción recíproca y que, a su vez, es fruto de una serie de interacciones: interacciones en el seno de los dominios vegetal y animal, influencia recíproca de estos reinos, así como de los organismos vivos y del medio>>. Las relaciones específicas de alimentación y consumo establecidas entre uno y otro reino se han denominado cadenas tróficas, y el estudio bioquímico y energético de las mismas ha sido posible gracias a la noción de ciclo

natural (tomemos como idea elemental de ciclo el que sigue el agua en sus diferentes estados y procesos, para extender esta idea a ciclos más complejos como el del carbono, nitrógeno y fósforo).

**El medioambiente histórico.** Está constituido por el conjunto de patrones que a lo largo de la historia ha desplegado el individuo en su interacción colectiva con los lugares que le rodean: dejando constancia de ello a través de los vestigios y testimonios heredados de las grandes civilizaciones que han poblado el Planeta. La persistente actividad del ser humano desde comienzos de su hominización se inscribe en el pasado como un ejercicio constante de intervención sobre su hábitat, y de transformación del espacio. Esta huella es especialmente relevante en aquellos entornos artificiales de tipo rural o urbano en que la sublimación de lo natural frente a la creación humana ha sido total, sobre todo con el advenimiento de la revolución industrial, en que la creciente extensión de las ciudades, la proliferación de nuevas vías de comunicación en espacios naturales, así como el impacto generado por los vertidos industriales, han transformado desordenadamente en unos casos y meticulosamente en otros, los rasgos primigenios de nuestro hábitat.

La historia de la humanidad es la historia de la utilización del entorno ambiental. Todos los recursos materiales usados por el ser humano provienen del medio, el progreso de la humanidad ha entrañado necesariamente la transformación del medioambiente. La sociedad industrial es, hasta el momento presente, el estadio más avanzado de esta progresión humana. <<Pero la sociedad industrial

actual no es el techo máximo a que podemos aspirar, pues incurre en serios errores de gestión ecológica>>.

**El medioambiente socio-cultural.** El ser humano, en cuanto ser social, integrado en sistemas de producción, consumo y ocio, requiere de los demás individuos de su especie para sobrevivir; los demás, naturalmente, forman parte de su ambiente cotidiano, con ellos se relaciona, se organiza, discute, se recrea y se educa.

La cultura se concibe como el eslabón adaptativo que permite a una población humana concreta, en un tiempo histórico y en un espacio concreto, acoplarse a las condiciones ecológicas del entorno, con el fin de garantizar su subsistencia. Más aún, la cultura como respuesta adaptativa, y el contexto ecológico como espacio de interdependencias.

Hay que resaltar la presencia del entorno como elemento permanente en la conceptualización de la cultura, siendo este el rasgo diferenciador de las modalidades de adaptación que la cultura desarrolla y mantiene en los enclaves en que se asienta. Cada cultura está adaptada al medio, al ambiente concreto que rodea a cada grupo social, y simultáneamente, esa civilización crea un tipo especial de relación con el entorno natural.

El ser humano, en cuanto ser biológico que habita un medioambiente natural, disfruta de un legado histórico y comparte una tradición socio-cultural, forma parte de los ecosistemas naturales y sociales en los que habita, siendo el organismo vivo de mayor movilidad y extensión de toda la biosfera.

## **ECOSISTEMA**

El término ecosistema fue introducido por el ecólogo inglés Anthur George Tansley en 1935, quien lo define como la unidad fundamental ecológica, constituida por la interrelación de una biocenosis y un biotopo. Es decir, un ecosistema está constituido por un medio físico (el biotopo, hábitat o ambiente), sus pobladores (la biocenosis o conjunto de seres vivos de distintas especies o población) y las interrelaciones entre ambos, todos ellos formando una unidad en equilibrio dinámico.

### **Los constituyentes fundamentales de un ecosistema**

Son constituyentes fundamentales de un ecosistema las sustancias inorgánicas (agua, carbono, dióxido de carbono, etc.); las sustancias orgánicas (lípidos, proteínas, carbohidratos, etc.), que son producidos por los organismos vivientes; los factores ambientales abióticos (humedad, temperatura, etc.); y tres componentes también fundamentales: los autótrofos, heterótrofos y descomponedores.

**Autótrofos.** Los autótrofos son los organismos productores, que realizan su función mediante la fijación de la energía luminosa, consumo de sustancias inorgánicas de estructura simple y la constitución de moléculas de estructura cada vez más complejas. Es decir, se trata de plantas verdes capaces de ejercer la fotosíntesis (transformación de sustancias inorgánicas en compuestos orgánicos por medio de la luz).

También son autótrofas cierto tipo de bacterias que toman su energía mediante oxidación-reducción de compuestos minerales del azufre, el hierro y el manganeso, principalmente.

**Los heterótrofos.** Son los consumidores; utilizan, reestructuran y consumen materiales complejos. Se trata de animales que se nutren de materiales previamente transformados, o de otros organismos animales, con el propósito de obtener la energía que les permite realizar sus procesos biológicos. Estos organismos están representados en los ecosistemas, por microorganismos, como copépodos y por todos los animales inferiores y superiores, con el hombre en la cúspide de la pirámide, ejerciendo el papel de consumidor supremo.

Los descomponedores (hongos y bacterias). Son los encargados de descomponer en sustancias más simples, la materia protoplasmática de los productores y consumidores muertos.

### **Niveles tróficos**

Si se analiza el ecosistema desde el punto de vista de su estructura, podemos agrupar los organismos en niveles tróficos. Se trata de un conjunto de transferencia de alimentos que se establece entre un grupo de organismos de un ecosistema y otro. La cadena está formada por eslabones (no más de cuatro o cinco) de grupos de seres vivos de forma que cada uno de ellos se alimenta del anterior.

### ***Identificaciones de los eslabones***

El primer eslabón lo forman básicamente las algas y las plantas verdes, organismos productores o autótrofos que

se alimentan de sustancias inorgánicas: son los productores primarios que a su vez, sirven de alimento a los carnívoros (consumidores secundarios o carnívoros de primer orden), de los cuales se alimentarán sus depredadores, etc.

El último eslabón de la cadena lo componen los microorganismos descomponedores o transformadores de materia orgánica, que se alimentan de los cadáveres de los consumidores de cualquier grupo y de los restos de los productores primarios: en su metabolismo producen abundantes cantidades de residuos inorgánicos que serán utilizados por los organismos autótrofos con lo que se cierra la cadena.

A estos niveles también se les denomina cadena trófica y, en base a las ramificaciones laterales que existen, también se habla de red trófica. Los productores o autótrofos son micro y macroorganismos, que realizan una labor de sintetizado y almacenamiento de las sales minerales extraídas del biotopo y la energía solar en su espectro visible. La energía que reciben una vez transformada es acumulada como energía química.

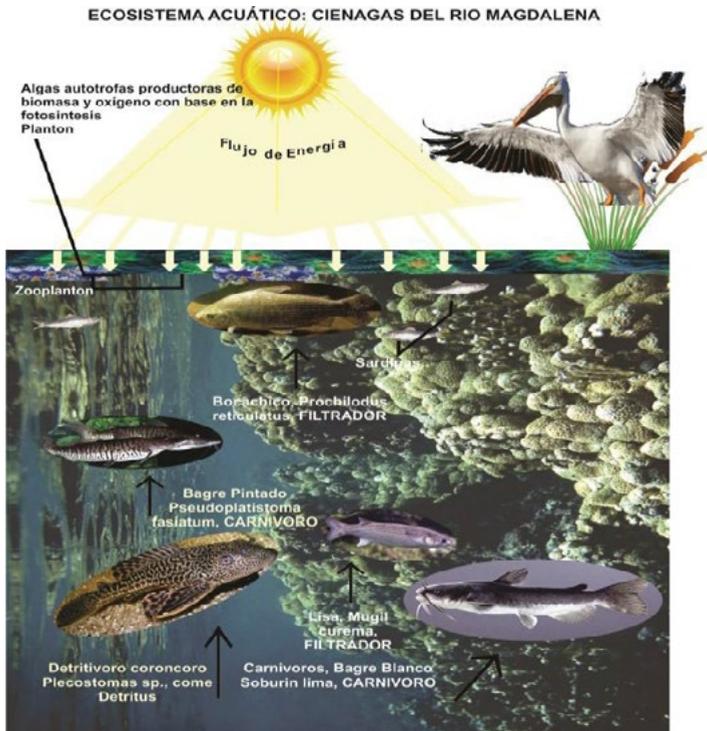
**Los consumidores.** Viven de la materia orgánica que elaboran los productores. Se distinguen dos niveles, los consumidores propiamente dichos o consumidores de materia fresca, y los detritívoros o saprobios.

El paralelo con estos consumidores se puede situar a los omnívoros o diversívoros, los cuales incluyen en su alimentación no solo productores, sino también a otros con-

sumidores, ejemplo los osos, el jabalí, e incluso los propios seres humanos.

- **Consumidores de materia fresca.** Según las características de su alimento se subdividen a su vez en varias categorías: 1er, 2º y 3er orden.
- **Consumidores de primer orden.** Son animales herbívoros y parásitos de las plantas. Se alimentan de forma directa de los productores.
- **Consumidores de segundo orden.** Son animales carnívoros que se alimentan de los animales herbívoros, es decir, de los consumidores de 1er orden.
- **Consumidores de tercer orden.** Son animales carnívoros que se alimentan a su vez de otros carnívoros. Comprende a los superdepredadores.
- **Consumidores de materia muerta.** Son los detritívoros o saprobios. Consumen materia muerta, tales como cadáveres, residuos o excrementos. Parte de esa materia la descomponen y mineralizan para ser convertida en humus. Según el origen y estado de la materia se distinguen en carroñeros o necrófagos, saprófagos y coprófagos.
- **Carroñeros o necrófagos.** Son animales que se alimentan de cadáveres frescos, ejemplo: los buitres, gallinazos o larvas de insectos.
- **Saprófagos.** Son consumidores que se alimentan de cadáveres o restos descompuestos, ejemplo: las lombrices de tierra o los escarabajos.
- **Coprófagos.** Son consumidores que se alimentan de los excrementos de otros animales, ejemplo: los escarabajos.

**Los descomponedores o transformadores.** Son los saprofitos encargados de descomponer y mineralizar en su totalidad la materia orgánica muerta, que ya ha sido más o menos alterada por los organismos del nivel anterior. En el proceso se libera  $CO_2$ ,  $NH_3$   $SH_2$ . Los diferentes iones reaccionan con los componentes del suelo convirtiéndolos en sales minerales, las cuales serán posteriormente absorbidas por los autótrofos al disolverse en el agua. Mediante este proceso de niveles tróficos, la utilización de los elementos químicos de la materia es cíclica, salvo en aquellos casos en que los elementos son retirados o acumulados, impidiéndose la descomposición e inclusión en dicho ciclo.



**Figura 1-2**

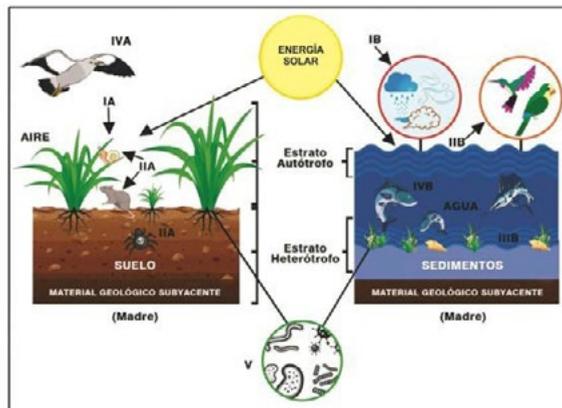
Representación de una cadena trófica.

Fuente: Reestructurado por el autor, 2018

## ***Niveles Tróficos en Ecosistemas Terrestre y Acuáticos***

### *Ecosistema terrestre de pradera*

En el ecosistema terrestre de pradera representado en la Figura 1-3 podemos observar los distintos eslabones que constituyen la cadena trófica que se da en el mismo. La energía penetra en el ecosistema en forma de la radiación suministrada por el Sol, quien determina la funcionalidad de los ecosistemas, son igualmente importantes los factores bióticos y abióticos que integran las redes tróficas.



**Figura 1-3**

Comparación de la estructura de un ecosistema terrestre (pradera) y un ecosistema acuático (lago o mar).

Fuente: Reestructurado por el Autor, 2018

Los seres vivos pueden dividirse en categorías de acuerdo con su función en el flujo de energía en las comunidades. La energía fluye a lo largo de las comunidades de los productores fotosintéticos hacia varios niveles de consumidores, cada categoría de organismo se llama nivel trófico (literalmente “de alimentación”).

En el esquema podemos identificar los siguientes niveles tróficos:

**I. A Autótrofos:** o productores, son organismos fotosintéticos porque producen alimento para ellos mismos; además, directa o indirectamente producen alimento para casi todas las otras formas de vida. En las praderas encontramos gramíneas y herbáceas, principalmente, además de algunos arbustos: Primer nivel trófico.

Los organismos que no pueden fotosintetizar no producen alimento, para ellos mismos, sino que deben adquirir la energía que se encuentra en las moléculas de los cuerpos de otros organismos. Estos organismos son llamados heterótrofos o consumidores.

**II. A Herbívoros:** o consumidores primarios; se alimentan directa y exclusivamente de productores, la fuente de energía viva más abundante en el ecosistema, que van desde los saltamontes, ratones de campo, conejos, venados, etc. Forman el segundo nivel trófico.

**III. A Detritívoros:** organismos que se alimentan de materia orgánica muerta. Ejemplo: invertebrados del suelo (caracol, escarabajos, etc.).

**IV. A Carnívoros o consumidores secundarios:** forman el tercer nivel trófico. Se alimentan de carne principalmente de herbívoros. Ejemplo: águila, serpiente, zorro, etc.

**V. A Saprótrofos:** son básicamente hongos y bacterias que digieren el alimento fuera de su cuerpo, absorben los nutrientes que necesitan y liberan los nutrientes

restantes. Al liberar los nutrimentos para su nuevo uso los descomponedores forman un enlace vital en el ciclo de nutrimentos de los ecosistemas.

*El ecosistema acuático de un pantano*

El funcionamiento de los ecosistemas acuáticos es muy similar al de los ecosistemas terrestres, aunque las especies que encontramos en él son muy diferentes. En este es igual de importante la luz solar para que las plantas acuáticas puedan realizar la fotosíntesis. Los niveles tróficos que encontramos en este ecosistema son:

- I. B Autótrofos:** forman el primer nivel trófico y está representado por el fitoplancton (diatomeas planctónicas).
- II. B Herbívoros:** o consumidores primarios forman el segundo nivel trófico, constituido por el zooplancton (larvas de invertebrados, diaptomus, etc.), camarón, almejas.
- III. B Detritívoros:** invertebrados bentónicos en el agua.
- IV. B Carnívoros:** forman el tercer nivel trófico. Son los consumidores secundarios. Ejemplo: anchoveta, cangrejo, lémulo. A veces algunos carnívoros se comen a otros carnívoros; cuando esto sucede se forma el cuarto nivel trófico, son los consumidores terciarios; como el tiburón y el pez roncador.
- V. B Saprótrofos:** bacterias y hongos putrefactores, que viven del detritus, o sea, de la materia orgánica que entra al agua de este sistema, llegando al fondo la mayor parte. Fracciones pequeñas de materia orgánica quedan disueltas en el agua, en la cual son consumidas por las bacterias.

## **Funcionamiento del ecosistema**

El ecosistema funciona como un sistema prácticamente cerrado, sin influencias externas (el ejemplo más demostrativo es el de un lago). La energía lumínica procedente del Sol es captada por los productores primarios (autótrofos), quienes la transforman en materia orgánica, punto de partida de la cadena alimentaria (o red trófica); el ecosistema se equilibra cuando la producción de materia orgánica (biomasa) se mantiene estable (es el punto que se denomina clímax).

En principio, cuando solo hay organismos autótrofos, la biomasa aumenta muy rápidamente, hasta que aparecen los primeros herbívoros, que hacen disminuir la velocidad de producción de la misma; la llegada de carnívoros equilibra el consumo de materia orgánica al reducir el número de herbívoros. Los componentes, presentes desde el inicio, cierran la cadena.

En el ecosistema pueden distinguirse dos subniveles; el fenosistema que es aquella parte accesible a los sentidos, como los paisajes; y el criptosistema, el cual implica necesariamente una metodología específica para su conocimiento.

## **Tipos de ecosistemas**

Aunque el término ecosistema puede referirse a biotopos y biocenosis muy diversos en tamaño, generalmente se reconocen tres tipos: microecosistema, por ejemplo el tronco de un árbol o la fisura de una roca; mesoecosistema, refe-

rido a una extensión de media como una pradera, bosque, lago, etc.; y macroecosistema, donde se engloban grandes extensiones de tierra, océanos o ambos, como puede ser el mar Caribe colombiano o toda la región Atlántica. La transición entre dos de estos ecosistemas no suele realizarse bruscamente, sino que se produce una yuxtaposición en la zona limítrofe que presenta generalmente características propias; a esta zona se le denomina ecotono.

### **Otras definiciones relativas a un ecosistema**

**Litotelma.** Es un biotopo de reducidas dimensiones formado por una concavidad excavada en una roca y llena con el agua de lluvia.

**Necrón.** Es el conjunto formado por las porciones muertas de una comunidad vegetal.

**Especie vicariante.** Se llama así a la especie que sustituye o reemplaza a otra dentro de un ecosistema cuando se modifican las condiciones del mismo.

### **Clases de ecosistemas**

En términos generales se puede decir que existen ecosistemas terrestres, acuáticos y urbanos, los cuales presentan subdivisiones producidas por el clima de acuerdo con la zona de tierra o con la altura sobre el nivel del mar.

En los ecosistemas terrestres la cantidad de lluvia que cae en un año determina diferencias muy importantes en la cantidad y la clase de seres que lo habitan, lo mismo que en la producción anual de energía.

CONCEPTUAL	PREGUNTA CENTRAL	METODOLOGÍA
<p><b>Modos de Ver el mundo.</b> En la naturaleza los animales y las plantas deben adaptarse al ambiente para lograr sobrevivir y reproducirse.</p> <p><b>Filosofía.</b> Aristóteles e Hipócrates hablan de tópicos ecológicos. No obstante el término ecología no se conocía hasta este momento.</p> <p><b>Teorías.</b> El ecólogo inglés Ag Tansley propuso en 1935 el término ecosistema. Karl Möbius escribió 1877 sobre comunidades de arrecife refiriéndose a dicha comunidad como "biocenosis". Forbes 1878, escribió un ensayo sobre un lago, al que denominó "Microcosmo". Además, de estos, muchos otros hablan sobre el término ecosistemas desde sus especialidades.</p> <p><b>Principios.</b> Aunque el origen del término "ecología" es dudoso se acepta que fue el biólogo alemán Ernst Haeckel el primero en definirlo en el siguiente párrafo: la ecología es el estudio de todas las complejas interrelaciones a las que Darwin se refería como las condiciones de la lucha</p>	<p><b>¿A qué hacemos referencia cuando hablamos de ecosistema? Explica tu respuesta</b></p> <p><b>¿Crees tú que las diversas condiciones ambientales y la relación con el medio son las que determinan la existencia de una especie?</b></p>	<p><b>Aseveración del valor:</b> A través de una lectura se resalta la importancia de cuidar y conservar el medio ambiente y los ecosistemas. Se busca la solidaridad del hombre con el ambiente.</p> <p><b>Aseveración del conocimiento.</b> En esta etapa del aprendizaje se realizan unas guías con actividades relacionadas con el tema que busca crear estructuras cognitivas con el fin de desarrollar habilidades a los estudiantes hacia el manejo del conocimiento.</p> <p><b>Registro.</b> Cada una de las actividades serán evaluadas teniendo en cuenta los siguientes aspectos como la participación, el interés, análisis y comprensión de cada una de las actividades.</p>



**OBJETO Y CONOCIMIENTO**

Salida de campo que permita la interacción con el medio.

**Figura 1-4**

UVE Heurística sobre las generalidades del ecosistema.

Fuente: Propia del Autor, 2018

En los ecosistemas acuáticos se presentan diferencias por la salinidad: se presentan aguas marinas con salinidad de 38g por cada litro, aguas salobres o estuarinas en las desembocaduras de los ríos (Ejemplo: Bocas de Ceniza en Barranquilla-Colombia) con salinidades variables y, aguas dulces en ciénagas (Ejemplo: Ciénaga Grande de Santa

Marta, Ciénaga de Mallorquín), lagunas (Ejemplo: Laguna del Guájaro) y ríos (Ejemplo: río Amazonas, río Magdalena, río Bogotá) con salinidades muy bajas, con concentraciones de sales de solo 0,160 a 0,182 g/l.

El ecosistema urbano se caracteriza por presentar grandes recorridos horizontales de los recursos de agua, alimentos, electricidad y combustible que genera, capaces de explotar otros ecosistemas lejanos y provocar importantes desequilibrios territoriales.

### ***Ecosistemas Terrestres***

Estos ecosistemas corresponden a los diversos tipos de medios, como son, bosque, sabana, páramo, taiga, tundra, desierto y praderas.

**Bosque Tropical:** Es un bosque lluvioso con diversidad de especies vegetales y animales suelos delgados y pobres en nutrientes.

**Sabana Tropical:** Ecosistema de pradera con comunidades boscosas. Hay una población de mamíferos herbívoros.

**Páramo:** Ausencia de árboles estratificados, vegetación especial con hojas gruesas. Es un ecosistema de montañas.

**Bosque Templado:** Presenta las cuatro estaciones, árboles medianos y un suelo rico en nutrientes.

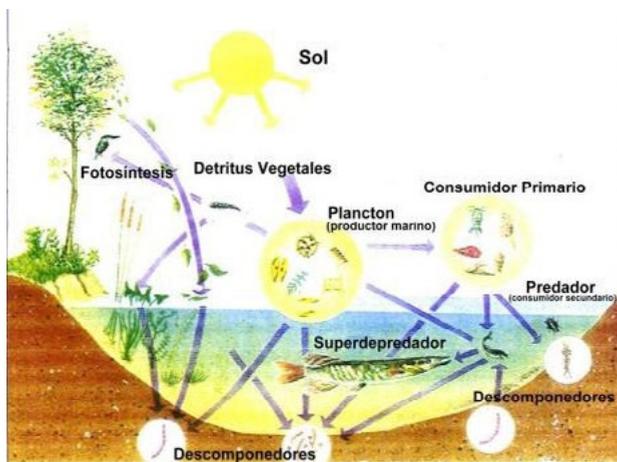
**Taiga:** Los árboles de este ecosistema son coníferos conocidos como siempre verdes, su suelo posee pocos pastos. Abundan sapos y mosquitos.

**Tundra:** Es una tierra de hierba baja subártica, es decir que la vegetación consiste en musgos, líquenes, hierba y plantas leñosas; temperatura de 5°C.

**Desierto:** Hay largos períodos de sequía, escasa vegetación. Sus animales han desarrollado mecanismos para sobrevivir ante la ausencia de agua. Abundan los cactus.

**Praderas:** Dominan los pastos, su suelo contiene mucha materia orgánica, hay una gran variedad de manadas de mamíferos.

### ***Ecosistemas Acuáticos***



**Figura 1-5**

Se muestra aquí esquematizada una charca como ejemplo de un ecosistema típico en que es posible encontrar la mayoría de las relaciones que se dan entre el biotopo y la biocenosis y las que tienen lugar entre los miembros de esta.

Fuente: Elaboración Propia del autor, 2018

Los ecosistemas acuáticos incluyen agua de océanos y las aguas continentales dulces o saladas. En el ecosistema acuático encontramos:

- Sistemas Lénticos
- Sistemas Lóticos
- Ecosistemas Estuarios
- Ecosistemas Marinos
- Ecosistemas de Humedales

**Sistemas Lénticos:** Hace referencia a las aguas relativamente quietas de lagos y lagunas. Para diferenciar lagos y lagunas se manejan dos teorías: La primera, que los lagos son aquellos cuerpos de agua donde el viento tiene un papel dominante en la mezcla de sus aguas. A diferencia de las lagunas en donde la mezcla de sus aguas la realizan corrientes impulsadas por diferencias en la temperatura del agua.

Otro enfoque define los lagos como cuerpos de aguas grandes y profundas, y las lagunas como cuerpos de agua pequeños y poco profundos.

En un cuerpo de agua se pueden diferenciar estratos o zonas de acuerdo con las características del agua que prevalecen en profundidades distintas. Las características de un cuerpo de agua de acuerdo con sus estratos o zonas se denominan: Zonación, por ejemplo: en un lago existen dos zonas, zona efótica y zona afótica. La zona efótica o fótica que se extiende desde la superficie hasta el lugar donde la luz penetra. La zona afótica que va desde el límite de la zona fótica hasta el fondo del lago. También encontramos la zona litoral en las orillas, de la zona pelcígica en el centro del lago y la zona béntica en el fondo. En las cadenas tróficas de un lago se hayan organismos autótro-

fos representados por las plantas verdes y los microorganismos quimiosintéticos,

organismos fagótrofos o macro consumidores como los herbívoros, los depredadores y algunos parásitos finalmente los saprófagos. Los organismos que viven en un lago se clasifican de acuerdo a su hábitat más importante.

**PLANCTON:** Lo constituyen los organismos minúsculos que flotan y son movidos por las olas.

**FITOPLANCTON:** Las algas microscópicas.

**NECTON:** Peces de la zona pelágica.

**BENTOS:** Organismos que viven en el fondo de las corrientes de agua.

**AUFWUCH O PERIFITON:** Troncos sumergidos a cualquier superficie que sirva como sustrato para adherirse.

**EPIBÉNTICOS:** Los que se mueven enterrados y larvas de insectos.

**Sistemas Lóticos:** Los cuerpos de agua corriente como quebradas y ríos, constituyen los sistemas lóticos. En este tipo de ecosistemas la corriente es factor dinámico esencial. Las quebradas se diferencian de los ríos porque conducen menos caudal o volumen de agua por unidad de tiempo. Un río presenta ciertas zonas que se denominan rabiones, donde la velocidad de la corriente mantiene los fondos limpios. Otra zona conocida como: Remanso, donde la velocidad de la corriente es reducida y por esto

el cieno y los materiales sueltos se depositan formando un fondo blando. Otras zonas son:

CRENAL: manantial que da origen al río.

RITRAL: Parte alta donde hay bastante declive y corrientes rápidas.

POTAMAL: Donde el cauce es ancho y la corriente lenta.

En un río se distinguen comunidades que habitan los rabinos, peces, algas, caracoles, musgos.

En los remansos: vegetación con raíces de sedimentos acumulados, mientras que en las zonas turbulentas no hay plantas grandes por falta de luz.

### ***Ecosistemas estuarios***

El estuario es el lugar donde el río desemboca en el mar, la mezcla de agua dulce y agua salada con sus diferencias en densidad determinan un tipo de estructura peculiar. El agua del estuario es salobre, los estuarios se clasifican de acuerdo a las diferencias geomorfológicas y a los diferentes sistemas de energía. La abundancia de peces es notoria en los estuarios, también hay: gusanos, poliquetos, nemátodos, camarones, caracoles, etc. Posee algunas hierbas de pantanos, micrófitos, bénticos y fitoplancton.

### ***Ecosistemas Marinos***

Los organismos marinos tienen movimientos libres, únicamente limitados por la temperatura, salinidad y profundidad. Hay una gran variedad de formas corrientes, también

se haya dividido en: zona pelágica, zona batipelágica, zona nerítica, zona oceánica, zona eufótica, afótica, nerítica, batial, litoral y sublitoral.

El conjunto de los ecosistemas que forma la cubierta viva del planeta Tierra conforman la biosfera, el mayor ecosistema que existe.

### ***Ecosistemas de humedales***

Es importante mencionar los ecosistemas llamados humedales que involucran a los pantanos, manglares y diferentes formaciones vegetales que crecen en suelos húmedos o inundados. Los humedales son de gran importancia por la gran diversidad de vida que mantienen. En Colombia existen dos millones de hectáreas de estos importantes ecosistemas, representados principalmente en ciénagas que deben protegerse porque están sufriendo procesos acelerados de sedimentación y contaminándose con pesticidas y fertilizantes lavados desde los suelos agrícolas. En algunos casos se están deseando para usarlos en agricultura y ganadería.

### ***Ecosistemas urbanos***



**Figura 1-6**

Ciudad de Medellín, que se mantiene por la entrada de grandes cantidades de combustibles y alimentos, con la correspondiente salida de grandes cantidades de desperdicios y calor.

Fuente: Reestructurada por el autor, 2018

Hoy día impera una necesidad urgente por hacer de las ciudades y centros de operaciones, lugares sostenibles para sus integrantes y para el resto del medioambiente.

Una vez que el ser humano abandonó la vida silvestre para asentarse en modos comunes más adecuados a su modo de vida, inmediatamente pasó a construir un sistema paralelo de hábitat artificial, el cual, no ha sabido controlar eficientemente.

Entonces, no se vive ya en una selva verde cubierta de árboles y exuberante vegetación, con ríos de agua cristalina, sino que la especie humana se desarrolla y prospera en una selva urbana, llena de edificios y asfalto, por donde fluyen aguas negras y residuos contaminantes, alterando su modo de hábitat y el del resto del planeta.

Se puede definir la ciudad como un ecosistema, siendo el hombre y sus sociedades subsistemas del mismo.

Contiene una comunidad de organismos vivos, un medio físico que se va transformando fruto de la actividad interna, y un funcionamiento basándose en intercambios de materia, energía e información.

Su principal particularidad reside en los grandes recorridos horizontales de los recursos de agua, alimentos, electricidad y combustibles que genera, capaces de explotar otros ecosistemas lejanos y provocar importantes desequilibrios territoriales.

La sostenibilidad de los sistemas agrarios ha marcado tradicionalmente la sostenibilidad local de los asentamientos,

hasta que la Revolución Industrial genera un cambio en la escala territorial de los sistemas urbanos estableciendo redes que facilitan el transporte horizontal de abastecimientos y residuos.

El modelo de intercambio de materia y energía de una ciudad es opuesto al de un ecosistema natural, ya que en estos los ciclos son muy cortos y el transporte de materias y energía es eminentemente vertical. El intercambio gaseoso que en los ecosistemas naturales se reduce a la fotosíntesis y la respiración en el caso de la ciudad incluiría los gases de la combustión de calefacciones, coches e industrias.

La ciudad crea sus propias condiciones intrínsecas ambientales, lumínicas, de paisaje, geomorfológicos, etc., independientemente de las de su entorno y con sus características particulares propias. Por lo tanto, el concepto general del ecosistema urbano estaría constituido por todos los factores que se enumeran a continuación:

- Climáticos: temperatura, humedad y viento.
- Físicos: nueva geomorfología territorial.
- Lumínicos: consideraciones relativas a la luz.
- De equilibrio ambiental: ruidos, vibraciones, etc.
- Paisajísticos: con el medio circundante.
- Sociales y psicológicos: de relaciones interpersonales urbanas.

El funcionamiento milenario de la biosfera ofrece un ejemplo modélico de sistema que se comporta de modo

globalmente sostenible. La tierra es un sistema abierto de energía pero cerrado en materiales. Sin embargo, los ecosistemas urbanos son sistemas abiertos, estos necesitan degradar energía y materiales para mantenerse en vida, y no solo del entorno local sino que degradan amplias áreas territoriales.

La cuestión clave está en que la economía de los hombres sepa aprovechar la energía solar y sus derivados renovables para cerrar los ciclos de materiales, posibilitando que los residuos de estos se conviertan otra vez en recursos. Lo cual evitaría el progresivo deterioro de la Tierra por agotamiento de los recursos y contaminación por los residuos.

El medio urbano supone una profunda alteración de las condiciones físicas y ambientales de un territorio. El calor emitido por la quema de combustibles y el uso de la electricidad alcanza en las ciudades un peso importante con relación al emitido por el Sol, sobre todo en el invierno, originando los trastornos climáticos locales conocidos como “inversión térmica”.

La conductividad de los materiales constructivos es varias veces superior a la que tendría el territorio en su estado natural y agrava el problema de la disipación del calor. La gran cantidad de superficies lisas, asfaltadas, modifica por un lado la escorrentía superficial para la evacuación de las aguas de lluvia, creándose otras vías; impiden la penetración de agua en el subsuelo en zonas de recargas de acuíferos y por último aumentan el albedo de suelo y la radiación difusa.

La sostenibilidad local de las ciudades se ha venido apoyando en una creciente insostenibilidad global de los pro-

cesos urbanos de apropiación de recursos y eliminación de residuos, hasta el momento actual.

Para que los ciudadanos quieran vivir en la ciudad las condiciones de habitabilidad y calidad de vida tienen que satisfacer sus expectativas y deseos. El problema es que las ideas dominantes, los propósitos conscientes que conforman la calidad de vida de los individuos están basadas en la competitividad, en el poder, en la individualidad y en la cultura del objeto, relegando cada vez más aquellas ideas basadas en la cooperación, en la dependencia y en la solidaridad.

La calidad de vida de los ciudadanos es un reflejo de las expectativas sociales, siendo los propósitos dominantes en nuestra sociedad los mismos que antes hemos mencionado. La aplicación de estos propósitos por parte de las actividades, sea esta económica o no, y de las instituciones, utilizando las tecnologías actuales y en un contexto de globalización, provoca una transformación en los ecosistemas de la Tierra claramente insostenible.

En los últimos tiempos, en vez de subrayar la cooperación que reclama el objetivo de la sostenibilidad global, se puso de moda hablar de competencia, no solo entre individuos y empresas, sino también entre ciudades. Lo cual ha reforzado más el afán dominador de las ciudades, que su responsabilidad hacia el conjunto del territorio sobre el que intervienen.

Se impone, pues, reconducir tales afanes de competencia desde sus actuales orientaciones expansivas y colonizadoras de mercados y territorios externos a la ciudad, hacia la calidad, la creatividad y el disfrute internos a la misma, más

compatibles con el reforzamiento de la cooperación que exigen las nuevas preocupaciones por la sostenibilidad global.

La base fundamental es poder establecer una relación clara y directa entre los condicionantes naturales existentes en un determinado lugar, y su transformación a lo largo del tiempo, positiva o negativa, como consecuencia del asentamiento de la población y considerarlos para que los desarrollos urbanos del futuro estén adecuados a su medio natural.

Es un reto para las empresas constructoras, planificación social y en general, de toda la sociedad, avanzar hacia un moderado esquema de calidad de vida en equilibrio con el medioambiente.

- Establece las semejanzas y diferencias existentes entre un ecosistema terrestre y uno urbano.
- Diseña una UVE heurística en donde se represente un ecosistema urbano.

NOTA ILUSTRATIVA:  
CONSERVACIÓN DE HUMEDALES.

**E**l crecimiento urbano es concebido como una agresión contra los ecosistemas que circundan las ciudades. Sin embargo, en el Foro Internacional sobre humedales urbanos, organizado por el Acueducto de Bogotá

(Mayo 2003) se demostró que la urbanización se puede llevar a cabo respetando los ecosistemas y haciendo de ellos zonas que beneficien a la sociedad y a los espacios protegidos.

Germán Camargo, subdirector de planeación y desarrollo del

Departamento Técnico Administrativo del Medioambiente (DAMA), explicó que por décadas los mecanismos adoptados por las administraciones para la protección de los humedales y los ecosistemas han estado basados en normatividades restrictivas que por medio de leyes prohíben ciertas actividades humanas que malgastan los ecosistemas que se intentan proteger.

El éxito de estas estrategias está basado en una actividad de vigilancia que asegure la conservación y la restricción de las actividades dañinas, pero los procesos para penalizar y hacer cumplir la normatividad son lentos y aparatosos. “Eventualmente –explica el Dr. Camargo– se urbanizan ilegalmente los humedales y se utilizan los terrenos independientemente dado que tienen una gran presión de ocupación”.

Humedales bogotanos: de basureros a espacios recreativos comunitarios. Cuando llegaron los colonizadores españoles, la sabana de Bogotá estaba compuesta en gran parte por sistemas extensos de humedales que eran utilizados eficientemente por los habitantes nativos en la siembra de productos agrícolas tales como el maíz.

A medida que los grupos indígenas perdieron jurisdicción y las tierras pasaron a manos de hacendados de origen español, los humedales sirvieron para el abastecimiento de agua de las haciendas y sus cultivos.

La urbe empezó a crecer y los desechos que producía eran dejados en los humedales, que fueron contaminados rápidamente. Solo recientemente, gracias a varias obras civiles

adelantadas por las recientes administraciones distritales, se ha separado el sistema de alcantarillado del sistema de humedales, permitiendo cierto grado de recuperación.

Sin embargo, los humedales han sido considerados espacios marginados de la sociedad, y las restricciones impuesta por el Estado dan a entender que no tienen un valor económico alto, pues la construcción en esas zonas es prohibida. No obstante las restricciones, los humedales no han quedado exentos de las ocupaciones ilegales que eventualmente aparecen en grandes cantidades.

El hecho de que los humedales estén en manos privadas no brinda estímulos para ningún actor social en su conservación. Como explica el Dr. Camargo, si los humedales fueran propiedad comunitaria su desarrollo urbano podría concebirse como parte del desarrollo de las comunidades circundantes, creando vínculos que beneficien a la sociedad y a los ecosistemas, en la medida en que los vecinos sientan responsabilidad sobre medioambiente.

En los esquemas tradicionales utilizados para la conservación del medioambiente, la relación entre el Estado y la sociedad civil es opuesta. El buen funcionamiento depende de imposiciones que no se traducen en beneficios económicos para las comunidades cercanas y dueñas de los humedales y ecosistemas.

La nueva propuesta soluciona la tensión otorgando a la comunidad los espacios protegidos como áreas de recreo en forma de alamedas, ciclorutas y parques; que vinculan a la ciudad con el medioambiente.

Así, el distrito pasaría a hacerse dueño de estos espacios y, luego de una adaptación acorde con una detallada planeación del desarrollo de la ciudad, estos espacios quedarían a disposición de los ciudadanos como parte del diseño de la ciudad.

La propuesta se presenta viable para que otro tipo de ecosistemas empiecen a ser protegidos, no por medio de la marginación y la prohibición, sino a partir de la educación, la vinculación y la integración de la comunidad.

### **ESTUDIO DE LOS ECOSISTEMAS MEDIANTE MODELOS**

Un modelo es una formulación simplificada que imita fenómenos del mundo real, de tal modo que pueden comprenderse y predecirse situaciones complejas. En su forma más simple, los modelos pueden ser verbales a gráficos (informales); esto es, integrados por declaraciones concisas, o bien, por representaciones gráficas. Los modelos también pueden ser estadísticos o matemáticos (formales), es decir, basados en predicciones cuantitativas razonables.

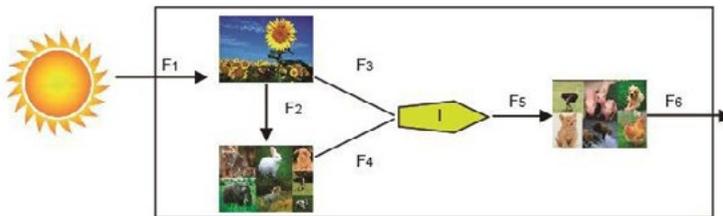
La formulación de modelos formales, va a desempeñar un papel, cada día más trascendente, en la elaboración de alternativas que fundamenten decisiones, en relación con el impacto de las actividades del hombre en el medioambiente que lo rodea.

En su versión formal, un modelo funcional de una situación ecológica tendría en la mayoría de los casos cuatro componentes, los que se listan a continuación (entre pa-

réntesis se anota la terminología técnica utilizada por los analistas de sistema).

1. Propiedades: (variables de estado).
2. Fuerzas: (fuerzas impulsadoras), las cuales son fuentes de energía exteriores o fuerzas causales que impulsan el sistema.
3. Trayectorias de flujo: que indican hacia dónde fluye la energía o la transferencia de materiales, enlazando propiedades entre sí y con fuerzas.
4. Interacciones: (funciones de interacción), donde las fuerzas y propiedades actúan entre sí para modificar, ampliar o controlar los flujos.

La Figura 1-7, señala cómo esos componentes pueden unirse en un diagrama del modelo diseñado para imitar alguna situación del mundo real. Se indican las propiedades P1 y P2 que actúan entre sí en I para producir o vincular a una tercera propiedad P3, cuando el sistema es conducido por una función impulsora E. Además, se muestran seis trayectorias de flujo, en donde F1 representa la entrada y F6 la salida del sistema en conjunto.



**Figura 1-7**

Un diagrama de un sistema que muestra los cuatro componentes básicos de interés primario en la construcción de modelos de ecosistemas.

Fuente: Reestructurada por el autor, 2018

La Fig. 1-7 podría representar un ecosistema de pradera, en el que F1 son los vegetales (gramíneas y herbáceas) que convierten la energía solar E en alimento. F2 podría representar a un animal herbívoro (roedores, mamíferos grandes) que come plantas y F3 un animal omnívoro (lechuza) que puede comer ya sea herbívoros o plantas. En este caso, la función de interacción I podría representar varias posibilidades. Podría ser un conmutador “sin preferencia” si las observaciones, en el mundo real, indicaran que el omnívoro F3 se alimenta del F1 y F2, indistintivamente, con base en la disponibilidad de ambos. O bien, I podría especificarse como un valor porcentual constante, si se encontrara que la dieta de F3 estaba compuesta, digamos, 80 % de vegetales y 20 % de herbívoros, sin considerar la condición de F1 y F2. O podría tratarse de un conmutador estacional si F3 se alimenta de plantas durante una parte del año y de animales durante otra estación del año. O sería un conmutador umbral si F3, por lo general, prefiere alimento animal y permuta por vegetales cuando F2 se reduce a un nivel bajo.

Este ejemplo muestra la enorme versatilidad del modelo construido, ya que no solamente proporciona versiones simplificadas del mundo real que nos ayuda a entenderlo, sino que, además establece pruebas sobre casos hipotéticos para formular preguntas acerca del impacto del hombre sobre un ecosistema como, por ejemplo, ¿qué sucedería si esta propiedad fuera eliminada o se cambiara aquella interacción o la fuente de energía fuera reducida?

Los ecosistemas son capaces de un autodesarrollo que puede incluir procesos como: programación interna o in-

ducida del exterior, crecimiento, restauración, reemplazo de partes y otros que se oponen a la tendencia natural de cualquier sistema en general, de sufrir deterioros con el tiempo. Es necesario subrayar la importancia de considerar siempre en la construcción de modelos de ecosistemas, su comportamiento con respecto al tiempo. Asimismo, es importante conocer en especial si un ecosistema se haya en estado de cambio o estable.

Un campo recién sembrado o una charca reciente en donde los organismos inician la colonización, son ejemplos de ecosistemas de crecimiento. Un tronco caído podría ser ejemplo de un ecosistema decadente, ya que las formas vivientes se mantienen de la energía almacenada en la madera, sin que exista un nuevo suministro de “madera”. El océano, que no cambia de apariencia general y de estructura año con año, durante un tiempo largo, puede considerarse como sistema de estado estable, ya que sus componentes son reemplazados, en promedio, en la misma proporción según mueren o son dispersados.

Reconocemos, por supuesto, estos tres estados en el hábitat específico del hombre: así, posible que hayamos visto o vivido en poblados que están creciendo rápidamente o que están desapareciendo, o bien, que permanezcan sin cambio alguno.

El hecho de que un ecosistema se encuentre en esta estable no significa que esté inactivo. Un bosque maduro, extenso, al igual que un gran caballo maduro tiene un tremendo metabolismo y requiere de un gran flujo de energía para sostenerlo.

Es probable que no exista algo como un “estado firme” del estado estable, ya que pueden preverse fluctuaciones incluyendo ciclos estacionales o anuales. También las enfermedades o las tormentas frecuentemente causan retrocesos a los que siguen periodos de crecimiento y de recuperación.

Uno de los grandes debates de nuestros tiempos se refiere a la pregunta de si (o quizá cuándo) el hombre debe diseñar y adaptarse a las condiciones del estado estable (con la máxima habilidad para resistir las perturbaciones) y al mismo tiempo, evitar el estado decadente. En su corta historia, la humanidad ha experimentado una sucesión de estados de crecimiento con aumentos constantes de la densidad de población y de la utilización de energía. Consecuentemente, la idea de que debería haber “límites de crecimiento” en el ámbito del hombre es aún nueva y, para mucha gente, una consideración casi inconcebible.

- Elabore un modelo de flujo de energía para un ecosistema acuático y uno urbano, dentro del ámbito colombiano.

## **FLUJO DE ENERGÍA DENTRO DEL ECOSISTEMA**

Energía y materiales. Tenemos a nuestra disposición energía en diversas formas, por ejemplo, en forma de electricidad, en forma de gasolina, etc. Sin embargo, la fuente principal de energía de que disponemos es la que recibimos del Sol en forma de radiación, luz, y calor, siendo esta, además, responsable de la formación de energéticos fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas. Hasta los alimentos, de los que obtenemos la energía para vivir, contie-

nen energía que proviene del Sol. La razón de llamar a todo esto “energía”, se explica por la etimología griega original “energía”, que quiere decir “actividad” o “fuerza”, lo cual describe bien cualquier tipo de energía, debido a que, en cualquier lugar donde se utiliza, se realiza algún tipo de trabajo. Se puede entender la naturaleza de la energía si se aclara lo que significa trabajo.

Desde el punto de vista físico, cuando un cuerpo se mueve a una determinada distancia en contra de una fuerza que actúa sobre él, se dice que se realiza un trabajo, por ello siempre se relaciona el trabajo con el movimiento.

Actualmente, la mayor parte del trabajo pesado se realiza por medio de máquinas que requieren energía, principalmente en forma de combustibles, los cuales al ser quemados, liberan la energía necesaria para transformarla en trabajo. La fuente principal de energía de la Tierra es la radiación solar, la cual, por medio de complicados mecanismos, provoca los movimientos del aire, del agua, así como la transformación química en las plantas.

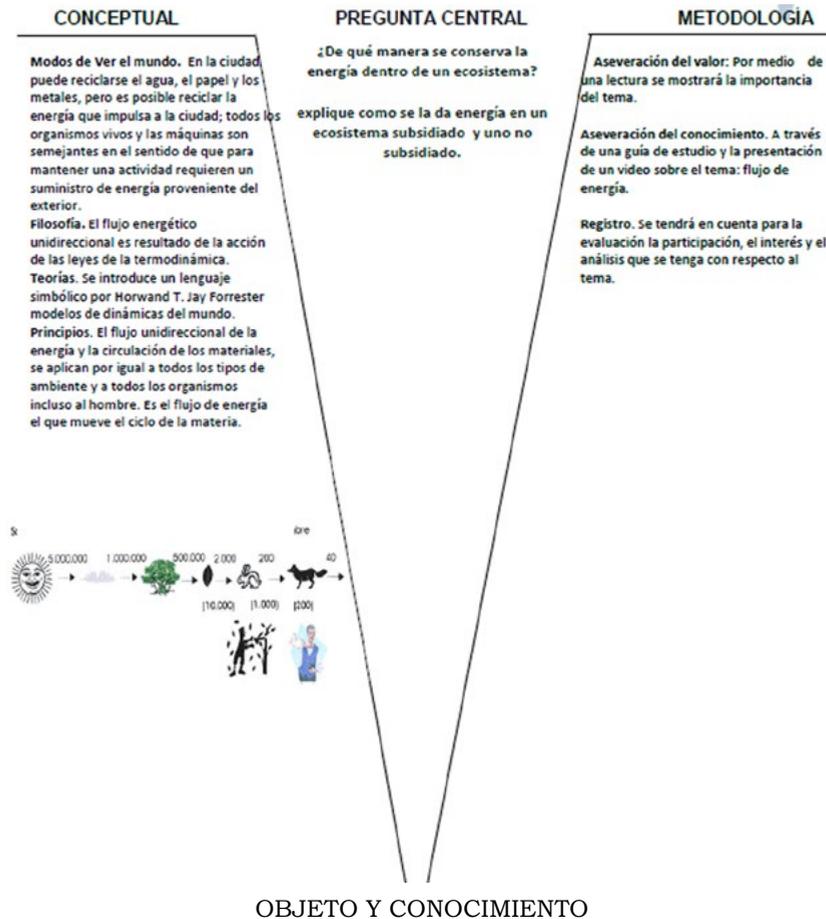
Suponiendo que en una área de la biosfera se encuentran organismos adaptados, el número y diversidad de ellos y la manera en que viven, depende no solo de la magnitud de la energía y los recursos disponibles, la ubicación geográfica, la historia evolutiva, sino también, del modo en que la energía fluye a través de los componentes biológicos de un sistema y/o la forma en que son intercambiados con sistemas adyacentes. Es importante recalcar que los materiales que no producen energía también circulan, pero no así la energía. El nitrógeno, el carbono, el agua y otros materiales de los cuales los organismos están constituidos pueden circular muchas veces entre las entidades vivientes

y no vivientes, es decir, cualquier átomo dado de material puede ser usado una y otra vez. Por otra parte, la energía utilizada una sola vez, ya sea por un organismo dado o por una población, se convierte en calor, de manera que bajo esta forma, la energía no puede impulsar procesos vitales, y pronto se disipa del ecosistema. Por ejemplo, el alimento que se toma en el desayuno cuando se haya utilizado en el proceso respiratorio celular, no estará disponible, de manera que se debe conseguir nuevo alimento para el día siguiente. De igual manera, en la ciudad pueden reciclarse: el agua, el papel y los metales, pero no es posible reciclar la energía que impulsa a la ciudad; todos los organismos vivos y las máquinas son semejantes en el sentido de que, para mantener una actividad requieren un suministro continuo de energía proveniente del exterior.

El flujo energético unidireccional, como un fenómeno universal, es el resultado de la acción de las leyes de la termodinámica, que son conceptos fundamentales de la física. la primera ley establece, que la energía puede ser transformada de un tipo (por ejemplo, luz) a otro (energía potencial del alimento, por ejemplo) pero nunca ser creada ni destruida. La segunda ley de la termodinámica asienta que ningún proceso que involucre una transformación de energía se presentará, a menos que haya una degradación energética de una forma concentrada a una forma dispersa. Debido a que parte de la energía se disipa en forma de energía calorífica que no es recuperable, ninguna transformación espontánea (como por ejemplo, la transformación de energía solar en alimento) puede ser cien por ciento eficiente.

La interacción de energía y materiales en el ecosistema es de fundamental interés para los ecólogos. En realidad, se

puede decir que el flujo unidireccional de la energía y la circulación de los materiales, son los dos grandes principios de la ecología general, ya que se aplican por igual a todos los tipos de ambientes y a todos los organismos incluso el hombre.



-En la observación de una salida de campo se mostrará cómo funciona el flujo de energía.

-Realización de diagramas de flujo de energía.

**Figura 1-8**

UVE heurística que representa el flujo de energía dentro del ecosistema

El medioambiente de la radiación solar. Los organismos que viven sobre o en el nivel más superficial de la corteza terrestre están sumergidos en un medioambiente de radiación que consiste del flujo directo descendente de la radiación solar y de la radiación calorífica de onda larga de las superficies contiguas. Ambas contribuyen al régimen climático que determina “las condiciones de existencia”, sin embargo, solo una pequeña fracción del componente solar directo puede convertirse por medio de la fotosíntesis, en alimento energético para los componentes bióticos del ecosistema. La luz solar llega a la biosfera en un porcentaje de 2g-cal/cm<sup>2</sup>/min; esta cantidad se conoce como constante solar. Puesto que el Sol brilla solo parte del día en cualquier localidad, la cantidad que llega en un día o en un año es cerca de la mitad, más o menos. La cantidad de luz que llega al estrato autotrófico del ecosistema es del orden de 1 a 2 millones de Kcal/m<sup>2</sup>/año<sup>-1</sup>, dependiendo de la latitud, nublado, etc. De esta cantidad, la mitad es absorbida por una capa verde bien provista y el 1-5 % se convierte en materia orgánica, la que estructura y opera el ecosistema impulsado por energía solar.

La secuencia del flujo energético que se ha descrito, se transfiere posteriormente a los animales y al hombre.

### **Cadenas y redes alimenticias**

No ocurre desperdicio alguno en el funcionamiento de los ecosistemas naturales. Todos los organismos, muertos o vivos, son fuentes potenciales de alimento para otros organismos.

Los niveles tróficos productores, consumidores y descomponedores (véase estructura de un ecosistema), mantienen unas relaciones lineales mutuas denominadas cadenas alimenticias o tróficas (Fig. 1-6), cuyos eslabones están ligados entre sí. En otras palabras, las cadenas alimenticias son las transferencias de energía alimenticia, a partir de su procedencia en vegetales, a través de una serie de organismos con etapas repetidas de comer y descomponer (o degradar).

Las múltiples interacciones existentes entre los individuos impide (salvo excepciones) definir individualmente con claridad una cada trófica, ya que, según las circunstancias un depredador puede al mismo tiempo ser presa. Por ellos es más propio hablar de red alimentaria o trófica. En una red alimentaria cada individuo ocupa un nudo en una intersección de relaciones tróficas. Pueden existir cadenas y redes que no comiencen, en los productores, ejemplo de los descomponedores o las de los hábitats cavernícolas y abisales. La forma de representar las redes tróficas es utilizando las denominadas pirámides tróficas.

Su esquematización se realiza mediante una serie de rectángulos distribuidos en niveles superpuestos (representativos de los niveles tróficos), con los productores colocados en la base y los consumidores de máximo rango en la cima.

Todos los niveles aporta materia a los descomponedores, mientras que cada nivel vive a expensas del inferior. Según el parámetro tenido en cuenta (energía, materia, volumen), se construyen pirámides de: números, biomásas o energía.

- **Pirámides de números.** En esta pirámide los rectángulos son proporcionales al número de individuos por unidad de superficie o volumen que componen la biocenosis. Este esquema es poco utilizado por su poca representatividad, precisamente por las notables diferencias físicas entre individuos; nótese que un ciervo contaría como un saltamontes en el nivel de los herbívoros.
- **Pirámide de biomásas.** Es una de las más utilizadas. Aquí se tiene en cuenta la cantidad de materia viva de cada nivel trófico. Los rectángulos son proporcionales a cada categoría. La masa total de los organismos de cada nivel es medido en gramos o kilogramos de todos los individuos, o en calorías o kilocalorías (contenido energético), uno u otro referidos a una cantidad de superficie en centímetros cuadrados o hectáreas
- **Pirámides de energías.** Es un tipo de representación más completo que los anteriores, pero que proporcionan más información. En ella se muestra un rectángulo de longitud proporcional a la energía en kilocalorías por metro cuadrado, que se produce al quemar la materia orgánica del nivel por unidad de tiempo. Mediante una división transversal se representan las energías que se producen o consumen en el nivel, es decir, en una parte se muestra la energía que se produce para el nivel superior, y en la otra parte la energía que se desprende o gasta en el propio nivel. La elaboración de pirámides tróficas y el estudio de las relaciones alimentarias, ha permitido comprobar que el ciclo de la energía es abierto, esto quiere decir que los ecosistemas están atravesados por un flujo unidireccional de energía (solo un 10 % de cada nivel queda disponible para el siguiente), al contrario que el ciclo de materia que es cerrado.

Reflexione sobre el siguiente enunciado: “La cadena trófica se manifiesta como la transferencia de energía en forma de alimento, desde su fuente en los heterótrofos cumpliendo ciclos biológicos”

## Productividad

Productividad y eficiencia ecológica son términos relacionados con la transferencia de energía entre niveles tróficos. Se denomina productividad a la velocidad de producción de energía, es el resultado de dividir la energía inicial y la energía final, transcurrido un tiempo determinado. Se divide en productividad primaria y secundaria.

- **Productividad primaria.** Es la velocidad de almacenamiento de los productores en forma de materia orgánica. En otras palabras, la productividad primaria es el primer paso entre la materia inorgánica y la orgánica. Los productores primarios son las plantas en general, que, gracias a la fotosíntesis, crean los primeros compuestos orgánicos, que después circularán a lo largo de las cadenas tróficas por el resto de los seres vivos. La productividad primaria puede dividirse en productividad bruta y en productividad neta.
- **Productividad bruta.** Se le denomina así cuando se considera la totalidad de la energía química almacenada por los productores en forma de materia orgánica (incluida la consumida en la respiración).
- **Productividad neta.** También llamada de asimilación, es denominada así cuando solo se tiene en cuenta el aumento final de energía de los productores. Habitualmente se mide en gramos de peso solo por metro cuadrado de superficie y día.

- **Productividad secundaria.** Es la energía producida por los consumidores o descomponedores. La productividad secundaria se diversifica mucho y adopta formas muy diversas como adaptación a los nuevos recursos disponibles. Junto a los consumidores primarios, que se alimentan de plantas, pronto aparecen los depredadores, que se nutren de ellos, y los superdepredadores, que a su vez dan caza a los componentes del nivel inferior. Por encima de ellos están los necrófagos, que se alimentan de los restos de los animales muertos. El ciclo se cierra con los descomponedores, microorganismos que reducen de nuevo a sus componentes inorgánicos los restos de plantas y animales. La productividad secundaria es fruto de la propia dinámica de la naturaleza, que se rige por unos principios tendientes al máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

Reflexione sobre la manera cómo se referencia la productividad en un ecosistema.

### **Eficiencia ecológica**

Entre niveles tróficos se transfiere la energía con mayor o menor aprovechamiento. La eficiencia ecológica es el aprovechamiento de la energía que se transfiere entre un nivel y el siguiente; puesto que en la transferencia siempre se disipa calor, la eficiencia ecológica del ecosistema será mayor cuanto menor sea la pérdida de calorías. La mayor productividad se genera en los ecosistemas con arrecifes de coral, estuarios y bosques tropicales; su antagonismo se encuentra en los desiertos áridos y alta mar.

# Conceptos básicos de la ecología

---

## RESUMEN

Aparentemente la tierra nos parece un cuerpo rígido e inmutable. Sin embargo la teoría sobre la deriva continental planteada por Alfred Wegener afirma que los continentes actuales procedieron de la fragmentación de una única masa continental, denominada Pangea y los bloques o fragmentos originados se desplazaron hasta alcanzar sus posiciones actuales.

El desplazamiento de estos grandes bloques continentales permitió que las especies del planeta pudieran evolucionar o extinguirse a través de la selección natural dando lugar a la distribución de los organismos en diversas regiones biogeográficas.

Los animales como las plantas ocupan áreas específicas en las cuales se dan las condiciones favorables de subsistencia denominadas Hábitats y dentro de estos las especies cumplen un papel o posición funcional que se conoce como Nicho Ecológico.

En los ecosistemas, los autótrofos cuya fuente principal de energía es la luz solar, tales como las algas y las plantas, organismos que con base en la clorofila, fijan parte de la energía lumínica que reciben del sol y con el concurso del gas carbónico del ambiente realizan la fotosíntesis.

Algunos elementos químicos son fundamentales para los seres vivos, porque sirven para formar los enlaces que transportan la energía entre unos seres y otros en las cadenas y pirámides alimenticias. Estos elementos circulan permanentemente, transportando energía desde la materia inerte, especialmente el agua, el aire y los suelos, hasta los seres vivos. Después de cumplir la función biológica, los elementos regresan a la materia inorgánica, cuando mueren las plantas y los animales o cotidianamente en los excrementos de estos.

## **ANIMALES Y PLANTAS COMO PARTE DE LOS SISTEMAS NATURALES**

En su concepción moderna la historia natural no es más que el estudio de la Tierra desde el punto de vista físico, de los materiales que la componen y de los seres vivos que la pueblan.

Los seres vivos en particular deben su existencia por reproducción a otros seres semejantes a ellos y necesitan nutrirse, esto es: asimilar sustancias para conservar la vida; esta recorre un ciclo limitado, que comienza con el nacimiento, continúa con el crecimiento y termina con la muerte. En los seres inorgánicos no ocurre nada de esto y no existe una actividad vital que los caracterice.

Existen dos clases distintas de seres organizados: los animales y los vegetales, pero al decir que son distintos no quiere decir que sea fácil de distinguirlos. Pues no se confunde un gato con una planta de rosas, ni los hongos con las abejas, pero hay ciertos seres de organización elemental como son los protozoos y las bacterias que todavía cuesta definir si son plantas y animales. También aquellos

que no son versados en la materia consideran los corales como plantas y es que la forma y el aspecto externo basta para diferenciar a los animales y vegetales de organización superior pero cuando se trata de seres más simples hay que acudir a aspectos menos visibles.

La verdadera diferencia entre ambos consiste en la manera de apropiarse de su alimento.

El vegetal lo elabora por sí mismo, tomando directamente del medio que lo rodea los elementos necesarios para ello (oxígeno, nitrógeno, carbono)

El animal necesita recibirlo ya elaborado por lo cual tiene que alimentarse de vegetales o de otros animales y limitarse a transformarlo de modo que sean asimilables a su organismo. A manera directa solo toman el oxígeno necesario para captar el hidrógeno desprendido en los procesos respiratorios generando así energía que se manifiesta en actividad vital. De esta diferencia esencial nacen otras características, el animal necesita buscar su alimento por eso está dotado de movilidad, en tanto el vegetal permanece fijo, en este, los órganos más importantes para la vida son externos, en el animales son internos.

A simple vista los animales y las plantas son fáciles de diferenciar, pero no siempre es así; tal es el caso de los seres vivos que presentan una organización elemental. Atendiendo a esta situación ¿Qué criterios tendrías en cuenta para establecer una diferenciación más acertada entre los organismos citados previamente?

Tan distintos son entre sí estos dos grupos de seres, que su estudio constituye dos ramas; la que se ocupa de las plantas: botánica, y la que trata de los animales: la zoología.

Hay por consiguiente 5 grandes grupos o clases diferentes de seres naturales y nada existe en el mundo que no pertenezca a ellos. A estos grupos se les llama Reinos y son: Reino Monera, Reino Mineral, Reino Vegetal, Reino Animal y Reino Protisto. El estudio de estos reinos usualmente se inicia por el Reino Animal, al cual pertenece el hombre, y pues a cualquier persona le importa conocer lo que tiene más inmediato; lo que con él se relaciona.

### **Las plantas como parte de los sistemas naturales**

La biosfera es la parte de la tierra donde se desarrolla la vida: Comprende la práctica totalidad de la superficie de los continentes hasta una profundidad variable pero escasa, los espacios marinos, en ella se desarrolla su actividad el medio biológico, que evoluciona según leyes muy precisas.

La comprensión general del funcionamiento de la biosfera exige el conocimiento de las relaciones de los seres vivos con su medio. Las condiciones climáticas y bióticas ejercen una acción determinante sobre los seres vivos; el estudio de la ecología se aborda metodológicamente a partir de la diferenciación de los elementos que la componen: medio físico (abiótico) y seres vivos (bióticos: plantas – animales).

Las plantas ocupan un lugar destacado entre los componentes del medio biótico por las repercusiones diversas que ejercen sobre el funcionamiento de los sistemas:

- a. Desempeña una función fundamental en el sistema, puesto que realiza el intercambio de gases con la atmósfera a través de la fotosíntesis.
- b. La cubierta vegetal es un escudo protector del suelo frente a las agresiones de los agentes erosivos, especialmente las precipitaciones.

- c. Tiene una mayor estabilidad espacial, lo que permite llevar a cabo una mayor integración con los restantes factores del medio, en consecuencia, posibilitan la característica de áreas homogéneas por lo que respecta a sus condiciones y poblaciones.
- d. Tiene un elevado valor ecológico puesto que de su existencia y características dependen la vida animal, que por otra parte posee una masa considerablemente inferior.
- e. La masa vegetal interviene en los ciclos biológicos, especialmente el ciclo hidrológico, mediante la absorción radicular y la evapotranspiración.

El sistema de vida del medio biológico se organiza en forma de pirámide, en cuya base se encuentran los vegetales como primer eslabón de la cadena alimenticia por su capacidad de sintetizar la materia orgánica.

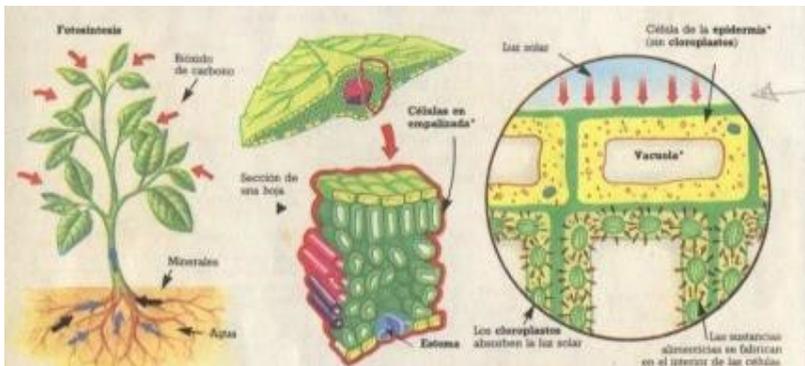
La cubierta vegetal desempeña un papel fundamental en el equilibrio de los sistemas terrestres y cualquier alteración en su composición afecta irremediablemente a los demás componentes, por la estrecha conexión entre ellos.

La tendencia a la eliminación de masas vegetales en extensas áreas del mundo, por las implicaciones ecológicas que lleva este proceso y sus consecuencias tanto en el relieve (movimiento de masa, erosión) clima (contenido de CO<sub>2</sub>, microclimas), aguas (infiltración, escorrentía superficial), suelo. (Estructura, contenido de materia) medio biótico (cambios de estructura) modifican apreciablemente el comportamiento global de los biomas. Por ello las acciones antrópicas que tienen una repercusión mayor sobre la modificación de la cubierta vegetal son los siguientes:

- a. Incendios: Son prácticas habituales en algunos cultivos y actualmente han adquirido dimensiones preocupantes por la frecuencia con que se producen en países industrializados.
- b. Deforestación: La eliminación de masas vegetales, especialmente árboles, adoptan multitud de formas y se lleva a cabo con diversos fines en gran parte de las zonas habitadas del mundo.
- c. Contaminación atmosférica: Es un problema que afecta la masa vegetal considerable en territorios de los países industrializados.

Las plantas como componentes bióticos de un ecosistema muestran diversas características morfológicas que permiten su crecimiento y desarrollo bajo diversas condiciones ambientales.

### ***Transformaciones de la energía por las plantas***



**Figura 2-1**

Esquema representativo de la fotosíntesis.

Fuente: Biología By Sinjai, 2018

En última instancia, todo el alimento y toda la energía del mundo animal, procede del mundo vegetal. Para crecer,

las plantas necesitan agua, bióxido de carbono, sales nutrientes y nitrógeno. Pero, más importante necesitan un suministro abundante de energía radiante de la luz solar. Sola una pequeña fracción de la energía lumínica que llega a la tierra procedentes del sol es atrapada. Las plantas verdes aprovechan esta pequeña parte de la energía solar total.

El proceso mediante el cual las plantas verdes elaboran su sustento se denomina fotosíntesis, término originado en dos palabras griegas que significan “luz” y “reunir”. Las plantas verdes reúnen ciertos elementos químicos para elaborar alimento, pero necesitan energía lumínica que, normalmente proviene del sol.

En el proceso de la fotosíntesis dichas plantas realizan un trabajo para convertir parte de la energía que absorben en la energía potencial de la glucosa, lo cual constituye la porción de la energía solar total que presenta la fuente energética original de todo los seres vivientes.

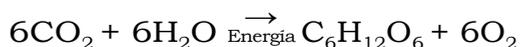
Se conoce como fotosíntesis al proceso mediante el cual las plantas absorben la energía radiante del sol por medio de sus células, gracias a una diversidad de pigmentos verdes denominados clorofila.

Naturalmente, las plantas verdes realizan la fotosíntesis con el fin de nutrirse ellas, pero los animales y plantas que no son verdes dependen de las primeras para obtener su alimento, que contiene la energía que les permite subsistir. También requieren de oxígeno despedido por las plantas verdes en las fotosíntesis.

La fotosíntesis se produce en las células vegetales que contiene clorofila. No hay solamente una forma de clorofila, sino cuatro formas químicas diferentes. La organización de la clorofila en una célula depende del tipo de planta. Las más simples que contienen clorofila son las algas unicelulares, que viven en el agua o en superficies húmedas.

En contraste, las plantas superiores, musgos, hepáticas, helechos y plantas con semilla, que por lo común habitan en tierra, poseen tejidos especializados compuestos por millones de células de diferentes tipos.

Las células de ciertas partes de esta planta, especialmente en tallos y hojas están llenas de cloroplastos que contienen clorofila. Otras partes, como las raíces y los capullos, carecen de ellas y no tienen por tanto, la capacidad de realizar la fotosíntesis.

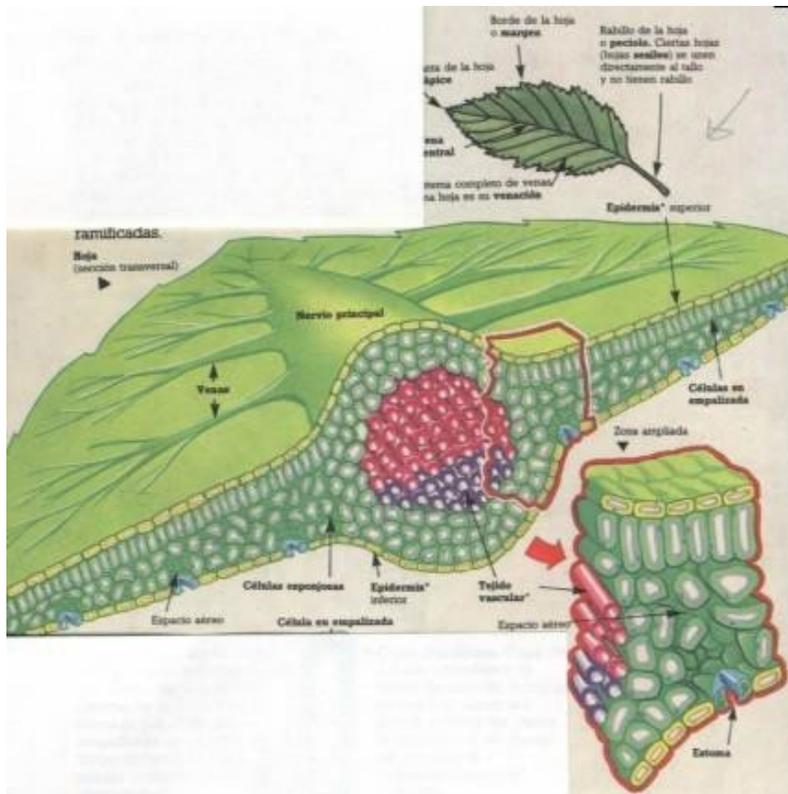


Esta ecuación, aunque tiene carácter limitado desde el punto de vista químico (ya que indica únicamente el principio y el final de una serie compleja de reacciones en la que toma parte muchas otras moléculas) resulta útil porque muestra la proporción de los gases que intervienen durante la síntesis de la glucosa.

En 1.905, Blackman especialista británico en fisiología vegetal, logro un importante avance en nuestros conocimientos del fenómeno de la fotosíntesis al demostrar que incluye dos series sucesivas de reacciones, una rápida, reacción en la luz, y otra mas lenta integrada por varias

fases que no son afectadas por la luz, la que denomino reacción en la oscuridad. Al usar la luz de gran intensidad, observó que la fotosíntesis progresaba con igual rapidez cuando se apagaba y se encendía la luz con intervalos de una fracción de segundos que cuando alumbraba en forma continua. Solo cuando aumento considerablemente la duración del periodo de oscuridad se registró disminución de la velocidad de fotosíntesis.

### La hoja: su función en el proceso de la fotosíntesis.



**Figura 2-2**

Hoja Seccional Transversal.

Fuente: Reestructurada por el autor, 2018

Además de la luz, en este proceso de fotosíntesis hay que tener en cuenta un órgano de la planta, que son las hojas y sus estructuras, ya que cada hoja es un órgano de nutrición especializado, cuyo papel es la fotosíntesis, proceso que requiere un suministro continuo de agua, energía radiante y bióxido de carbono. Por lo general las hojas son anchas y planas, para presentar la máxima superficie a la luz solar y para que sirva de intercambio de gases, oxígeno, bióxido de carbono y vapor de agua.

Con la sección de una hoja observada al microscopio se pueden distinguir varios tipos de células:

**Células epidérmicas:** Están bien adaptadas para proteger las células subyacentes y disminuir las pérdidas de agua, pero sin impedir el paso de la luz. Sobre toda la superficie epidérmica hay repartidos poros pequeños llamados: estomas, cada uno rodeado por dos células de protección. Estas células, al cambiar su forma, pueden modificar el tamaño de la abertura y regular así la salida del agua y el intercambio de gases.

En general, los estomas se abren en presencia de luz y se sierran en la oscuridad; tanto la abertura como el cierre de los estomas son regulados por cambios de la presión de turgencia en el interior de las de protección.

El mecanismo que aumenta la presión de turgencia es complejo, e implica en parte la producción de glucosa y otras sustancias osmóticamente activas por fotosíntesis en las propias células de protección. La luz también inicia una serie sucesiva de reacciones enzimáticas que llevan a

la transformación del almidón almacenado en las células de protección, en glucosa, moléculas pequeñas, solubles y osmóticamente activas.

El estoma abierto permite la entrada de bióxido de carbono y capacita a la hoja para la fotosíntesis. En ausencia de luz se suspende la fotosíntesis tanto en las células de protección como en las demás; la presión de turgencia disminuye y el estoma se cierra.

Una hoja con activa función de fotosíntesis tiene un elevado índice de intercambio de gases por los estomas con el medioambiente. Las hojas absorben casi el 75 % de la luz solar que llega, solo se utiliza el 3 % en la fotosíntesis; el resto se transforma en calor que ha de eliminarse. Casi todo el espacio entre la capa superior e inferior de la epidermis de la hoja está lleno de células de pared delgada, llamadas de mesófilos, con abundantes cloroplastos. La capa de mesófilo cerca de la epidermis superior suele corresponder a las células cilíndricas llamadas de empalizada, muy próximas unas con otras. El resto de las células de mesófilo, menos apretadas dejan entre sí grandes espacios aéreos.

**Cloroplastos:** cada célula presenta de unos 20 a 100 cloroplastos que pueden crecer y dividirse para formar cloroplastos hijos.

El cloroplasto al igual que la mitocondria, posee una membrana exterior de dos capas. Muchos cuerpos más pequeños, llamados granos que contienen clorofila, se encuentran dentro de cada cloroplasto.

Cada grano está formado por diversas capas de moléculas dispuestas en pilas de monedas. Estas estructuras laminares características de los granos pueden ser importantes en la transferencia de energía de una molécula a otra durante la fotosíntesis.

Las plantas terrestres absorben el agua necesaria para la fotosíntesis a través de sus raíces; las plantas acuáticas la obtienen por difusión a partir del ambiente. El bióxido de carbono necesario llega a las plantas por medio de los estomas, los cuales están localizados en la superficie de la hoja. Durante la fotosíntesis se gasta el bióxido de carbono por lo que su concentración en la célula es siempre inferior a la encontrada en la atmósfera. Durante el desarrollo de estos fenómenos se libera oxígeno que sale de la célula por difusión y abandona la planta por los estomas.

**Cloroplastos:** la molécula de la clorofila está formada por muchos átomos de carbono y nitrógeno, dispuestos en un anillo complejo.

Se conocen varios tipos de clorofila, entre los cuales los dos más importantes se llaman a y b, esta última con un oxígeno más y dos hidrógenos menos que la primera.

Todas las plantas verdes tienen clorofila a, pero muchas algas y algunos otros vegetales carecen de clorofila b.

Además de la clorofila, las plantas contienen mucho pigmento a lo que deben su gran variedad de colores en flores, frutos y otras partes de la planta.

## **Los animales como parte de los sistemas naturales**

Por lo general, los animales viven juntos en un lugar, aunque muchos de ellos se apartan de su hábitat para buscar mejores condiciones de vida, como alimento a través de migración, lo que origina que las comunidades animales no estén bien delimitadas como la comunidad vegetal. Pero se observa que las comunidades de animales están reunidos en grupos de individuos que se relacionan entre sí para sus intereses comunes en los alimentos y la manera en que lo comparten.

Las principales investigaciones que se realizaron sobre las formas de alimentación fueron deducidas por Charles Elton (1927), quien determinó cuatro principios para la comprensión de la estructura de las comunidades animales, los cuales son:

- Las cadenas alimenticias y el ciclo alimenticio.
- El tamaño del alimento.
- Los nichos y el número de especies.
- La pirámide de números y un quinto principio propuesto por Lindeman y Hutchinson,
- El flujo energético.

Estos cinco principios sirvieron como guías para la comprensión de la estructura de las comunidades animales y, además, permitieron otros avances. Nos proporcionaron un medio intuitivo para descubrir la forma en que funcionan los ecosistemas, asociando los animales a las plantas y al medioambiente físico. Sobre el área superficial de

cualquier ecosistema fluye una fuerza regular de energía radiante; esta fuerza energética controla los ciclos climáticos que se manifiestan como estado del tiempo, suministrando las lluvias y otras necesidades ambientales para la vida. Parte de esta energía es capturada por las plantas verdes, las cuales elaboran grandes moléculas que sirven para iniciar el ciclo alimenticio. Los alimentos pasan a través de varias rutas: desintegradores, herbívoros y carnívoros, y posteriormente retornan al ambiente físico. En los tejidos vegetales y en cualquier transferencia de alimentos se produce trabajo que degrada la energía a calor, que se irradia primero a la atmósfera y luego al espacio exterior. Los ciclos alimenticios son determinados por el constante flujo energético de la radiación solar; el sol mantiene los ciclos en movimiento. Los sistemas pueden continuar funcionando debido a una fuente energética exterior.

Los animales que escalan sucesivamente las cadenas alimenticias reciben cada vez a mayor distancia la misma fuente de energía primaria, que en gran parte se disipa en el trabajo realizado por otros.

Por último, tenemos un modelo conceptual de la forma en que funciona el mundo natural; este modelo parece ofrecer una mejor evaluación de las actividades de los seres vivos y, quizás, también una profética teoría ecológica. Todo ecosistema principia con una fuente energética, finita y medible. La forma en que se emplee dicha energía determinará el número de plantas y animales que habrá de poseer. Es posible medir las necesidades energéticas del ecosistema, pieza por pieza. Se deben tratar de medir (si se puede) los parámetros de los nichos de los animales, para conocer la

causa que limita los esfuerzos de cada clase para obtener energía; así mismo, se debe tratar de comprender las fuerzas que convierten estas restricciones en el poder de adquisición de energía de una población de cierto tamaño. De esta manera, se comprenderá la forma cómo se regulan las poblaciones dentro de un ecosistema. Finalmente se debe tratar de medir la influencia de un ecosistema sobre otro, de manera que algún día se pueda tener una idea de la forma en que funciona el planeta como un solo ecosistema. Hay que considerar que la mayor parte de la ecología moderna está dedicada a alcanzar estas metas.

Nota ilustrativa

Estrategias de sobrevivencia de las plantas



**Figura 2-3**

Plantas de cardón, Guajira-Colombia.

Fuente: Corbetta, 2016

La Tierra contiene una variedad de vegetales o plantas con estructuras que acentúan su sobrevivencia y crecimiento bajo varias condiciones ambientales. Tres tipos principales de vegetales terrestres son los árboles, arbustos y pastos.



**Figura 2-4**

Orquídea epífita. Las epifitas muestran gran diversidad dentro de la selva de galería que ha alcanzado buen desarrollo. Región del Orinoco-Colombia.

Fuente: Leona Bell, 2016

Algunas plantas tienen grandes hojas que capturan la luz solar en bosques densos o evaporan agua en áreas con humedad abundante.

Otras poseen hojas pequeñas, agujas o tallos delgados (los pastos) recubiertos de material ceroso, a prueba de agua, para minimizar la pérdida de este líquido por evaporación en áreas donde la humedad es limitada.

Algunas plantas son de hojas perennes (o “siempre verdes”), que retienen algunas de sus hojas o agujas durante todo el año. Son ejemplos: los helechos, árboles altos de hojas anchas que proliferan en los bosques lluviosos cálidos y húmedos, y árboles provistos de conos (coníferos) como pinabetes, piceas, pinos, pinos gigantes y secoyas (sequoias). Las hojas o agujas de estas plantas coníferas las

capacitan para efectuar la fotosíntesis durante todo el año en los climas tropicales, cálidos, o aprovechar al máximo una estación para crecimiento breve en climas fríos.

Perder agua por evaporación a través de las hojas en una desventaja durante la estación seca o en una sequía. Durante la épocas de frío, las plantas con hojas o agujas pueden perder grandes cantidades de calor, haciéndolas más susceptibles al frío. Las plantas de hojas caducas o deciduas, como el roble y el arce (o maple), sobreviven durante las estaciones secas o frías por el desprendimiento o caída de sus hojas.

Las plantas carnosas, como los cactus del desierto sobreviven en los climas secos por no tener hojas, reduciendo así la pérdida de la escasa agua. Almacenan este líquido y utilizan luz solar para producir el alimento que necesitan, en el grueso tejido carnoso de sus tallos y ramas verdes.

Las plantas tienen diferentes sistemas de raíces para anclarse al suelo y suministrar agua y nutrientes del suelo en áreas con condiciones climáticas diferentes. Algunas plantas, como los pastos y la mayoría de los cactus, tienen raíces bastante someras, con múltiples ramas que se esparcen para asirlas al suelo, y absorber rápidamente el agua donde la lluvia es poco frecuente. Otras plantas, como el diente de león, el roble o encino, el nogal y el mezquite, poseen raíces profundas que los fijan al suelo y adquieren humedad subterránea de la profundidad. Algunas plantas tienen una combinación de raíces someras y profundas.

Otras plantas de tierra sobreviven sin tener raíces que se extiendan en el suelo. Estas plantas, llamadas epífitas, utilizan sus raíces para fijarse a ramas altas de los árboles especialmente en los bosques tropicales. Estas plantas tienen semillas pequeñas que son llevadas a las ramas de los árboles por las aves y otros animales, o por el viento. Comprenden los musgos, helechos, líquenes y plantas floridas. Estas últimas a veces llamadas “plantas aéreas” incluyen diversas orquídeas, cactus y bromeliáceas apiñadas o con forma de piña.

Las plantas acuáticas también están adaptadas a variadas condiciones ambientales. Algunas viven en el agua dulce (lirios acuáticos) y otras en agua salobre (algas costeras). Algunas emergen de la superficie del agua (juncos o espadañas), mientras que otras viven debajo del agua (algas marinas). Ciertas plantas acuáticas que se hallan cerca de las playas, tienen hojas tallo y raíz, pero otras carecen de esta última y flotan a la deriva en la superficie del agua (jacintos acuáticos y algas rojas, pardas y verdes). Algunas plantas mantienen su posición en el agua que fluye rápidamente, fijándose a superficies como el fondo de las corrientes o sobre piedras o rocas (musgos).

¿Qué implicaciones Ecológicas puede traer consigo la eliminación de grandes masas vegetales en las distintas biomas de la tierra?

## **SELECCIÓN NATURAL**

Una población de una especie particular puede tener cambios en su composición genética o reserva de genes, que la capacita para adaptarse mejor a los cambios en las

condiciones ambientales. Esto puede suceder porque no todos los individuos de una población tienen exactamente los mismos genes. Cada uno posee una combinación única de rasgos como tamaño, forma, color y capacidad para contrarrestar las temperaturas extremas y la exposición a ciertas sustancias tóxicas.

Esta diversidad genética ayuda a proteger una especie contra la extinción. Los individuos con una composición genética que les permite sobrevivir ante cambios en las condiciones ambientales, generalmente producen más descendientes que los que no tienen tales rasgos, que transmiten a sus descendientes en un proceso conocido como reproducción diferencial.

El proceso por el cual algunos genes y combinaciones de estos son reproducidos en una población más que otros, se llama selección natural. Charles Darwin, quien propuso esta noción en 1858, describió la selección natural como la “Sobrevivencia de lo más apropiado”. Con frecuencia esta frase ha sido mal interpretada en su significado de que sobrevive el más fuerte, el más grande o el más agresivo. En vez de eso, más apropiado significa aquí que los individuos de una población con los rasgos genéticos más adecuados para sobrevivir y reproducirse, en las condiciones ambientales existentes, tienden a reproducirse mucho y reemplazar a individuos menos capaces. Si los individuos de una población con un tipo de dotación genética regularmente se reproducen con cruzamientos, entonces ocurre la selección natural.

¿Cuáles cree usted que serán las consecuencias de la operación de la Selección Natural con el pasar del tiempo?

## **Evolución**

El cambio en la composición genética de una población expuesta a condiciones ambientales nuevas resultantes de la reproducción diferencial de los tipos genéticos y la selección natural se le llama Evolución biológica.

Las pruebas de la evolución son un cúmulo de observaciones que llevan a la conclusión lógica de la evolución. Entre estas tenemos:

- **Las pruebas biogeográficas.** Australia, que se separó hace 70 millones de años del resto de los continentes, presenta una flora y fauna diferente de los demás. Darwin observó muchos ejemplos en sus viajes alrededor del mundo. Con esto se concluye que individuos que permanecen juntos evolucionan igual, mientras que, si se aíslan, evolucionan en forma diferente.
- **Las pruebas taxonómicas.** Linneo estableció un sistema de clasificación en el que agrupaba a los individuos en categorías. Para Darwin, estas categorías representan grados de parentesco. Las especies agrupadas bajo un mismo género tienen antecesores comunes más cercanos que las especies de órdenes diferentes.
- **Las pruebas anatómicas.** Dos órganos son homólogos si su origen embriológico es común aunque desempeñen funciones distintas como las extremidades superiores de muchos mamíferos adaptados a funciones diversas: natatorias, prensiles, voladoras, etc. Dos órganos son análogos si desempeñan la misma función teniendo un origen embriológico diferente, como son las alas de un ave, las de un insecto, las de un reptil volador, etc.

Los órganos vestigiales son aquellos rudimentarios que ya no desempeñan ningún papel pero sí lo tuvieron en el pasado. En el hombre hay muchos ejemplos: el tercer molar, el apéndice, el cóccix, etc.

- **Las pruebas embriológicas.** El embrión de un ser vivo recorre durante su desarrollo las diferentes fases por las que pasan los embriones de un mismo grupo: los embriones de ballena presentan rudimentos de dientes; los humanos principio de cola. La semejanza entre embriones es tanto mayor cuanto más temprana sea la fase embrionaria en la que lo comparemos.
- **Las pruebas paleontológicas.** Son las más sólidas. En los estratos más antiguos se encuentran fósiles más primitivos, que son menos complejos que los actuales.

Para que las especies puedan evolucionar a través de la selección natural algunos individuos de una población deben ser capaces de sobrevivir y reproducirse cuando hay un cambio ambiental. Sin embargo, cambios ambientales cataclísmicos, como la guerra nuclear, cambios climáticos rápidos (en unas cuantas décadas o el desmonte o tala general de un bosque tropical lluvioso que contiene especies altamente especializadas, causa la extinción de un gran número de especies).

Teniendo en cuenta cada una de las pruebas que corroboran la EVOLUCIÓN ¿Cuál considera usted la más acertada para explicar este proceso?

Coevolución. Durante un largo tiempo, las especies interactuantes en un ecosistema ejercen presiones selectivas entre sí, que pueden conducir las a tener varias adaptaciones. La evolución que resulta de dichas interacciones entre

las especies se llama coevolución. Por ejemplo muchas plantas con flores han coevolucionado con animales como los colibríes que transfieren polen de una flor a otra de modo que las especies vegetales se pueden reproducir. A través de la coevolución, las flores de las plantas poseen un color y una profundidad notable que atraen a ciertas especies de colibríes. A su vez las especies de colibríes han desarrollado la longitud de su pico y las respuestas a colores y formas específicas de esas flores que las capacitan para alimentarse sobre ciertas especies de flores. Esto ayuda a reducir la competencia y traslape de nichos entre otras especies de colibríes.

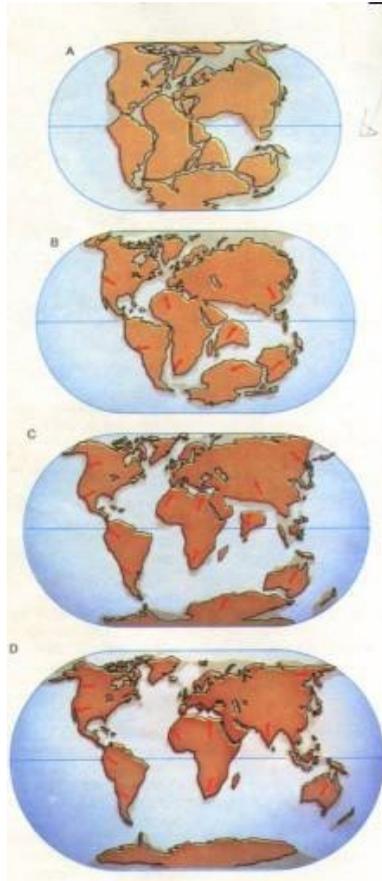
### **Especiación y extinción**

Se cree que los estimados 70 a 80 millones de especies existentes en la tierra, son resultado de una combinación de dos procesos que tienen lugar durante miles de millones de años. Uno es la Especiación: la formación de dos especies a partir de una como resultado de una selección divergente en respuesta a cambios en las condiciones ambientales. El otro es la extinción: una especie deja de existir porque no puede adaptarse genéticamente y reproducirse con éxito en nuevas condiciones ambientales. Puede no seguir existiendo en ninguna forma o desarrollar una especie modificada genéticamente, mejor adaptada a las condiciones ambientales nuevas.

Durante millares de millones de lapsos anuales, la combinación de la Especiación y la extinción, operando por la selección natural ha producido el recurso más valioso del planeta: la diversidad biológica o biodiversidad.

¿De qué manera los procesos geológicos y los primeros organismos han producido condiciones ambientales que permitan la existencia de la variedad de vida presente en la tierra?

## DERIVA CONTINENTAL



**Figura. 2-5**

Deriva continental. Hace unos 200 a 250 millones de años todas las masas continentales de la Tierra se concentraban en un super continente Pangea (A), el Mapa (B) se muestra la distribución de las masas continentales hace 120 millones de años, el Mapa (C) se muestra los continentes hace 60 millones de años; y el mapa (D) muestra la posición actual de los continentes.

Fuente: Fandom, 2018

La noción de que el suelo puede trasladarse es muy antigua y ha hallado su expresión en el folklore y la mitología; pero solo en el siglo xx se propuso como teoría científica seria. En resumen: deriva continental significa que continentes enteros se han desplazado o trasladado, miles de kilómetros en períodos de millones y, quizá, miles de millones de años.

Esto probablemente ocurrió no solo una vez., sino varias durante el pasado geológico. Las masas terrestres cambiaron su posición unas respecto de otras y de los polos geográficos, a través de los tiempos y pueden continuar haciéndolo. Se han unido y separado muchísimas veces. La velocidad de movimiento quizá sea tan solo de unos pocos centímetros por año.

Algunos teóricos de la deriva sostienen que los continentes flotan como barcos en un mar de rocas plásticas. Otros piensan que las masas continentales están estancadas en una corteza que se desliza de varias maneras, arrastrando las masas en forma pasiva, como trocos atascados entre hielos flotantes. Los continentes pueden haber seguido cualquiera de la muchas trayectorias posibles. Pocas autoridades coinciden respecto a cuáles; tan poco hay acuerdo respecto a las velocidades de movimiento, las épocas en que los continentes se reunieron o se separaron y cómo ocurrieron estos sucesos.

Cuando se propuso por primera vez la idea de deriva continental, se sabía mucho menos que ahora sobre la Tierra; en consecuencia muchas de las ideas iniciales ya han quedado desacreditadas. Por añadidura, casi desde el co-

mienzo, el concepto de continentes erráticos se topó con la rígida oposición de algunos geólogos conservadores. La estructura compleja del conocimiento geológico moderno se asienta en la doctrina conocida como permanencia de los continentes y cuencas oceánicas, según la cual la corteza terrestre es bastante estable, y la ubicación actual de continentes y océanos fue determinada muchísimas edades atrás. Sin embargo, la escuela de la permanencia acepta la existencia de acontecimientos locales, o comparativamente menos radicales, como el ascenso y el hundimiento del suelo o del mar, orogénesis, terremotos, edades glaciales, volcanes y demás.

Pero se ha observado, que la doctrina de la permanencia ignoraba –o desconocía– ciertos problemas de la distribución de rocas, fósiles y seres vivientes sobre la faz de la Tierra; o bien los explicaba sin recurrir a la deriva continental.

### **Historia de las teorías sobre deriva**

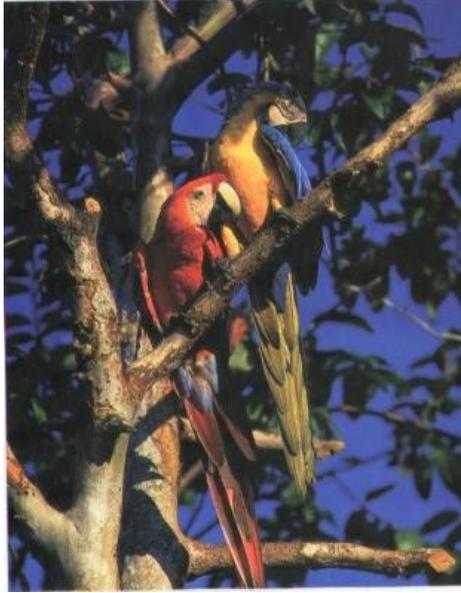
Poco después del trazado cartográfico del océano Atlántico –hace unos cuatrocientos años– los geógrafos advirtieron que las costas occidentales de Europa y África parecían coincidir con las opuestas del este de ambas Américas. Pero solo en 1858 se publicó un mapa que demostraba cuán bien coincidían. Se sugirió que estos continentes habían estado antes unidos. Esta vez la idea prendió. Hacia 1900, varios geólogos propusieron, también, que ciertas tierras del hemisferio austral –grandes zonas de África, Madagascar, India, Australia, Antártida y América del Sur– estuvieron una vez unidos en un enorme super-

continente llamado Gondwana, por la región de Gondwana, en India central. Sin embargo, la gran mayoría de los geólogos conservadores rehusó tomar estas ideas muy en serio.

Pero entre 1912 y 1920, el científico Alemán Alfred Wegener ofreció una teoría importante sobre la deriva continental; propuso que, en un momento de la historia de la Tierra, todos los continentes actuales estaban unidos en una sola inmensa masa continental llamada Pangea. En ese momento, la Pangea comenzó a desmembrarse lentamente, dividiéndose en los continentes que la componían; estos, con el tiempo, se desplazaron hasta sus posiciones actuales. Se dijo que fue el resultado de fuerzas gravitatorias e inerciales relacionadas con la rotación de la Tierra en torno a su eje. Después se demostró que esa fuerza es demasiado débil para ejercer efectos apreciables sobre la corteza terrestre. Wegener sostuvo que Europa y Groenlandia se han estado separando en tiempos históricos, y basó su argumento en mediciones sucesivas de latitud y longitud. Después se halló que esta determinación geográfica eran muy imprecisas para tener algún valor en la medición de la deriva. Pero muchas otras ideas de Wegener son sólidas, y han continuado aportando una base firme para posteriores teorías sobre deriva. En verdad, varias se habían formulado incluso antes de que escribiera Wegener. Se señaló que muchos lechos pétreos, estructuras rocosas (tales como pliegues y fallas o grietas), fósiles e incluso organismos vivos eran tan parecidos en continentes ampliamente separados, que no podían haberse originado en forma independiente. Según los teóricos de la deriva, al principio deben haberse desarrollado juntos en una sola

masa terrestre que luego se desmembró. Tampoco las plantas y animales pudieron haber emigrado a través de barreras oceánicas.

NOTA ILUSTRATIVA: Importancia de la diversidad biológica y crisis de la reducción de la biodiversidad.



**Figura 2-6**

Guacamayas de la increíble diversidad de estas en Colombia. Especies representativas del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, Caquetá-Colombia.

Fuente: Oxford English Dictionary, 2005

Los organismos de la Tierra se clasifican en diferentes especies.

Una especie es un grupo de organismos que se asemejan en aspecto, comportamiento, carácter y procesos químicos y en estructura genética. Los organismos que se reproducen sexualmente se clasifican como miembros de la misma

especie, solo si actual o potencialmente pueden cruzarse y reproducir descendencia fértil. A través de miles de millones de años, la formación de especies nuevas y la extinción de otras que podrían no adaptarse a las condiciones ambientales cambiantes, han producido el recurso más valioso del planeta: La diversidad biológica o biodiversidad. Tal entidad está formada por tres conceptos relacionados: diversidad genética, diversidad de especie y diversidad ecológica.

**La diversidad genética** es la variabilidad en la información genética entre individuos de una misma especie. La diversidad de especie es la variedad de las especies existentes en diferentes partes del planeta, como bosques, desiertos, praderas, lagos y océanos.

**La diversidad ecológica** es la variedad de bosques, desiertos, praderas, ríos, lagos y otras comunidades biológicas que interactúan entre sí y con sus ambientes no vivos.

Los biólogos estiman que la biodiversidad actual de la Tierra consta de 40 a 80 millones de especies diferentes, cada una con variaciones en su información genética, que viven en variedad de comunidades biológicas. Hasta ahora, los biólogos han clasificado solamente cerca de millón y medio de especies. Saben mucho acerca de aproximadamente un tercio de tales especies y las funciones e interacciones detalladas de pocas de ellas. Somos totalmente dependientes de este capital biológico. La diversidad invaluable dentro y entre las especies nos ha proporcionado alimentos, maderas, fibras, energía, materias primas, sustancias químicas industriales y medicamentos, y contribu-

ye con cientos de miles de millones de dólares anuales a la economía mundial.

El vasto caudal genético de las formas de vida, también ayuda a proporcionar a nosotros y otras especies, el reciclamiento gratuito de los recursos y los servicios de purificación y control natural de plagas. Hoy y aquí, cada especie representa información genética almacenada que le permite que se adapte a ciertos cambios en condiciones ambientales. Podemos pensar que la biodiversidad es la “póliza de seguro” de la naturaleza contra los desastres.

La extinción es un proceso natural, pero desde que empezó la agricultura, hace cerca de 10.000 años, la tasa de extinción de las especies ha aumentado bruscamente a medida que los asentamientos humanos se han expandido en todo el mundo. Hay evidencia de que estamos causando la extinción masiva más grande en 65 millones de años, desde el final de la era de los dinosaurios. En la actualidad, cerca de 100 especies por día se extinguen por nuestras actividades.

Los biólogos advierten que si la deforestación (especialmente de los bosques tropicales), la desertificación y la destrucción de las tierras húmedas y los arrecifes coralíferos continúan a las tasas actuales es probable que por lo menos 1 millón de los 40 a 80 millones estimadas de especies, desaparezca en los siguientes 3 a 4 decenios.

Esta pérdida catastrófica de la diversidad biológica no puede ser equilibrada por la formación de nuevas especies, pues se necesitan entre 2.000 y 100.000 generacio-

nes para que evolucione una nueva especie. La ingeniería genética no es una solución a este holocausto biológico. Los ingenieros genetistas no crean nuevos genes sino que solo los transfieren de un organismo a otro. De esta manera, la ingeniería genética depende de la biodiversidad natural para su materia prima.

Eliminar prematuramente muchas de las especies de la Tierra para nuestro consumo y uso económico a corto plazo, no sólo carece perspicacia; también es erróneo. Reducirá la aptitud de nuestra especie y de otras para sobrevivir. ¿Qué cree usted que debe hacerse para proteger de los humanos la preciosa diversidad de la Tierra?

Así mismo, los teóricos de la deriva continental sostienen que las antiguas zonas climáticas –tal como se ha determinado a partir de las características de las rocas y fósiles– no corresponden con las modernas, lo que sugiere que, en otros tiempos, los continentes estuvieron en latitudes diferentes, inferencia que niegan los geólogos antiderivistas.

La batalla causada por las ideas de Wegener amenguó hacia 1930, con la victoria para la escuela de la permanencia, pero en la década del 30 varios geólogos todavía se aferraban a los conceptos de Wegener. La autoridad más prestigiosa era Alex L. du Toit, de Sudáfrica, para quien no hubo uno, sino dos supercontinentes primitivos en este planeta: Gondwana en el hemisferio sur, y Laurasia. Ambos supercontinentes estaban separados por un amplio mar llamado Tethys. Laurasia consistía en partes de América del Norte, Groenlandia, Europa y Asia.

Desde la década de 1940 se han hecho progresos enormes en numerosos campos del estudio de la Tierra. Ahora parece que nuestro mundo es sumamente inestable y dinámico, hasta un punto nunca percibido antes por la escuela de la permanencia. En consecuencia, se ha revivido la teoría de la deriva –particularmente desde la década de 1950– y, en la actualidad, está atrayendo a una cantidad creciente de científicos. El mayor obstáculo para la aceptación de la deriva continental ha sido la aparente carencia de un mecanismo suficientemente verosímil que la produzca. En apariencia, este mecanismo es hoy comprensible y se explica según una teoría conocida ahora como tectónica de placas. Pero, el problema no está totalmente resuelto aún.

¿Explique brevemente los pasos y procesos mediante los cuales las masas continentales alcanzaron sus posiciones actuales?

## **BIOGEOGRAFÍA**

Es la ciencia dedicada al estudio de la distribución de los organismos vivos, tanto animales como vegetales y los factores que influyen sobre dicha distribución.

La rama de la ecología que se dedica a estudiar los factores que condicionan y determinan la distribución espacial de los organismos vegetales sobre el planeta, se denomina geobotánica o fitogeografía.

Por su parte, la zoogeografía es la rama de la ecología que estudia la distribución actual y pretérita de las especies animales viviente y de los fósiles.

## Factores de distribución de los organismos sobre la superficie del planeta

Para las plantas, el principal factor de distribución es el agua, de cuya presencia dependen. La luz, la temperatura, el grado de humedad ambiente, pH, la cantidad de nutrientes y el sustrato son los factores físicos “que determinan en su conjunto la calidad del terreno”, que permitirá el desarrollo de unas u otras formas vegetales.

Para los animales los factores que condicionan esa distribución son, en sentido general similares a los que actúan sobre los restantes organismos vivos, aunque la capacidad de desplazamiento de los animales les permite independizarse en cierto grado de tales limitaciones.

Los factores externos que limitan la distribución se denominan barreras, que pueden ser físicas, climáticas o biológicas.

### Regiones biogeográficas



**Figura 2-7**

Las grandes barreras geográficas actuales o pretéritas son los elementos que han marcado las fronteras entre las distintas regiones biogeográficas tales como las conocemos hoy.

Fuente: Ecosistema Global, 2018

Las regiones biogeográficas son las grandes divisiones en que se compartimenta el ecosistema terrestre en su conjunto, teniendo en cuenta tanto los factores geográficos como los biológicos, pues, además los primeros determinan muchas veces la presencia de los componentes vivos.

Para el caso de los animales se habla de regiones zoogeográficas y en el de los vegetales de reinos florísticos o zonas fitogeográficas. Son definiciones de gran utilidad para poder fijar dentro de límites abarcables el estudio de los organismos vivos.

### ***Reinos florísticos o zonas fitogeográficas***

La distribución de la flora en la Tierra se ha dividido en varios reinos florísticos, como unidades superiores, cada uno de los cuales consta de varias áreas divididas en provincias y subdivididas en distritos.

Existen seis reinos florísticos: holártico (América del Norte llegando casi hasta América central, la franja costera septentrional de África, Europa y Asia el norte de Himalaya), paleotropical (África, salvo la región de El Cabo y la franja holártica, hacia el sur del Himalaya) neotropical (Centroamérica, abarcando las dos franjas costeras mexicanas y el sur de California y al Florida), capense (región de El Cabo), australiano (Australia, Nueva Guinea, Tasmania, Nueva Zelanda e islas oceánicas del pacífico) y antártico (La Antártica y una pequeña franja en el extremo meridional de Suramérica).

- **Reino holártico**

Algunas familias botánicas dominantes de este reino son:

- Fagáceas como el roble y la haya.
- Salicáceas como el sauce y el álamo negro.
- Crucíferas como los alhelíes, rábanos, coles y nabos.
- Ranunculáceas como amapolas, hierbas, algunos arbustos y plantas trepadoras leñosas.
- Rosáceas como manzanos, almendros, rosas cerezo, ciruelo, etc.
- Leguminosas como lentejas, habichuelas y acacias.
- Compuestas como girasoles, dalias, manzanilla, alcachofa, etc.

- **Reino paleotropical**

Presenta como familias características las siguientes:

- Cicadáceas como las cícadas (parecidas a las palmas y casi extinguidas).
- Lorantáceas como el muérdago (planta semiparásita).
- Anonáceas como el chirimoyo y el guanábano.
- Ebenáceas como el ébano.

- **Reino neotropical**

Incluye especies típicas como las palmeras y los árboles de caucho. Algunas familias características son:

- Begoniáceas como las begonias (plantas ornamentales).

- Mirtáceas como el arrayán, la pimienta y el clavero.
- Orquidáceas como las orquídeas.
- Bromeliáceas como las bromelias (plantas ornamentales), el ananás o piña americana.

- **Reino capense**

Se caracteriza por la presencia de más de 450 especies de brezos (arbustos de madera dura y raíces gruesas) y numerosos endemismos (especies exclusivas de esta zona). La vegetación es rica y variada cerca de la costa, pero hacia el interior se va haciendo cada vez más rala. Los escasos bosques están confinados a las vertientes de las montañas costeras.

- **Reino australiano**

Su flora incluye especies características como los eucaliptos y las acacias. La vegetación abarca el bosque denso y bosque de coníferas. Los cultivos predominantes son los de cereales y frutales.

- **Reino antártico**

La Antártida apenas presenta vida vegetal; que se reduce a musgos, líquenes y algas que crecen en unas pocas áreas costeras que experimentan un deshielo transitorio en verano.

Las especies más características que encontramos en las tierras americanas de este reino florístico pertenece a los géneros *Notofaga* que incluye hayas y robles, y al género

Azorella que incluye hierbas de fácil reconocimiento, que viven en los andes del Perú y Chile.

Presenta especies características como zanahoria, apio, perejil, comino y anís.

### ***Regiones zoogeográficas***

De manera similar a como sucede con las plantas, los animales presentan unas áreas características de distribución y dado que están indirectamente relacionados con ellas, estas coinciden aproximadamente con los reinos florísticos.

Se pueden distinguir seis regiones zoogeográficas con características muy particulares: la neártica (Norteamérica, excepto el extremo sur), la paleártica (Europa y el Norte de Asia, desde las islas británicas hasta el Japón, incluyendo el Norte de África y la parte norte del Sahara), la etíope (incluye África desde el sur del Sahara) la oriental (India, Malaya, Filipinas), la australiana (Australia y Nueva Guinea) y la neotropical (comprende Centro y Suramérica.) Las dos primeras se agrupan juntas en el dominio del reino holártico. Las regiones etíope y oriental se agrupan en el reino paleotropical.

A menudo se habla de las regiones del Ártico y de la Antártica para referirse a las regiones localizadas en el polo norte y polo sur.

En el proceso de dispersión o de distribución de las especies en las grandes zonas de la Tierra han intervenido las siguientes barreras:

- a. **Barreras Oceánicas:** El hecho de que estas grandes masas de agua estén orientadas de norte a sur impiden el proceso de dispersión de oriente a occidente, razón por la cual deben permanecer en una zona o área determinada.
- b. **Barreras de altas montañas:** como el Himalaya y cadenas vecinas que separan a las regiones oriental y paleártica.
- c. **Barreras complejas:** como la que separa la región oriental de la australiana. Esta barrera ha sido eficaz en la separación de la gran isla continental de Australia.
- d. **Barreras parciales:** involucran las rutas filtro que relacionan cuatro de las regiones zoogeográficas, como el istmo de Panamá.

Lo tratado acerca de las barreras, nos permite apreciar que algunas son físicas, tal es el caso de los océanos encargado de delimitar las regiones neotropical, etíope y australiana; o simplemente climáticas, como es el caso de la separación de las regiones neártica de la neotropical.

- **Región neártica**

Los animales nativos de esta región son los conejos americanos, los zorrillos, las ratas almizcleras, los perros de las praderas, el bisonte americano, el antílope americano. Además de las serpientes corales con bandas brillantes, hay otras especies como la cabeza de cobre. Entre las aves están los cuervos y los pavos.

- **Región paleártica**

Los animales de esta región son, tal vez, los más familiares para toda la gente del mundo, dentro de estos podemos mencionar los ruiseñores, el puerco espín y las cigüeñas.

Otras especies características son el oso, bisonte, ciervo, topo, lirón común, el jabalí, el erizo, etc.

- **Región etíope**

África es la región más exótica en su fauna por los grandes animales que allí se encuentran; son estos: elefantes, hipopótamos, jirafas, leones, cebras y antílopes. Hasta hace muy poco, muchas especies de mamíferos pastaban en este continente, pero al igual que el bisonte norteamericano, ellas están condenadas a desaparecer con el desarrollo de la agricultura, aunque se ha sugerido que la producción de carne en las sabanas africanas sería mayor si se utilizaran muchos animales nativos en lugares de ganado importado.

En el África también se encuentran muchas especies de cocodrilos: el del Nilo, probablemente el más peligroso, ya que es el más grande de todos.

En cuanto a los primates africanos están los gorilas, los chimpancés y los monos.

- **Región oriental**

Los animales más característicos de esta región son el búfalo, el orangután, el elefante de la India y los tapires.

Los tigres son comunes en las zonas secas del noroeste de la India y de Pakistán.

Los orangutanes son los grandes monos de la región oriental que se encuentran en las selvas pantanosas de Sumatra y Borneo. También encontramos en esta región los ágiles gibones. Existen muchos animales similares en las regiones etíope y oriental, por ejemplo, los elefantes y los rinocerontes.

- **Región australiana**

Australia es famosa por su singular fauna, canguros y otros marsupiales, así como por los mamíferos ovíparos como el ornitorrinco y la equidna.

Las especies nativas en Australia y Nueva Guinea incluyen monotremas, ratas, marsupiales y murciélagos.

Muchas clases de aves se encuentran en la región australiana; entre ellos están: el pájaro lira, el martín pescador, cacatúas y chupadoras de miel.

- **Región neotropical**

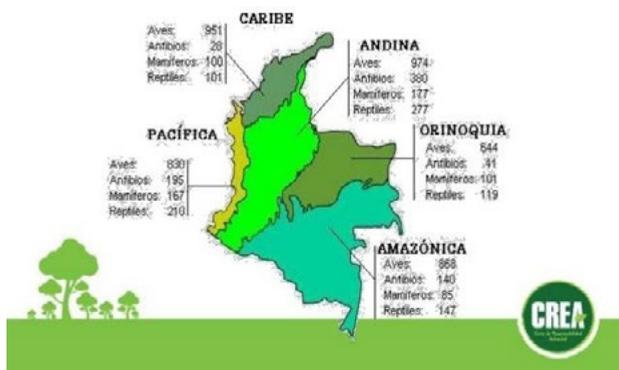
Esta región se caracteriza por la abundancia y diversidad de aves. Los grupos de aves típicas de esta zona incluyen un total de 1.500 especies.

También se encuentran marsupiales.

Actualmente los perezosos, los osos hormigueros y los armadillos, son los restos de un conjunto de mamíferos neotropicales típicos.

Existen además los acrobáticos monos araña y los lanudos, estos al igual que el mono capuchino pueden colgarse de sus colas prensiles.

## LAS ZONAS DE VIDA O ECOSISTEMAS EN COLOMBIA



**Figura 2-8**

Biodiversidad en Colombia

Fuente: Corporaciones Horizonte, 2018.

Las zonas de vida o ecosistemas en Colombia, y de acuerdo con el sistema de Holdridge, se pueden dividir según el piso térmico en: tropical, premontano, montano bajo, subalpino, alpino y nival.

**a. Piso térmico tropical:** se encuentra entre cero y mil metros sobre el nivel del mar. Dentro del piso se encuentran varias zonas de vida, las cuales varían ecológicamente de acuerdo con la humedad y la precipitación principalmente. Según la cantidad de agua que cae durante el año podemos considerar las siguientes zonas.

- **Bosque pluvial tropical:** en esta zona de vida la precipitación promedio anual es de 8.000 mm. Comprende

de la región del Pacífico desde Nariño hasta Quibdó (Chocó); tiene una biotemperatura de 24 grados centígrados.

Es una zona superhúmeda, de lluvia constante y de un cielo generalmente nublado, suelo rojizo con poca materia orgánica y bajo contenido de nutrientes, árboles y troncos cubiertos de musgos, líquenes, helechos, orquídeas, etc.

La diversidad biológica es muy alta, lo mismo que las relaciones inter e intraespecies y las cadenas tróficas son muy complicadas. Los ríos son caudalosos la mayor parte del año.

La mayor parte de esta zona de vida está cubierta de selvas, pantanos y ciénagas. Debido a la alta precipitación y a la pérdida excesiva de nutrientes, los suelos no son aptos para la agricultura y la ganadería excepto en las vegas y diques de los ríos.

- **Bosque muy húmedo tropical:** se caracteriza por tener una precipitación anual entre los 4000 y 8000 mm, con una temperatura mayor a los 24°C.

Comprende desde el río Mira, en los límites con el Ecuador, hasta las estribaciones de las serranías del Darién y Abibe, algunas zonas del Magdalena medio, Urabá. El bosque de esta zona es uno de los más complejos y diversos del trópico. Los árboles pueden alcanzar una altura hasta de 70m. Se encuentran también plantas epífitas, helechos, musgos y orquídeas.

La agricultura y la ganadería son muy difíciles debido

a la alta humedad y pobreza de los suelos. Las partes taladas se cubren rápidamente de malezas. En algunas zonas se cultiva frijol, plátano, yuca, caña de azúcar, maíz, etc.

- **Bosque Húmedo Tropical:** tiene una precipitación anual entre 2.000 y 4.000 mm y una temperatura superior a los 24 grados centígrados y pertenece a una zona muy húmeda.

Se localiza esta zona en el valle medio del río Magdalena en el bajo Cauca, y parte de Urabá, en el departamento de Córdoba, Tumaco en el Pacífico, parte oriental de la cuenca del Amazonas y Orinoco.

Los árboles que forman este bosque pueden alcanzar una altura de 40 metros. En algunas zonas los potreros se cubren de maleza vigorosamente.

Estas zonas son muy importantes desde el punto de vista agrícola y ganadero por las condiciones de temperatura y humedad, pero debe tenerse mucho cuidado con la agricultura intensiva la cual puede desmejorar y deteriorar fácilmente los suelos. La mayor parte de esta zona ha sido destruida por el uso irracional de sus bosques.

- **Bosque Seco Tropical:** tiene una precipitación entre 1.000 y 2.000 mm de lluvia anual y una biotemperatura superior a los 24 grados centígrados. Comprende, entre otras, la llanura del Caribe, el valle del río Cauca, valle del Magdalena, llanos Orientales, la parte baja de La Guajira y el valle del río Cauca desde Santander de Quilichao, hasta cerca de Pto. Valdivia.

Los suelos de esta formación son muy favorables para la agricultura y la ganadería, siendo los más productivos agrícolamente lo que ha facilitado la destrucción del bosque. Dentro de los cultivos podemos mencionar caña de azúcar, algodón, arroz, banano, frijol, maíz, plátano, cacao, tabaco, soya y sorgo.

Los bosques suministran madera de muy buena calidad, como por ejemplo la teca y la caoba.

- **Bosque muy seco tropical:** su precipitación anual está entre los 500 y 1.000 mm y una temperatura superior a los 24 grados centígrados. La provincia o región es semiárida, la cual se caracteriza por tener de 4 a 7 meses húmedos.

Entre algunas regiones que se encuentran en esta formación tenemos: la costa del Atlántico, la meseta del Patía y los cañones del río Guáitara y Juanambú y el fondo del cañón del río Chicamocha.

En esta zona muchos árboles pierden sus hojas en época de verano. Las cactáceas son muy abundantes y la vegetación natural se ha destruido en su mayoría. Algunos terrenos planos están ocupados por agricultura con sistema de riego.

- **Monte espinoso tropical:** la precipitación es menor de 500 mm, presenta de 2 a 4 meses de humedad, presentándose un déficit muy grande de agua durante el año. Algunas regiones de esta zona son La Guajira en su parte media y Santa Marta entre otras.

Debido a las pocas lluvias, estas zonas no son aptas para la agricultura y la ganadería.

Los árboles y arbustos caducifolios más representativos de esta zona son entre otros: la piña, el cardón, el dividivi y el higo.

- **Matorral desértico:** el promedio anual de lluvias está entre 125 y 250 mm; la temperatura es superior a 30 grados centígrados y presenta entre 3 y 4 meses de pocas lluvias.

Estas zonas, por lo general están sometidas a fuertes vientos por lo cual incrementa la erosión.

La vegetación está representada por árboles, arbustos caducifolios y cactáceos. Esta zona se encuentra en el extremo noreste de La Guajira.

**b. Piso térmico premontano.** Este piso se encuentra entre los 1.000 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar, la temperatura oscila entre 17 y 24 grados centígrados. La mayor parte corresponde a la zona cafetera de Colombia. De acuerdo con la cantidad de agua que cae durante el año, encontramos las siguientes formaciones vegetales:

- **Monte pluvial premontano:** se caracteriza por tener una precipitación menor de 4.000 mm de lluvia al año y una temperatura promedio anual de 18 a 24 grados centígrados, además presenta exceso de humedad por cuanto llueve la mayor parte del año.

Las zonas más representativas de esta formación se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera del mismo nombre, en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, San Luis (Antioquia) y Florencia (Caldas).

Estas zonas, por exceso de agua no son aptas para la agricultura, la ganadería, debido al lavado y agotamiento de los suelos. Estas selvas no deben destruirse ya que son un medio de control hidrológico.

- **Bosque muy húmedo premontano:** el régimen de lluvias oscila entre 2.000 y 4.000 mm con una temperatura de 18 a 24 grados centígrados. Esta formación se encuentra entre los 800 y 2.000 metros sobre el nivel del mar. Esta zona se localiza sobre las laderas de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta.

Además del cultivo del café, también se siembra caña de azúcar, plátano, maíz, frijol, pasto y árboles frutales.

La mayoría de los bosques de esta formación ha sido destruida, los pocos que quedan deben conservarse por la calidad de sus maderas y para evitar la pérdida de nutrientes.

- **Bosque húmedo premontano.** Presenta un promedio anual de lluvias entre 1.000 y 2.000 mm. Se localiza a lo largo del repliegue de la Cordillera de los Andes, como el valle de Medellín, de Risaralda.

La vegetación original ha sido remplazada por café, maíz, frijol, yuca, caña de azúcar, hortalizas, pasto, piña y aguacate.

- **Bosque premontano seco.** Tiene como límite una biotemperatura de 18 a 20 grados centígrados, un promedio anual de lluvia de 500 a 1.000 mm. Y con 7 a 9 meses de humedad.

Entre algunas regiones de esta zona de vida, tenemos el cañón del Chicamocha, la meseta del Patía, el cañón del río Negro (Cundinamarca) y Cali.

Estas zonas se han modificado bastante mediante el pastoreo y la agricultura; el bosque natural es muy poco.

- **Montes espinoso premontano.** Esta formación tiene una temperatura entre 18 y 24 grados centígrados, un promedio de lluvias entre los 250 y 500 mm. Se localiza en la parte media del río Chicamocha. En las vegas del río, se cultiva yuca, maíz, frijol, tabaco, caña de azúcar. En las laderas se presenta una erosión severa debido al sobrepastoreo de las cabras.

**c. Piso térmico montano bajo.** Se localiza entre los 2.000 y 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, con una biotemperatura promedio anual entre los 12 y 18 grados centígrados. La precipitación va de 500 a 8.000 mm,

Se encuentran dentro de esta zona la sabana de Bogotá, Tunja, Pasto, Ipiales, valle de Rionegro, La ceja, Yarumal, Ventanas (Yarumal), Guatapé, Santa Rita (Antioquia) y Manizales.

La vegetación primitiva ha sido transformada por la mano del hombre y solo quedan algunos reducidos bosques, por ejemplo como los de los robles, y otras zonas donde el ser humano no ha podido penetrar debido a lo inaccesible de sus terrenos.

Las zonas muy húmedas y pluviales de este piso térmico son de gran importancia para el régimen hidrológico de las cuencas de los ríos, ya que la mayor cantidad de agua que cae en forma de lluvia va a las quebradas y a los ríos, de ahí las necesidad de conservarlos y adelantar prácticas de reforestación, hasta donde sea posible con especies nativas.

Este tipo de bosque está frecuentemente nublado debido a las espesas capas de nubes y neblinas. Los árboles están recubiertos por densos musgos, líquenes y epífitas. Los suelos son poco productivos debido a la alta acidez y a la baja temperatura de la zona.

**d. Piso montano.** La altitud de este piso oscila entre los 3.000 y 4.000 metros de altura, con una biotemperatura entre 6 y 12 grados centígrados y un promedio anual de lluvia de 500 a 1.000 mm, en el bosque húmedo y de 1.000 a 2.000 mm en el bosque muy húmedo.

Las regiones que se caracterizan por tener este piso son: la zona de la Laguna de Tota, los páramos de los Guentivo (Boyacá), la meseta de Túquerres (Nariño), algunos páramos de Norte de Santander, la Sierra Nevada de Santa Marta, en las vertientes de las montañas de los Llanos Orientales, Amazonía y el páramo de Urrao.

Los suelos se caracterizan por ser muy ácidos y debido a la baja temperatura el reciclaje de los nutrientes es muy bajo, de ahí su poca fertilidad.

La importancia de estas zonas radica en su parte hidrológica, aquí nacen muchos ríos que van a alimentar a otros. Los árboles son muy pequeños además están cubiertos por musgos, líquenes, y epífitas, una especie característica de esta zona es el frailejón.

**e. Piso subalpino o páramo:** Tiene una biotemperatura promedio anual de 3 a 6 grados centígrados y un promedio de lluvias entre los 500 y 2.000 mm y una altura que va desde de los 4.000 a 4.500 metros sobre el nivel el mar.

La vegetación es escasa por la baja temperatura y generalmente predomina el frailejón.

Entre las regiones que poseen este tipo de piso están: el páramo de Urrao y la parte baja del Nevado de Ruiz.

Las zonas de vida de este piso son muy importantes como productoras de aguas en los nacimientos de muchos ríos.

Los suelos no son propicios para la agricultura y la ganadería pero se exige su conservación para de esta forma mantener el potencial hidrológico.

**f. Piso alpino.** Se caracteriza por tener una zona de vida, la tundra pluvial alpina con una biotemperatura de 3 grados centígrados y promedio anual de lluvias o de nieve de 500 a 1.000 mm.

La vegetación es muy escasa y por lo general solo se encuentran zonas de arena limitando con las nieves perpetuas.

**g. Piso nival o de nieves perpetuas de los nevados.** La altura característica de esta zona está entre 4.800 metros sobre el nivel del mar.

Son ejemplos típicos de estas zonas: los nevados del Ruiz, del Tolima y del Huila, y la Sierra Nevada de Santa Marta.

Algunas de las características más importantes de este son:

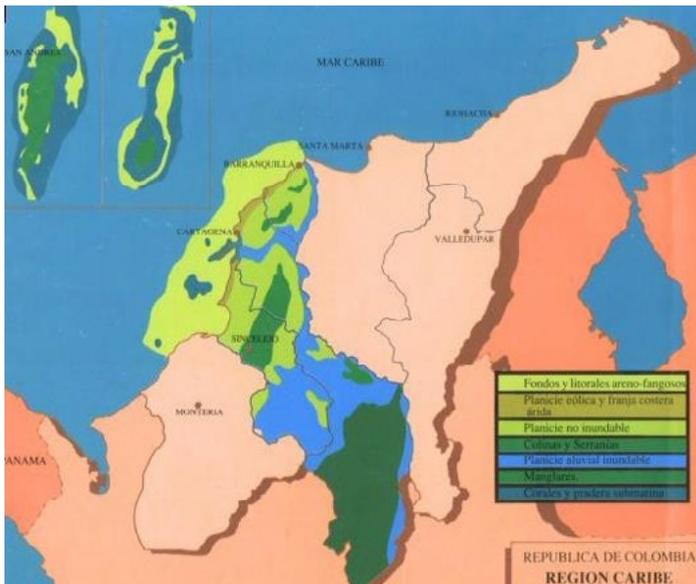
- a. Una comunidad biótica caracterizada por pocas especies pero muchos individuos por especie, a medida que ascendemos.
- b. La productividad biológica va disminuyendo a medida que la altura se hace mayor. Esta característica se debe principalmente al poco de reciclaje de nutrientes, a causa de las bajas temperaturas.
- c. En muchas ocasiones se caracteriza por una mayor disponibilidad de agua, que ocurre en los bosques de neblina o cejas de montes escalonadas en sectores de intensa consideración de humedad atmosférica con lloviznas permanentes.
- d. Los ecosistemas de montaña se ajustan a los factores selectivos de su hábitat muy característicos como la baja presión barométrica, las bajas temperaturas, los fuertes vientos y la presencia más o menos frecuentes de nieves o hielo.

### **Biogeografía de la costa Atlántica**

La costa Atlántica es una región privilegiada en recursos naturales y ecosistémicos, los arrecifes de coral, praderas suba-

cuaticas de fanerógamas, manglares y ciénegas constituyen ecosistemas de gran productividad y diversidad biológica.

La gran planicie costera está conformada por numerosos valles aluviales fértiles, constituye ecosistemas de gran productividad y diversidad biológica, drenados por ríos y ciénegas conectadas, altamente productivas. Interrumpiendo esta planicie se presentan serranías de alto valor ecológico y cultural. Pero tal vez la más imponente entre todas la regiones es la Sierra Nevada de Santa Marta que al levantarse desde el mar y sobre bosques, xerofíticos y despiertos da paso a sistemas montañosos y se remonta sobre los montes de niebla y páramos hasta las nieves perpetuas; este mosaico de ecosistemas representa sin duda uno de los más extraordinarios casos de diversidad biofísica del planeta.



**Figura 2-9**

Unidades Naturales del Caribe colombiano.

Fuente: SINAP, 2014

Una sorprendente característica de los ecosistemas de la costa Atlántica. Es así como son las aguas dulces que se generan en su estrecha independencia. Estas se originan en los páramos y bosques de niebla de la sierra nevada de Santa Marta al drenar sobre ciénegas y ecosistemas costeros, garantizan un delicado equilibrio en las condiciones salinas de los manglares; estos a su vez producen los nutrientes necesarios para el desarrollo de especies que en su estado adulto habitan los arrecifes de coral o las aguas profundas que buscan en esos manglares el sustento durante la etapa más delicada de sus ciclos biológicos.

Las zonas de vida o ecosistemas de la costa Atlántica se dividen en:

- a. Montañas tropicales.** Compartida por los departamentos del Cesar, La Guajira y Magdalena, en la Sierra Nevada e Santa Marta, el Cesar y La Guajira, en la serranías del Perijá y Bolívar, Córdoba, en la serranía de San Jerónimo y San Lucas.
- b. Colinas Y serranías.** Todos los departamentos sin excepción incluyen en su territorio una porción de esta unidad natural aunque en ningún caso llegue a ser el paisaje dominante de algún departamento.

Corresponde a las zonas muy disectadas costeras entre las que destacan la Serranía de Piojó en el Atlántico, los Montes de María compartidos entre Córdoba y Sucre, marginalmente, en la parte más septentrional, con Bolívar se incluyen además las estribaciones bajas de la Sierra Nevada de Santa Marta, en los departamentos del Cesar y Magdalena, y la totalidad de la extensión de las Islas de San Andrés y Providencia.



**Figura 2-10**

La Sierra Nevada de Santa Marta presenta un complejo mosaico de ecosistemas que va desde el Litoral Caribe hasta las nieves perpetuas, pasando por extensas formaciones de material semiespinoso, bosques tropicales, páramos y subpáramos.

Fuente: Morales, 2007

**c. Planicie eólica y franja costera árida.** La planicie Eólica árida y corresponde al llamado Desierto de La Guajira y se circunscribe a este departamento. Además hay una franja árida costera a lo largo de la costa de los departamentos del Magdalena, Atlántico, Bolívar y Sucre.



**Figura 2-11**

Desierto con arenas de origen eólico con contenido de sal y algo de yeso, que inhiben el desarrollo de la vegetación. Taroa, La Guajira-Colombia.

Fuente: Cagliani, 2018

**d. Planicie no inundable.** Esta unidad incluye las sabanas naturales y las áreas que siendo inicialmente bosque seco tropical están convertidas en pastos, tanto en relieve plano como ondulados. La única unidad territorial que no incluye significativamente esta es el departamento de San Andrés y Providencia. Se destacan las llamadas sabanas de Bolívar, comprendidas en los actuales departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, en el sector de sabanas del Cesar y suroeste del departamento del Magdalena.

**e. Planicie aluvial Inundable.** Está distribuida en todas las entidades territoriales continentales del Caribe sin embargo, es más importante en los departamentos de Bolívar y Magdalena. Y marginalmente en Sucre que comparte la represión Momposina. En el Atlántico y Bolívar son las zonas que se encuentran asociadas al Canal del Dique.

Por último se destaca el plano de inundación del río Cesar, de menor extensión que los anteriores.

**f. Pantanos, ciénagas y ríos.** La distribución de esta unidad natural coincide con las de las planicies inundables por ser un elemento constitutivo de las mismas mantiene iguales proporción por departamento.

**g. Manglares.** Se manifiesta esta unidad primordialmente en los dos estuarios mayores: en la Ciénega Grande de Santa Marta y Canal del Dique asociadas al río Magdalena, en los departamentos del Magdalena, Atlántico y Bolívar, y al estuario del río Sinú en Córdoba. En todos

los casos se encuentra íntimamente relacionado con la existencia de algunas costeras. Por esta razón hay formaciones aisladas de manglar hasta La Guajira.

- h. Canales y praderas submarinas.** El mayor desarrollo de formaciones coralinas submarinas se ubica en las islas de San Andrés y Providencia, presenta además en los archipiélagos costeros –Islas del Rosario y San Bernardo–, ubicado en jurisdicción de Bolívar y Sucre. Algunos parches aislados se encuentran en los departamentos del Magdalena, –parque Tayrona– y La Guajira.
- i. Fondos y litorales rocosos.** Se circunscribe a tramos de la línea costera de La Guajira y el Magdalena y en menor medida a la zona de acantilados del departamento del Atlántico. Este último sector es el más importante en cuanto al manejo ambiental debido a su tendencia a la inestabilidad geológica.
- j. Fondos y litorales areno-fangosos.** Es el tipo de litoral más extendido en la costa y en las islas, distribuidos por todos los departamentos, a excepción del Cesar por su condición mediterránea.

En un recorrido por la costa Atlántica ¿Qué sitios, incluyendo su fauna y flora puedes señalar como parte de su riqueza natural?

***Fauna y flora características de algunos ecosistemas de la costa Atlántica***

<b>Ecosistema</b>	<b>Fauna</b>	<b>Flora</b>
MONTAÑAS TROPICALES - Sierra Nevada de Santa Marta	Gallineta de Monte Perdiz Cóndor Pava Carpintero pardo Cucarachero Mirla Ardilla Ratón silvestre Nutria Jaguar	Caracolí Caimito Palmera Pino colombiano Frailejón
*COLINAS Y SERRANÍAS - Serranía de San Jacinto	Coroncoro Mojarra Mochuelo Babilla Boa Iguana Lagartija Lobo Pollero Morrocoy Cotorra Gallineta de monte Garza Gavilán Loro Perico Toche Ardilla Armadillo Conejo Marimonda Oso hormiguero Titi Venado	Yarumo Totumo Trupillo Matarratón Guácimo Caracolí Guamos Ceibas Mobo Guayacán Algarrobo Roble
Serranía Perijá	Caimán aguja o caimán del Magdalena Perdices de monte Garza de ganado Halcón Águila Guacamaya Colibrí Cotorra Murciélago pescador Cerdo salvaje	Caracolí Ceiba Hobo Balso Laurel Cedrillo Guadua Guayacán Cedro
MANGLARES - Isla de Salamanca	Cangrejo Abeja Colibrí Pelicanos Garza Tijereta de mar Ostra Cormorán Esponja	Mangle rojo Manchas de piñuelo Divi-divi Trupillo Cactus

## HÁBITAT Y NICHO ECOLÓGICO



**Figura 2-12**

Hábitat y Nicho Ecológico de la distribución del Flamenco en la Cordillera de los Andes

Fuente: Flamencopedia, 2018.

La observación y la experiencia demuestran que la competencia es tanto más grande entre dos especies, cuando más vecinas son. En el caso límite, puede admitirse que si estas tuvieran exactamente las mismas necesidades no podrían cohabitar, y una de ellas acabaría eliminada al cabo de cierto tiempo. Este razonamiento ha sido recogido en una ley conocida con el nombre de “principio de Gause o principio de exclusión competitiva”. En ocasiones este principio se denomina “ley de las 4.c” (Complete Competitors Cannot Coexist).

Se llega a veces a que dos especies vecinas, con aparentemente las mismas exigencias alimenticias, cohabitan sin entrar en competencia. Estas aparentes excepciones al principio de Gause, pueden hallarse entre aves. El cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*) y el cormorán menudo (P.

aristotelis) nidifican juntos sobre los mismos acantilados y pescan en las mismas aguas.

Pero sus presas capturadas no son las mismas: P. Carbo se zambulle en profundidad, alimentándose sobre todo de animales del bentos, mientras que el P. Aristóteles, pesca en aguas superficiales. A pesar de estas apariencias, estas dos especies no están en competencias. Este nos conduce al concepto de nicho ecológico desarrollado por primera vez por Elton en 1927. Según una corporación desarrollada por Odun, el hábitat de una especie equivalente a su dirección, mientras que su nicho equivale a su profesión, dentro del conjunto de especies del que forma parte.



**Figura 2-13**

Hábitat. Una garza paleta comparte el espejo de agua con corocoras rojas, aves que le dan vivacidad al austero paisaje de los Llanos Orientales (Colombia)

Fuente: Propia del autor, 2018

Los ecologistas usan el término hábitat para referirse al lugar ocupado por un organismo, una población o una comunidad según el caso; puede comprender solamente un conjunto de factores abióticos y en otros casos elementos inertes y factores bióticos; cuando decimos que compren-

de factores abióticos y bióticos nos estamos refiriendo a un organismo o a una población, en caso de la comunidad solo comprenderá el ambiente abiótico. Ejemplo, existen especies cosmopolitas y poco exigentes, como es el caso de las gaviotas, cuyo habitat es el costero, ya sea del ecosistema marino, del lacustre o del fluvial, tanto en islas como en el interior de los continentes.

El término nicho ecológico se refiere al papel o posición funcional de un organismo en su comunidad, es decir, la forma en que busca o se ocupa de su subsistencia.

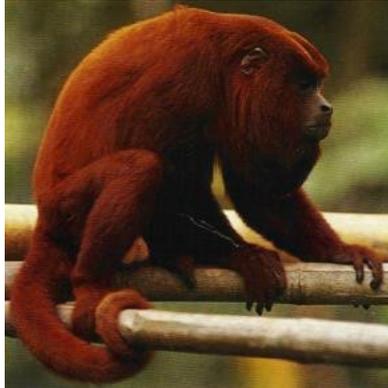
Al querer estudiar un organismo vivo, lo primero que tenemos que conocer es su hábitat o lugar donde vive; para averiguar la posición que ocupa debemos llegar a conocer sus actividades, formas de nutrirse, y fuentes de energía, es decir, el lugar que ocupa en los niveles tróficos, para conocer su oficio o papel y la influencia que pueda tener sobre los demás organismos, con las consecuentes influencias en el equilibrio del sistema ecológico del cual forma parte.

La comprensión de los nichos ecológicos de los organismos, es fundamental para entender el funcionamiento de una población, de una comunidad y de los ecosistemas de los cuales forma parte.

El hombre, naturalmente, ha tenido una influencia considerable sobre la composición taxonómica de muchos ecosistemas, puesto que con frecuencia introduce o elimina especies. Podemos pensar en este efecto como una especie de cirugía del ecosistema; algunas veces la cirugía es pla-

neada, pero a menudo también es accidental o inadvertida. Cuando la alteración involucra el reemplazo de una especie con otra en el mismo nicho, el efecto total sobre la función puede no ser grande. Sin embargo. Resulta un serio desequilibrio, a menudo en perjuicio del hombre.

También es cierto que los organismos ocupan nichos distintos dentro de cada hábitat, los cuales dependen del nivel de estratificación de la comunidad; cuando más estratificadas sea esta, en más nichos adicionales se subdividirá el hábitat.

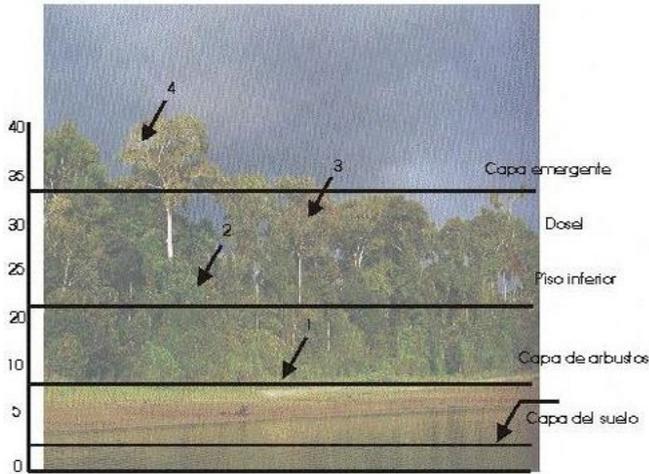


**Figura 2-14**  
Mico aullador.



**Figura 2-15**  
Chigüiro.

(*Alouatta seniculus*) (*Hydrochaeris hydrochaeris*)



**Figura 2-16**

Estratificación de nichos de plantas y animales especializados en diversas capas de un bosque tropical lluvioso (Lago de Tarapoto, Amazonas-Colombia). Estos nichos especializados permiten a las especies hacer mínima la competencia por los recursos con otros, y conducir a la coexistencia de una gran diversidad de especies. Esta especialización de nichos ha sido promovida por la adaptación de los vegetales a los diferentes niveles disponibles de claridad o luz en las capas del bosque, y cientos de miles de años de adaptación y evolución en un clima sensiblemente constante.

Fuente: Reestructurada por el autor

El hombre nos sirve para ilustrar el nicho ecológico. En algunas regiones el nicho de alimento del hombre es el de un herbívoro (comedor de vegetales); en la mayoría de casos es un omnívoro (alimentación mezcla, carne y vegetales). El papel del hombre en la naturaleza, así como forma total de vida, puede ser completamente diferente de acuerdo con la principal fuente de energía de la cual depende para comer.

¿Qué FUNCIONES cumplen los diferentes organismos en un ecosistema y cómo interactúan? ¿Qué sucedería si un organismo dejase de cumplir su nicho dentro de un ecosistema?

Naturalmente, las especies pueden clasificarse como especialistas o generalistas de acuerdo con sus nichos.

Algunas especies especialistas poseen nichos estrechos. Pueden vivir solo en un tipo de hábitat, tolerar solo un reducido margen de climas y otras condiciones ambientales, o usar únicamente uno o pocos tipos de alimento.

Otras especies, llamadas generalistas, tienen un nicho amplio. Pueden vivir en muchos lugares diferentes, ingerir gran variedad de alimento y tolerar una gama amplia de condiciones ambientales.



**Figura 2-17**

Nicho de alimentación especializado de diversas especies de aves. Pelícanos (*pelecanus occidentalis*). Al fondo flamencos (*Phoenicopterus ruberruber*). Carrizal, La Guajira-Colombia. Esto permite compartir recursos limitados.

Fuente: Comte, 2018

Hay insectos, por ejemplo que se alimentan solo de una parte especial de una determinada planta; otras especies de insectos son capaces de vivir sobre docenas de diferentes especies de plantas.

Entre las algas hay especies que pueden funcionar sea como autótrofos y como heterótrofos; otras especies son solamente autótrofos obligados. A pesar de que se necesita más estudio, pareciera que los especialistas son a menudo más eficientes en el empleo de sus recursos y, por tanto, frecuentemente alcanzan mucho éxito cuando sus recursos están en amplia disponibilidad.

Por el contrario, los especialistas son vulnerables a los cambios como el que puede resultar de acentuados trastornos biológicos o del ambiente. Puesto que el nicho de las especies no especializadas tiende a ser más amplio, pueden ser más adaptables a los cambios aunque nunca tan abundantes localmente.

Otro ejemplo de especies generalistas son: las moscas, cucarachas, ratones, ratas y los seres humanos.

Otro ejemplo de especialistas se observa en la Fig. 2-17, que presenta un bosque tropical lluvioso, en el que un conjunto diverso de especies sobrevive ocupando una diversidad de nichos ecológicos especializados en distintas capas de la vegetación.

Los ecosistemas naturales más maduros parecen tener una variedad de especies incluyendo tanto a especialistas como a generalistas.

Teniendo en cuenta las posibilidades de sobrevivencia de los organismos dentro de un ecosistema. ¿considera usted que es mejor ser una especie generalista o una especialista?

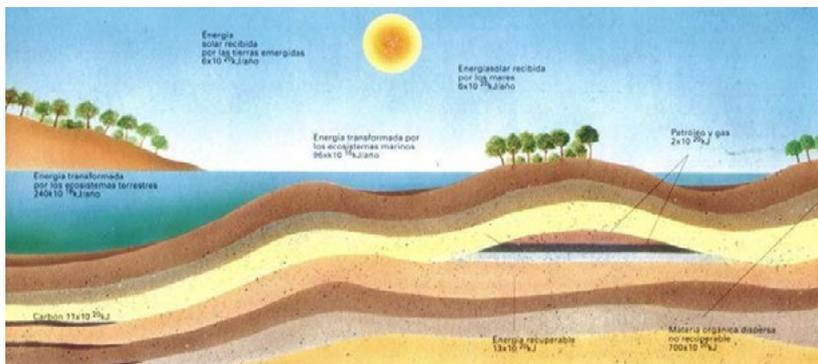
## **LA RECIRCULACIÓN DE LOS NUTRIENTES DISUELTOS**

El estudio de los nutrientes de los ecosistemas revela que los elementos de la corteza terrestre cambian de lugar, circulan dentro de los mismos ecosistemas y son acarreados a grandes distancias mediante procesos físicos que se llevan a cabo durante las eras geológicas. Esto se ilustra en el estudio de la aparente infertilidad de muchos suelos tropicales para la agricultura occidental, pues se encuentra que la provisión de nutrientes de una comunidad como la selva húmeda se almacena en los propios árboles. Al morir estos el agua del subsuelo los arrastra, que a su vez son recuperados por una eficiente red de raíces y así se completa el ciclo de nutrientes con gran efectividad. Sin embargo, en un bosque templado gran cantidad de estos permanecen en el suelo, ya sea en la materia orgánica que se descompone con lentitud o bien adsorbida a partículas orgánicas y minerales, y cuando los arrastra el agua del suelo, un sistema de raíces los recupera. Tanto en la selva húmeda como en el bosque templado, hay una pérdida de nutrientes en el agua de drenaje que se debe compensar con los acarreados a grandes distancias por el viento o por el desgaste de la corteza terrestre debido a la intemperización. Los nutrientes de todos los ecosistemas terrestres se filtran constantemente en el agua de drenaje a pesar de la efectividad de los ciclos a corto plazo de los nutrientes, y estas pérdidas van a enriquecer el mar. Sin embargo, existe un flujo de nutrientes en la dirección contraria, o sea del mar hacia la tierra, que compensa la pérdida en las aguas de drenaje. Se supo de la existencia de dicha compensación al efectuar un estudio comparativo entre la salinidad del océano y la descarga anual de sal de los

ríos del mundo. Si los océanos tienen la antigüedad que los métodos radiométricos permiten suponer y los ríos siempre han descargado la misma cantidad de sal que en la actualidad, los océanos deberían tener una salinidad cinco veces mayor que la que tienen realmente. Se llegó a la conclusión de que una tercera parte de la sal que los ríos aportan anualmente al mar regresa de nuevo a la tierra, acarreada por el viento y la lluvia, y las dos terceras partes restantes emergen con las nuevas rocas sedimentarias mediante movimientos de la corteza terrestre. Por tanto el viento, la intemperización y los movimientos de la corteza hacen circular de manera continua los materiales de los ecosistemas por toda la superficie del globo, manteniendo las concentraciones locales a niveles aproximadamente constantes a través de las eras geológicas.

## Elementos que cumplen ciclos en la naturaleza

### Ciclo del nitrógeno



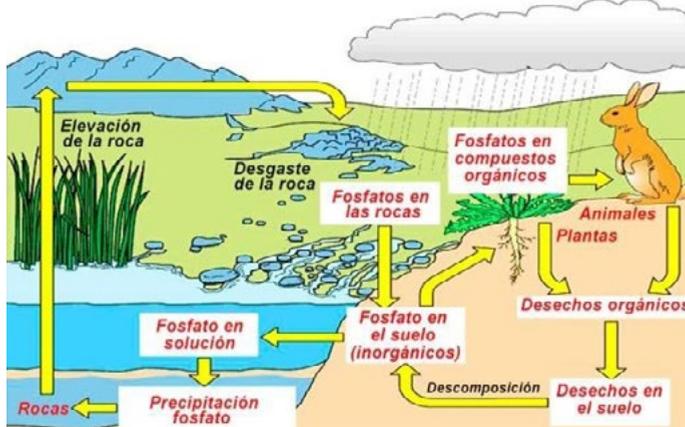
**Figuro 2-18**

Esquema del ciclo del nitrógeno.

Fuente: Claros, 2012

El ciclo del nitrógeno es particularmente interesante ya que el nitrógeno es uno de los constituyentes principales de los seres vivos y de la atmósfera. La reserva inmediata de nitrógeno de un ecosistema se encuentra en forma de moléculas orgánicas y como iones nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ). El nitrógeno así combinado recircula al igual que otros nutrientes solubles. Las aguas de drenaje del ecosistema también arrastran nitrógeno combinado en solución y las actividades agrícolas hacen que aumente en gran medida esta pérdida que el sistema deberá equilibrar obteniendo nitrógeno de la atmósfera. Una variedad de organismos sintetizan compuestos nitrogenados a partir de nitrógeno inerte en estado gaseoso, produciendo así la mayor parte del nitrógeno que emplean los seres vivos. La vieja costumbre de dejar los campos sin cultivar cada cierto número de años permite que las bacterias fijadoras de nitrógeno vuelvan a formar una reserva de compuestos nitrogenados. El efecto inmediato de la continua síntesis de compuestos nitrogenados que llevan a cabo estos microorganismos debería ser una acumulación de dichos compuestos en depósitos de la corteza terrestre y la consecuente disminución del nitrógeno atmosférico. Sin embargo, esto no llega a suceder, ya que otros organismos que habitan en medios anóxicos reducen los nitratos y liberan nitrógeno gaseoso. De esta manera se mantiene la concentración de nitrógeno en la atmósfera de todo el planeta debido a las actividades de los organismos que viven en lugares muy especiales.

## Ciclo del fósforo



**Figura 2-19**

Ciclo del Fosforo

Fuente: Paxala (Biología), 2018

El nutriente más importante desde el punto de vista ecológico, probablemente sea el fósforo, pues es de vital importancia para los organismos, y muy escaso. El fósforo tiene la peculiaridad de formar enlaces de alta energía que son de trascendental importancia para las transformaciones energéticas de todos los seres vivos. La proporción de fósforo con respecto a otros elementos que se encuentran en los organismos por lo general es más alta que la proporción que se encuentra en los suelos, las rocas y el agua, de los cuales dichos organismos necesariamente deben obtener su provisión.

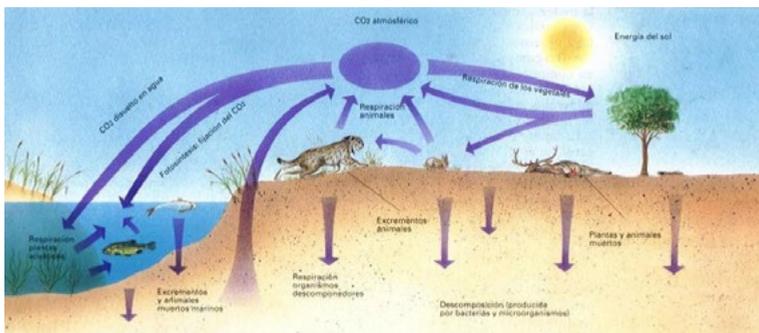
El fósforo es un elemento que se encuentra principalmente en la corteza terrestre, formando las llamadas rocas fosfatadas.

Estas rocas se desgastan y desintegran lentamente por la acción del agua, del viento y de los cambios climáticos, así las sales del fósforo, principalmente los fosfatos, e incorporan al suelo y se disuelven en el agua superficial que llega finalmente a los ríos, lagos y mares.

Los fosfatos disueltos en el agua son incorporados a las plantas para ser utilizados en la síntesis de ácidos nucleicos (ADN y ARN) y proteínas, posteriormente son transferidos a los consumidores.

Los restos orgánicos de estos seres son degradados por los descomponedores. La intervención de las bacterias fosfotizantes dejan libres los fosfatos, que retornan al suelo, con el cual se completa el ciclo. La mayor parte de los fosfatos del suelo son lavados por las aguas superficiales y llevados al mar en donde se sedimentan. Pequeñas cantidades de fosfatos retornan a la tierra a través de los peces extraídos del mar y de las aves que se alimentan de ellos. Los excrementos de las aves marinas (guano) son ricos depósitos de fósforo que se usan como fertilizantes.

### Ciclo del carbono



**Figura 2-20**  
Esquema del ciclo del carbono.

Fuente: Imagexia, 2018

El carbono de los seres vivos procede de la atmósfera, en la cual se encuentra como  $\text{CO}_2$ , gas que es absorbido desde esta por los vegetales superiores en los ecosistemas terrestres y por las algas en los ecosistemas acuáticos, durante la fotosíntesis. El mar absorbe grandes cantidades de  $\text{CO}_2$  para mantener el equilibrio calcio-carbonatos, constituyendo por ello el mar y los bosques, los llamados sumideros naturales del carbono.

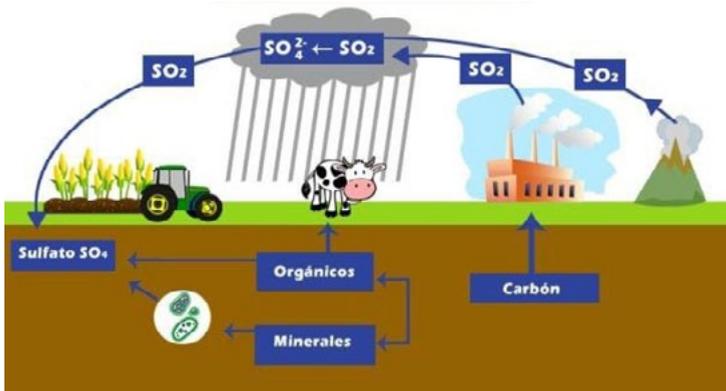
En el organismo de todos los seres vivos, los compuestos de carbono, absorbidos durante la digestión, se oxidan durante la respiración y pasan a  $\text{CO}_2$  nuevamente, el cual es expelido en grandes cantidades por las comunidades vivas hasta la atmósfera.

Otra fuente importante de  $\text{CO}_2$  para la atmósfera, la constituyen los combustibles fósiles, que se queman diariamente en la cantidad de 700.000 toneladas todos los años, y el  $\text{CO}_2$  producido no alcanza a ser consumido a la misma tasa de producción por los bosques y el mar y se está acumulando peligrosamente y aumentando el efecto de invernadero natural de este gas, lo cual ocasiona aumento de la temperatura media de la atmósfera y posible deshielo de los casquetes polares.

En el mar parte del carbono se inactiva como carbonato de calcio y forma rocas calizas, por eso el océano es denominado un sumidero o atrapador de carbono, efecto de invernadero. También se inactiva el carbono en los bosques que lo convierten en celulosa y lo almacenan por siglos en la biomasa.

Otra fuente importante de carbono para la atmósfera son los volcanes, los cuales al erupcionar, arrojan grandes cantidades de  $\text{CO}_2$ , procedentes de la descarbonatación de las rocas por el calor del magma.

### **Ciclo del Azufre**



**Figura 2-21**

Ciclo del Azufre.

Fuente: Paxala (Biología), 2018

El azufre emerge a la corteza terrestre desde el magma interno, debido a la actividad de los volcanes y las aguas termales. En la corteza es oxidado a sulfato, por bacterias especializadas, y disuelto en el agua del suelo llega hasta las plantas y de estas hasta los animales, constituyendo en los seres vivos un componente básico de las proteínas, como también de los aminoácidos esenciales llamados cisteínas y metionina. Adicionalmente forma parte de enzimas y vitaminas muy importantes, de gran actividad biológica en los vegetales y animales.

El ciclo del azufre es sencillo comparado con otros elementos, e involucra la vía aeróbica en presencia de oxígeno en

los sistemas acuáticos, en los cuales está disuelto como sulfuro. El sulfuro es la forma que prevalece en condiciones anaeróbicas, formando el llamado ácido sulfhídrico que produce el olor a huevos podridos característico de las aguas negras, las cuales están contaminadas con desechos orgánicos o el de las aguas de los pantanos ricas en detritus.

### **Ciclo del Calcio**



**Figura 2-22**

Ciclo del Calcio.

Fuente: López, 2018

El calcio forma parte de la estructura esquelética de los seres vivos y de las sustancias que regulan el potencial eléctrico en las células y los equilibrios electrónicos.

El calcio se encuentra en las rocas sedimentarias, en el suelo, y disuelto en las aguas dulce, estuarios y marinas. Otra parte está disuelto en el agua intersticial en equilibrio con su concentración en las rocas. Del suelo o del agua, pasa a los vegetales y de estos a los animales que los consumen; para formar sus huesos y actuar como electrolito en los líquidos celulares.

Es muy importante el papel del calcio en el océano, en el cual determina el delicado equilibrio calcio-dióxido de carbono, y regula la productividad de los ecosistemas marinos, formando los carbonatos que son los que han originado las rocas calizas que hay en la tierra.

### **Ciclo del magnesio**



**Figura 2-23**

Ciclo del Calcio.

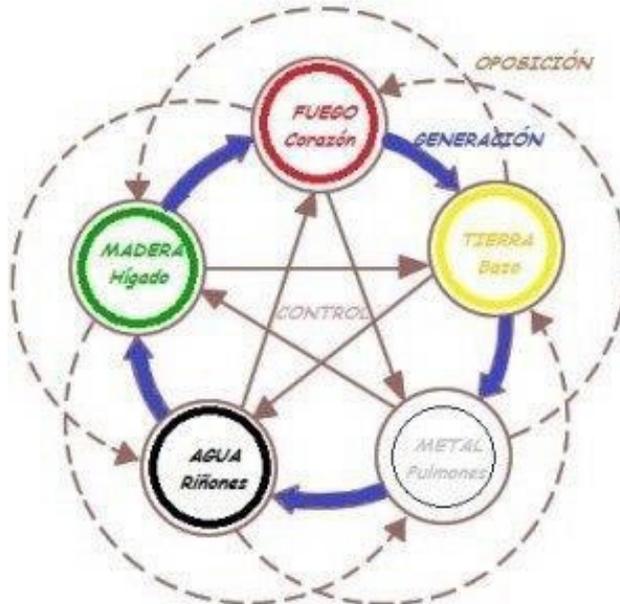
Fuente: Agromag, 2018

El ciclo del magnesio es similar al ciclo del calcio, tanto en los ecosistemas terrestres como en los acuáticos, generalmente las rocas calizas contienen asociados los dos elementos.

De la misma manera que el calcio, el magnesio es muy importante para las plantas, porque forma parte de la clorofi-

la. El magnesio es absorbido por las raíces de los vegetales desde el agua del suelo. De las plantas pasa este elemento a los animales y cuando los seres vivos mueren, regresa nuevamente al suelo.

**Ciclos de otros elementos**



**Figura 2-24**

Ciclo de otros elementos.

Fuente: Medicina Alternativa, 2018

Otros elementos llamados genéricamente elementos menores, cumplen importantes ciclos debido a que participan en importantes reacciones que afectan equilibrios biológicos y ecológicos en los seres vivos y se destacan por su papel biológico, el silicio, determinante para las algas diatomeas. Además son vitales para todos los seres vivos, el cobre, el zinc, el selenio; y para los vegetales el boro, el molibdeno y otros aun no identificados.

## Acciones recíprocas entre las especies

---



**Figura 3-1**

Acciones Recíprocas entre las especies Fuente: Salud y Medicina, 2012.

Las comunidades bióticas están formadas por poblaciones que interactúan en varios grados, en un abanico de posibilidades que abarca desde interacciones básicas neutras, en los que las poblaciones ocupan el mismo hábitat pero no comparten el mismo ambiente, a interacciones que tienen influencia directa, positiva o negativa sobre la capacidad de los individuos, de una o ambas poblaciones de sobrevivir y reproducirse. Desde una perspectiva global, parece como si el efecto de la evolución hubiera sido reducir las presiones de competencia y producir una división de los recursos naturales entre una variedad de especies.

Así la competencia intraespecífica que incluye las relaciones de gregarismo, colonización y societarismo puede dar

origen a la aparición de dos especies distintas con diferentes tolerancias, mientras que la competencia interespecífica que comprende las relaciones de mutualismo, comensalismo, depredación y parasitismo puede originar la compartimentación de los recursos del hábitat a través de adaptaciones corporales o de comportamiento. Surge si una comunidad de numerosas especies que ocupan distintos nichos ecológicos y presentan distintas especializaciones, sin que ninguna de ellas (a excepción de la humana) sea suficientemente dominante para desplazar a muchas otras. Estos contribuyen a la estabilidad de los ecosistemas maduros, puesto que ellos prácticamente todos los nichos están ocupados y solo los invasores con gran capacidad competitiva pueden adueñarse de algún recurso.

Es evidente que la competencia entre las especies es el resultado del mecanismo de la selección natural

### **ACCIONES RECÍPROCAS ENTRE LAS ESPECIES**

Todos los componentes del ecosistema (físicos y biológicos) no se encuentran aislados unos de otros, sino que directa o indirectamente están interrelacionados, pero, cuando los ecólogos hablan de interacciones entre individuos de una misma población (interacciones intraespecíficas) o entre especies diferentes de una misma comunidad (interacciones interespecíficas) se refieren a los casos en que los individuos o las especies se influyen de forma directa. <<nula (0), favorable (+), desfavorable (-)>>. Los individuos de una población entran a formar parte de ella por nacimiento o por inmigración y la abandonan por muerte o por emigración, y sus interrelaciones giran en torno a las fuentes de

alimento, el territorio que comparten y la reproducción. Más complejas son las relaciones interespecíficas, pues no solo pueden establecerse entre animales o entre plantas, sino también entre animales con plantas o entre animales con bacterias, o incluso entre dos vegetales de distintos reinos como en el caso de los líquenes. En todo caso, tales relaciones presentan todos los grados tanto en intensidad como en el tiempo; van desde las permanentes y básicamente vitales, hasta las puramente circunstanciales y temporales, pasando por todas las gradaciones intermedias.

### **TIPOS DE POBLACIONES**

Entre los tipos de asociaciones intraespecíficas más comunes en el reino animal se encuentran las poblaciones familiares, las gregarias, las estatales (llamadas sociedades) y las coloniales. Los individuos que forman poblaciones familiares se mantienen unidos por razones de parentesco, ya que tales grupos tienen su origen en una pareja de animales de diferente sexo que procrean una descendencia más o menos numerosa. La más representativa de estas poblaciones familiares es la monógama, formada por ambos padres y sus hijos, como en el caso de los cisnes; pero también existen poblaciones familiares polígamas, cuando la unidad procreadora está formada por un macho con varias hembras, o bien patriarcales o matriarcales. Cuando una sociedad de tipo familiar no se limita a los padres y sus hijos, sino que se prolonga con los descendientes por la reproducción entre hermanos y luego entre primos, o de estos con progenitores, se constituye un clan.

### **Gregarismo, colonización y societarismo**

Las poblaciones gregarias se originan por orientación común hacia un mismo estímulo o por atracción mutua entre congéneres, o también por transporte pasivo debido a la acción mecánica de diversos agentes del medio, especialmente el viento y corrientes de agua; de modo que, normalmente, no existe entre los individuos que las constituyen ningún vínculo de parentesco. Son de este tipo los bancos de peces (atún, sardinas), las bandadas de aves (gaviotas, golondrinas) y de insectos (langostas), así como las manadas de mamíferos (delfines). Estas poblaciones a veces son puramente transitorias, estableciéndose con objeto de emigraciones, búsqueda de alimento o defensa mutua, y disgregándose una vez cumplida su misión.

En las poblaciones, coloniales, todos los individuos se hallan unidos materialmente y comunicados entre sí, como en el caso de las madréporas y los corales. El origen de estas poblaciones se halla en la gran capacidad que poseen estos animales para reproducirse asexualmente por gemación. Por último, las poblaciones estatales están representadas por los llamados insectos sociales, como las hormigas, abejas, avispas y termitas, que forman sociedades en las que la división del trabajo es tan acentuada, que los individuos están estructural y funcionalmente diferenciados en castas.

Los tipos principales de interacciones interespecíficas son competición (que también puede ser intraespecífica) depredación, parasitismo, mutualismo y comensalismo. Tres de estas interacciones-parasitismo, mutualismo y comensalismo son relaciones simbióticas, en las que dos tipos de organismos viven juntos en una asociación íntima, en la

cual los miembros de una o de ambas especies se benefician de la misma.

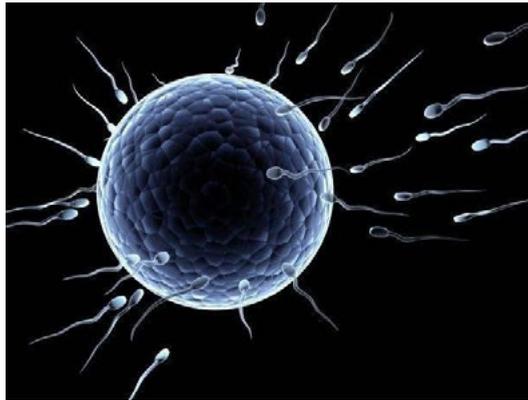
Elabore una lista de ejemplos relacionados con los tipos de interrelaciones antes estudiadas, preferiblemente pertenecientes al contexto colombiano.

## **COMPETENCIA**

La competencia es una relación con efectos negativos para ambas poblaciones o individuos involucrados, y puede darse de dos maneras: la competencia interespecífica, que se presenta cuando se incluyen individuos de dos especies diferentes, y la competencia intraespecífica, que se presenta entre individuos de una misma especie. La competencia interespecífica se considera como un factor extrínseco de la resistencia ambiental, mientras que la competencia intraespecífica es un factor intrínseco, pues se da en el interior de una población. En la competencia interespecífica se pueden presentar dos situaciones que dependerán de la intensidad de la competencia y de la capacidad adaptativa de las especies. Si los recursos son limitados y las especies son muy específicas en sus requerimientos, una de las dos poblaciones será eliminada; en cambio, si los requisitos de las especies no son tan específicos, es probable que se presente un desplazamiento de las características de ambas especies, pudiendo subsistir las dos, pues de este modo amplían su abanico de opciones en el uso de los recursos. La primera situación se da cuando la competencia es relativamente nueva y la segunda se da después de un período evolutivo de adaptación al medio.

Los factores intrínsecos de regulación de la población se presentan cuando los individuos de una población entran en competencia consigo mismos. La competencia intraespecífica es más intensa que la competencia interespecífica,

y los individuos frecuentan los mismos lugares, necesitan la misma alimentación, buscan los mismos cobijos y se hallan expuestos a idénticos peligros. Entre los animales, la escasez de alimentos provoca la depauperación y muerte de gran número de individuos que forman la población, llegándose en muchos casos al canibalismo. Entre los vegetales la competencia por el alimento se incrementa a medida que aumenta el número de plantas en una zona, debido a que el espacio para extenderse las raíces y tomar alimento va siendo cada vez menor, lo cual se traduce en la disminución del ritmo de crecimiento. La competencia también afecta a la reproducción, que se ve dificultada por disminuir la fecundidad ante la escasez de alimento, por la falta de lugares adecuados para la cría, por la desproporción que puede darse entre los dos sexos, con las consiguientes luchas entre machos para conseguir las hembras, y por otras causas.



**Figura 3-2**

A diario, en la naturaleza se presentan diversos tipos de competencias de especial interés, tal es el caso de los espermatozoides (células sexuales masculinas), los cuales luchan por alcanzar el óvulo (célula sexual femenina).

En la microfotografía se observa un óvulo humano en el momento en que es penetrado por un espermatozoide. Solo uno de los espermatozoides que llegan al óvulo, será capaz de fecundar.

Fuente: ABC.ES, 2018

Actualmente la especie humana en su lucha por la existencia ha disminuido la competencia con el ambiente físico y con otra especies, incluyendo a las principales plagas que mantiene bajo un cierto “control”; pero que en cualquier momento pueden disparar sus poblaciones y alcanzar triunfos en la competencia con el hombre; sin embargo, la competencia intraespecífica está alcanzando niveles más altos cada vez, y el objetivo es asegurar ventajas competitivas a expensas de los vecinos. Esto se explica porque el progreso y la prosperidad reducen la competencia con las demás especies, pero motiva a los hombres a tratar de alcanzar mejores oportunidades de vida compitiendo entre sí.

Los mecanismos de conducta social son un tipo de factor intrínseco de regulación de la población, y una forma en que se traducen estos mecanismos es en la defensa del territorio, que se define como el área que un organismo defiende en contra de otros organismos de su propia especie. La territorialidad es una forma de conducta social debido a que cada uno de los individuos compite por obtener los recursos que necesita sin tener en cuenta a los demás. Tal es el caso de las poblaciones de larvas que se alimentan de un pedazo de carne suficiente para todas. Pero algunos invertebrados y muchos vertebrados han desarrollado comportamientos específicos, para hacer frente a los recursos limitados, por ejemplo, organizando luchas en las cuales un individuo o grupos de individuos defienden un territorio frente a la intrusión por parte de otros miembros de la misma especie. El tamaño de un territorio está en función del número total de animales, que pueden mantenerse en una región y de la capacidad relativa de los indi-

viduos para defenderlo (un individuo más fuerte, generalmente un macho) puede mantener un territorio mayor que uno débil. Los individuos que no pueden mantener a otros fuera de su territorio se verán excluidos de la población reproductora, de modo que la territorialidad parece asegurar que el tamaño de la población no sea excesivo para los recursos disponibles y que los individuos más fuertes se reproduzcan.

### **Territorialidad y especialización sexual**

En muchos casos, el comportamiento territorial tiene su origen sexual y reproductor, y entonces el macho elige un territorio al comienzo de la temporada reproductiva. Los machos de los territorios adyacentes luchan entre sí hasta que establecen ciertos límites territoriales, cerca de los cuales reina una cierta neutralidad; de modo que la agresividad del dueño del territorio es máxima en el corazón de este y va disminuyendo a medida que nos acercamos a los límites. Pero este tipo de comportamiento varía con el estilo de vida específico de cada especie; por ejemplo, las aves marinas disponen de muchos kilómetros de aguas abiertas para moverse y buscar alimento, pero son ferozmente territoriales en el espacio necesario para la anidación sobre una roca o un islote, que es el recurso más escaso y por el que existe mayor competencia.

### **Comportamiento sexual**

El contacto social íntimo e imprescindible entre los individuos de una población es el acto sexual, que, en muchas

especies solitarias, es el único contacto social existente. Se trata de un comportamiento adaptativo –al promover la perpetuación de la especie– que demanda cooperación, superación temporal de la agresividad y la existencia de un sistema de comunicación, el cual a menudo se presenta ritualizado en lo que se ha llamado cortejo o galanteo. Pero con frecuencia el apareamiento va precedido de luchas entre machos que contribuyen a la adquisición evolutiva de un mayor tamaño corporal, vistosos colores, astas, ornamentos y otros caracteres reproductivos que le dan al macho una ventaja al establecer su dominancia sobre sus congéneres y atraer a las hembras.

### **Selección sexual y mecanismos de adaptación**

La selección sexual también ha desarrollado comportamientos que permiten a los machos dominantes proteger a la hembra fecundada contra la posible cópula con otros machos, como ocurre en las libélulas, que vuelan unidas tras la cópula durante un tiempo. Así mismo, la selección ha favorecido las características femeninas que permiten a las hembras asegurarse de que la calidad del macho justifica su inversión de tiempo y energía en la reproducción, para lo cual es un buen indicio salir victorioso en las luchas entre machos por la hembra. Por ejemplo, las hembras de los chimpancés en celo exhiben protuberancias genitales de colores vivos que atraen a todos los machos y los incitan a combatir entre ellos; finalmente, el macho victorioso es el que corteja.

NOTA ILUSTRATIVA. Importancia ecológica de la reproducción sexual

Para comprender el significado de la reproducción sexual es primordial tener en cuenta que los gametos tienen un solo juego de cromosomas cada uno, en lugar de los dos juegos que tienen todas las demás células del individuo y que, durante esta división reduccional, los cromosomas homólogos que contienen la información genética proveniente de los progenitores anteriores son mezclados y quedan redistribuidos aleatoriamente (recombinación). De este modo, los gametos poseen muchas combinaciones diferentes de cromosomas, algunas de las cuales no existían en la generación anterior. Es así como el nuevo individuo vuelve a tener células normales (con doble juego de cromosomas), pero ya con diferente dotación genética, lo que se expresa diciendo que hay variación en la descendencia.

La variación es consustancial con la reproducción sexual, incluso en los casos de hermafroditismo, tan comunes en las plantas que producen órganos sexuales masculinos y femeninos en la misma flor, debido a la recombinación de genes, aunque la variación es más acentuada cuando los gametos masculino y femenino proceden de dos individuos un macho y una hembra, que es el caso más generalizado entre los seres vivos. Por tanto, la reproducción sexual es una modalidad ventajosa de reproducción, al promover la variación genética entre los miembros de una población, lo que facilita a la especie la supervivencia y la adaptación en un medio cambiante al propagarse con rapidez las combinaciones genéticas más ventajosas. Se puede decir que, junto con las mutaciones, la reproducción sexual es el motor de la evolución.

## **INTERACCIONES CONSUMIDOR-VÍCTIMA: DEPREDACIÓN Y PARASITISMO**

La forma más obvia de interacción de las especies en las cadenas y redes alimentarias es la depredación. En esta relación, un organismo de una especie, denominado depredador ataca y mata (luego se alimenta de partes o de todo un organismo) a otra especie, denominada presa, lo que da como resultado un beneficio para el depredador, y un daño o inhibición del crecimiento de la población de la presa. La relación depredador-presa constituye el componente básico de la estructura del ecosistema y de la estabilidad de las poblaciones naturales.

La depredación funciona realmente como un sistema cibernético, con mecanismos de retroalimentación negativa y positiva para cada una de las especies, y no es necesariamente nociva para la presa ni benéfica para el depredador, pues al existir exceso de presas se estimula el crecimiento del depredador, resultando en una declinación de la población de la presa, que a su vez, al escasear la misma, hará disminuir la población del depredador, transformándose esto en un ciclo depredador-presa con altas y bajas respectivas en las poblaciones. Existen numerosos ejemplos de esta relación entre las especies de mamíferos, aves, reptiles, peces y anfibios.

Entre las aves se puede citar al Martín pescador collarejo, que caza los peces lanzándose en clavado desde una percha alta (esta ave se encuentra en toda Colombia).



**Figura 3-3**

En la fotografía se puede apreciar un ejemplo de depredación, en donde un caimán devora su presa, propio de las Ciénegas Costeras del Territorio Colombiano

Fuente: Pinterest, 2018.

También entre las plantas y animales, la herbivoría es un ejemplo de esto, pues el ganado vacuno actúa como depredador al consumir la hierba y otras plantas que pastorea. El hombre es, en sí, un depredador, quien ha inventado armas y trampas para capturar presas.

Las especies de presa tienen diversos mecanismos protectores. De otra manera, serían capturadas y comidas fácilmente. Algunas tienen reacciones rápidas; es decir, pueden correr, nadar o volar rápidamente, y otras tienen la vista (líneas oscuras de color que parten de los ojos, que además de funcionar como miras, reducen el resplandor en lugares muy oscuros, círculos claros alrededor de los ojos que funcionan como dispositivos para capturar la luz. Estos círculos y líneas son muy comunes en aves de rapiña, reptiles, anfibios y peces) o el sentido del olfato altamente desarrollados, lo que las alerta de la presencia

de un depredador. Algunas poseen piel gruesa o muy clara (el lagarto), concha (las tortugas) o corteza, y otras están provistas de espinas (erizos de mar o los cactus).



**Figura 3-4**  
Rana Kokoi.

Fuente: Wilmar, 2004

Algunas especies de presa o depredadas secretan sustancias químicas de mal olor (zorrillo y hierbas fétidas), saben mal a su depredador (ranúnculo), irritan (escarabajos), o envenenan (rana “kokoi” la rana más venenosa del mundo, Chocó-Colombia).

Ciertas presas intentan alejar o intimidar a sus depredadores esponjándose ampliamente (como el sapo que se agacha y se hincha adoptando posturas defensivas), extendiendo súbitamente parte de su plumaje (pavo real), pareciéndose a depredadores de alguna especie de presa. Otras depredadas obtienen protección viviendo en grandes grupos (bancos o agrupamientos de peces).

Además de los mecanismos de defensa antes mencionados, existen otros como:



**Figura 3-5**

Defensa Venenosa. El sapo marino es extremadamente tóxico para otros animales. Si se siente amenazado o lo aprietan, tal como cuando está en la boca de un predador, libera veneno desde las grandes glándulas que tiene sobre los hombros. Además, tiene pequeñas glándulas sobre el cuerpo que también producen veneno.

Fuente: Hogarmania, 2018

**a. Mimetismo.** En sentido amplio, el mimetismo es un tipo de relación interespecífica en la cual una especie logra pasar desapercibida para otras o induce a estas a confundirla con el entorno o con los individuos de otra especie. Propiamente, si una configuración se disimula y se confunde con su fondo debe hablarse de enmascaramiento.



**Figura 3-6**

Mimetismo de una mariposa en un naranjo.

Fuente: Propia del autor, 2018

Este tipo de defensa puede ser estático o dinámico, según el organismo permanezca sobre un fondo al que se asemeja sin salir de él (caso, por ejemplo de muchos insectos) o bien, como hace el camaleón (como los *Anolis* de la familia *iguanaidae*, perteneciente a la fauna selvática amazónica-Colombia. Fig. 3-7), vaya adaptando su coloración a la del fondo sobre el que se mueve. El término mimetismo, en sentido estricto, es el fenómeno que se presenta cuando una especie imita el aspecto de otra de la que se puede estar muy alejada filogenéticamente.



**Figura 3-7**

La propiedad de camuflarse con el ambiente que lo rodea es característica de varias especies de la herpetofauna selvática del Amazonas. Entre estas, los camaleones (*Chamaeleonidae*) Camaleón, adoptan coloraciones para confundirse, ya sea con las hojas muertas del piso o con la corteza y follaje de los árboles.

Fuente: Naturaleza Curiosa, 2018

El mimetismo de Mertens o de Bates (Batesiano), el mismo presenta un aspecto análogo al de una especie incomedible o temida por los depredadores potenciales: se trata pues de un mimetismo defensivo. En el mimetismo de Müller (Mulleriano), numerosas especies que viven en una

misma región adoptan un aspecto semejante, de manera que los depredadores no pueden distinguirlos para diezmar los efectivos de la especie que prefieren hasta hacerla desaparecer.

Ejemplo: La serpiente coral, que presenta uno de los venenos más tóxicos conocidos, es imitada por serpientes inofensivas como la falsa coral (Fig. 3-8) para desconectar a los depredadores. Este ejemplo es ilustrativo del mimetismo batesiano.

**b. El mimetismo de Peckham**, es otra adaptación de acción recíproca. Este mimetismo es de tipo agresivo. En este caso el depredador presenta el aspecto de una especie no agresiva para evitar que su potencial víctima emprenda la huida al acercársele; tal es el caso del ratonero americano, que mimetiza al buitro americano, y de numerosos insectos depredadores que se parecen a sus víctimas.

Existen además otros métodos que les ayudan a los depredadores a capturar presas. Algunos carnívoros capturan su presa por ser capaces de correr muy rápido, y otros tienen una mirada penetrante que inmoviliza. Otros carnívoros cooperan en la captura de su presa cazando en grupos.

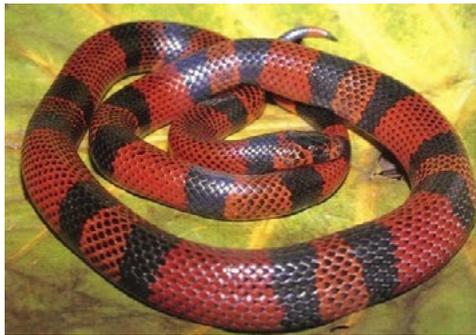
Muchos depredadores atacan presas que son jóvenes, viejas, débiles, enfermas, inválidas o, en algunos casos, que se hallan incapacitadas. Esta supresión natural de individuos enfermos y débiles también beneficia a la especie depredada, evitando la diseminación de una enfermedad,

y dejando a los individuos más fuertes y saludables para el apareamiento.



**Figura 3-8 a.**

Falsa coral de la familia Colubridae; Bahía Málaga. Pacífico colombiano



**Figura 3-8 b.**

Serpiente coral, propia de América meridional y muy venenosa.

Fuente: Gallardo, 2016

NOTA ILUSTRATIVA. Tiburones: Los depredadores más importantes del océano.

Los tiburones han vivido en los mares y océanos durante 450 millones de años, mucho antes de que aparecieran los

dinosaurios. Ahora hay unas 360 especies de tiburones, cuyo tamaño, comportamiento y otras características difieren ampliamente.

Los tiburones varían en tamaño desde 0.1m (6 pulg) de largo, el tiburón perro enano, hasta 18m (60 pies), tiburón ballena: el pez más grande del mundo. El tiburón ballena, como otras dos especies grandes de tiburón –el cetorrino y el megaboca– son inofensivos para la gente, porque se alimentan de diatomeas microscópicas, vegetales y animales acuáticos pequeños, como el zooplancton y el camarón.

Los tiburones tienen órganos sensoriales extremadamente sensitivos. Algunos pueden detectar el olor de peces en descomposición o de sangre, aun cuando esté diluido a solo 1 parte por millón de partes de agua de mar. Probablemente pueden oír sonidos que se originan a 3 km de distancia, y apreciar la dirección desde la cual vienen los sonidos bajo el agua. También sienten impulsos eléctricos débiles radiados por los músculos y corazones de los peces, haciendo difícil para su presa escapar a la detección.

Los tiburones son depredadores clave en los mares y océanos del mundo, que ayudan a controlar el número de muchos otros depredadores marinos. Sin tiburones, los océanos estarían atestados de peces muertos y en descomposición, y carentes de muchos sanos con los que contamos para comer.

Cada año, se capturan y matan 100 millones de tiburones, principalmente para alimento y por sus aletas. Otros tiburones son aniquilados por deporte y alevosamente.

Los tiburones son vulnerables a la sobrepesca, porque la mayoría de las especies necesita 10 a 15 años para empezar a reproducirse, y solo producen pocos descendientes.

Influenciada por el cinema y las novelas populares, la mayoría de las personas ve los tiburones como monstruos que devoran gente. Esto se halla lejos de la verdad. Cada año, unos cuantos tipos de tiburón, principalmente los llamados blanco grande, toro, tigre, gris de arrecifes, azul y punta blanca oceánico, hieren a unas 100 personas en todo el mundo, y matan a unas 25. La mayoría de los ataques son por los grandes tiburones blancos, que con frecuencia se alimentan de leones marinos y otros mamíferos de mar, y algunas veces confunden a los nadadores humanos con su presa normal, especialmente si están usando trajes negros húmedos.

Si usted es un paseante típico del mar, sus posibilidades de ser muerto por un tiburón en un ataque no provocado, son aproximadamente 1 en 100 millones. Es más probable que sea muerto por un cerdo que por un tiburón, y miles de veces más probable que fallezca al conducir un automóvil.

Los tiburones ayudan a salvar vidas humanas. Además de proporcionar alimento a las personas, ayudan a aprender cómo luchar contra el cáncer, bacterias y virus. Los tiburones son muy saludables y tienen procesos de envejecimiento semejantes a los nuestros. Su sistema inmúnico altamente efectivo, permite a las heridas sanar rápidamente sin llegar a infectarse, y su sangre está siendo estudiada en relación con la investigación sobre el SIDA.

Se está utilizando una sustancia química extraída del cartílago, como piel artificial para víctimas de quemaduras.

Los tiburones se encuentran entre los pocos animales en el mundo que casi nunca padecen de cáncer o cataratas en los ojos. Es importante saber que puede ayudarnos a mejorar la salud humana. Las sustancias químicas extraídas del cartílago del tiburón han aniquilado células cancerosas en animales de laboratorio, investigación que algún día podría ayudar a prolongar nuestra vida o la de un ser querido. Los tiburones son necesarios en los ecosistemas oceánicos del mundo. Aunque no nos necesitan, nosotros sí los necesitamos a ellos. Somos mucho más peligrosos para los tiburones, que ellos para nosotros. Por cada tiburón que muerde a una persona, los humanos matan 1 millón de tiburones.

Otro tipo de interacción depredador-presa, es el parasitismo (en este caso la interacción se da entre un parásito y un huésped). Un parásito es un consumidor que se nutre a expensas de otro organismo vivo, hospedador (o su huésped), al cual afecta negativamente. El parásito es el individuo que se beneficia –y necesita de la interacción para poder sobrevivir– y el huésped es el individuo que se debilita gradualmente; sin embargo, el parásito no causa la muerte directa del huésped. La relación parásito-huésped se presenta en un gradiente muy amplio, desde la acción altamente virulenta del parásito que causa el debilitamiento rápido y la muerte sub-secuente del huésped, hasta la situación en que se alcanza un equilibrio de la relación debido a la resistencia del huésped, y una menor virulencia del parásito. Esto último se alcanza después de

un largo proceso evolutivo mediante el cual los individuos parásitos más virulentos de la población, y los individuos más débiles o menos resistentes de la población huésped son eliminados.

Resulta evidente que los parásitos causantes de enfermedades y plagas contribuyen a incrementar la mortalidad de los individuos de una población; o cuando menos a disminuir la capacidad vital, lo que puede repercutir notablemente en el potencial reproductor de dicha población, con la consiguiente disminución de la natalidad, hecho que repercute a su vez en la regulación de las comunidades.



**Figura 3-9**

Parasitismo. La roya del café. Quindío-Colombia.

Fuente: Alvarado, 2005

Los efectos del parasitismo son muy variados: obstrucción o compresión de determinados conductos y órganos, destrucción de tejidos (incluida la savia y la sangre), expoliación de productos de los cuales se alimenta el parásito, intoxicación por la producción de toxinas (caso de las bac-

terias) transmisión de microbios patógenos (mosquito de la malaria) y muchos otros.

La especie humana es huésped de una gran cantidad de parásitos internos, o endoparásitos como lombrices intestinales, parásitos de la sangre, virus, parásitos externos o ectoparásitos tales como las pulgas, piojos, ácaros, mosquitos, hongos y bacterias de la piel. Los parásitos patógenos son aquellos que determinan una conducta insana o de enfermedad debido a la virulencia de la relación. Por otra parte, muchos parásitos del hombre han evolucionado en una relación en la que no se causa una “enfermedad” propiamente dicha, como es la relación entre poblaciones humanas con la malaria. En estas poblaciones, los glóbulos rojos normales se remplazan por glóbulos rojos falciformes, los cuales presentan una cierta resistencia a los protozoarios que causan la malaria, que necesitan de glóbulos rojos normales para reproducirse, de tal modo, que los individuos pueden tener al protozoo en su sangre y mostrar síntomas de la enfermedad.

En el reino animal se da también una especie de parasitismo en el que se utiliza a otra especie no para nutrirse sino con otros fines, pero con evidente perjuicio. Este tipo de relación, llamado explotación, adopta diversas modalidades entre las que destaca el nidoparasitismo, es decir, la utilización por parte de ciertas aves del nido de otras para depositar sus huevos y dejarlos al cuidado de la propietaria del nido. Existe un género de hormigas que todavía llegan más lejos en su afán de explotación: reclutan larvas de otras especies de hormigas, se las llevan a su hormiguero y, cuando han alcanzado el estado adulto, las esclavizan para que realicen los trabajos de la colonia.

NOTA ILUSTRATIVA. Parásitos y enfermedad.

Todos los seres vivos están expuestos a enfermedades producidas por algún tipo de parásitos: virus, bacterias, protozoos, gusanos y artrópodos (insectos, arácnidos, etc.). El huésped puede vivir sin el parásito, pero este normalmente no puede existir sin el huésped, ya que se ha especializado en vivir a expensas de su víctima mediante una serie de adaptaciones a través de las cuales se ha vuelto dependiente no solo de algún huésped, sino en muchos casos, de una sola especie de huésped. Por tanto, un buen parásito no mata a sus huéspedes, por lo menos hasta que él y su huésped se hayan reproducido.

Los huéspedes que se recuperan de un ataque inicial se convierten a menudo en transmisores de la enfermedad por conservar algunos parásitos que continúan produciendo nuevos o larvas que infectan a otros huéspedes. Contemplando desde el punto de vista ecológico, el parasitismo, junto con algunas enfermedades, es uno de los factores que regula las poblaciones de las comunidades naturales. Una prueba de ello sería el hecho de que muchas enfermedades aparecen cuando hay hacinamiento, es decir, cuando una población ha crecido más de lo que puede soportar el ambiente y entra en estrés.

NOTA ILUSTRATIVA. Líquenes: una asociación eficiente.

Aunque a primera vista un líquen parece una planta, en realidad, es una asociación íntima de un alga (generalmente, verde o verdeazulada) y un hongo (generalmente, un ascomiceto) en la que ambos coexisten formando un solo organismo. Según su morfología, los líquenes se clasifican en: foliáceos (aspecto de hoja), fruticulosos

(aspecto arborescente) y crustáceos (aspecto de costra). Estos últimos, frecuentes en las rocas desnudas y en las cortezas de los árboles viejos, están compuestos por una capa externa de filamentos del hongo densamente empaquetados, bajo la cual se encuentra un estrato algino más una red de filamentos (médula) que penetran en el substrato sobre el que se haya fijado el líquen. La simbiosis parece perfecta: el hongo absorbe el agua y las sales minerales que la planta precisa y estas son transformadas en sustancias orgánicas merced a la función clorofílica del alga. Esta cooperación hace de los líquenes organismos extremadamente resistentes al frío (en las regiones polares constituyen a menudo la única forma de vida vegetal existente) y a la sequía, y los capacita para colonizar rocas desnudas, terrenos baldíos y cortezas de árboles. Sin embargo, algunos biólogos sugieren que se trata de un parasitismo controlado en el que el único beneficiado es el hongo. En todo caso, los líquenes se reproducen (vegetativa o sexualmente) y crecen como un todo, manteniendo indefinidamente su eficaz asociación íntima. Pero tienen un talón de Aquiles, y es que carecen de medio excretorios, lo cual los hace muy sensibles a los compuestos tóxicos. Así, paradójicamente, los líquenes, que son los grandes pioneros en la colonización de las regiones más inhóspitas del planeta, no pueden vivir en las ciudades industrializadas, donde el aire contaminado destruye la clorofila de sus cuerpos vegetativos. Por ello, el crecimiento de los líquenes se ha utilizado como indicador de la contaminación atmosférica, sobre todo en lo que se refiere al dióxido de azufre, gas que se libera en la combustión de carbón y es responsable de la lluvia ácida.

## MUTUALISMO Y SIMBIOSIS

El mutualismo es un tipo de relación entre dos especies que beneficia a ambas. Los términos mutualismo y simbiosis se utilizan a menudo indistintamente, con el mismo significado, pero, a la hora de precisar, los biólogos prefieren restringir el uso del término <<simbiosis>> a los casos de mutualismo en que entre las dos especies asociadas existe una permanente e íntima relación anatómica y fisiológica que da origen a un todo orgánico. Este es el caso, por ejemplo, de los líquenes (asociación entre un alga y un hongo) las micorrizas (asociación entre las raíces de plantas superiores y un hongo) y las bacteriorrizas (asociación entre las raíces de las leguminosas y ciertas bacterias fijadoras de nitrógeno).



**Figura 3-10**

Mutualismo. En la naturaleza conviven con frecuencia distintos briofitos (musgos y hepáticas) con líquenes y helechos. Muchos representantes de estos grupos requieren suelos más o menos húmedos y ambientes abiertos, poco sombreados, pueden vivir en cambio sobre rocas casi desnudas, casi sin tierra, lo que constituyen un ambiente poco codiciado por las plantas superiores.

Fuente: Neofrontera, 2016



**Figura 3-11**

Bacteriorrizas. Asociación en este caso entre las raíces de frijol y ciertas bacterias fijadoras de nitrógeno.

Fuente: Neofrontera, 2016

En muchas ocasiones, la relación mutualista o simbiótica persigue, directa o indirectamente, fines nutricios, de modo que un mutualista proporciona al otro determinado nutriente, y viceversa. Son de este tipo los mutualismos que se desarrollan en el aparato digestivo de los rumiantes y de los xilófagos (devoradores de madera) con determinadas bacterias y protozoos.

En una comunidad, el mutualismo puede desempeñar una importante función ecológica, especialmente cuando se da entre especies que solo pueden sobrevivir en determinados ambientes si se hallan asociadas a otras en régimen mutualista o simbiótico, porque el mutuo beneficio que logran obtener mediante esta interacción les permite desarrollar su actividad vital en unas condiciones difíciles que no podrían resistir por separado. Tal es el caso de los citados insectos xilófagos, como los termes, y sus microbios digestivos, y también el de los líquenes. Los líquenes tienen una gran capacidad de resistencia frente a las con-

diciones desfavorables del medioambiente, lo que explica que sean los organismos más difundidos sobre la faz de la Tierra, encontrándose tanto en las regiones polares como en los secos roquedos de alta montaña sometidos a fuerte insolación. Estas variaciones ambientales tan acentuadas no podrían soportarlas por separado el hongo y el alga, que solo pueden vivir en lugares sombríos y húmedos.

Pero las relaciones mutualistas también pueden beneficiar a la comunidad en su conjunto, como es el caso de las bacteriorrizas, que asociadas simbióticamente con las raíces de las leguminosas fijan el nitrógeno atmosférico y enriquecen así el suelo en este elemento; razón por la cual las plantas capaces de desarrollar esta simbiosis son a menudo las pioneras en el desarrollo de una comunidad sobre suelos pobres.

NOTA ILUSTRATIVA. Micorrizas: hongo-raíz

Las micorrizas son asociaciones simbióticas de mutualismo entre ciertos hongos y las raíces de muchas plantas. El hongo beneficia a la planta al descomponer la materia orgánica presente en el suelo, poniendo de este modo ciertos minerales a disposición de las raíces. Éstas, por su parte, proporcionan al hongo, que carece de la función clorofílica, sustancias orgánicas sinterizadas por la planta.

La importancia ecológica de las micorrizas se descubrió al observar que las orquídeas no prosperan si no están colonizadas por un determinado hongo. Más tarde, también se comprobó que muchas especies de arbóreas

forestales mueren al ser trasplantadas a prados con suelos fértiles, pero que carecen de los hongos micorrizales, y que, inoculando previamente estos suelos con esporas de tales hongos, los árboles se desarrollan con normalidad. Los cuerpos filamentosos de estos hongos se extienden por debajo de la capa gumífera de los suelos forestales, formando un manto denso alrededor de las raíces de los árboles e introduciendo algunos filamentos en las células radicales. Las setas o sombrillos que surgen del suelo no son más que los aparatos reproductores (cargados de esporas) de estos hongos, cuyo auténtico cuerpo permanece enterrado. En las orquídeas la simbiosis todavía es mucho más estrecha, ya que los filamentos del hongo invaden por completo las células de la raíz. Las micorrizas son particularmente importantes en los ecosistemas tropicales; cuyos suelos acostumbran a ser pobres en materia orgánica y sales minerales. A través de sus representantes micóticos, las raíces de las plantas son capaces de invadir los cuerpos de organismos recién muertos y extraer los minerales de aquellos de forma inmediata, antes de que sean lavados por las lluvias. Esas micorrizas tropicales son tan eficaces que el agua de escurrimiento de las pluvisilvas no contiene más minerales que los presentes en ella en el momento de caer como lluvia.

### **Mutualismo obligado y facultativo**

La relación mutualista puede tener diferentes grados de dependencia y especialización. Muchos de los ejemplos hasta ahora citados son casos extremos en los que las especies asociadas no pueden vivir independientemente (mu-

tualismo obligado); pero hay muchos casos de mutualismo facultativo, en los cuales ambas especies se benefician con la asociación pero son capaces de sobrevivir sin ella. A menudo, este tipo de relaciones no responde a intereses nutricios en ambos socios, sino solo en uno de ellos. Este es el caso de algunas especies de cangrejos que colocan anémonas u otros cnidarios en la parte superior de sus caparazones, lo que supuestamente les sirve de camuflaje; los sedentarios cnidarios, por su parte, se benefician de la relación al obtener partículas de alimento cuando el cangrejo captura y devora sus presas; sin embargo, ni el cangrejo ni el cnidario dependen uno del otro.

### **Mutualismo clientelista y mutualismo polinizador**

Un tipo de asociación facultativa muy interesante es el que se establece entre los pececillos limpiadores y otros peces de cierto tamaño, como el mero. Los diminutos limpiadores entran en la boca del cliente y le van extrayendo los fragmentos de alimento en putrefacción que han quedado retenidos en los dientes, e incluso penetran hasta la faringe para devorar los posibles parásitos alojados en ella, con lo que realizan un excelente servicio de limpieza y desinfección a cambio de alimento. Parece ser que el proceso adaptativo ha desembocado en la inhibición del instinto primario del cliente de engullir a sus limpiadores frente a los vivos colores de estos, ya que existen otros pececillos oportunistas que imitan los colores de los limpiadores auténticos para penetrar impunemente en las fauces del huésped, arrancarle un bocado de succulenta comida y salir rápidamente antes de que este reaccione ante el impostor.

Otro tipo de mutualismo, de mayor trascendencia ecológica, es la asociación planta-polinizador, tan abundante en la naturaleza. El animal polinizador, generalmente un insecto pero también ciertas aves y otros animales, se beneficia del néctar de las flores, mientras que la planta consigue el transporte del polen y en muchos casos la polinización cruzada, evitando así la autofecundación y beneficiándose del vigor híbrido y la variación genética en la descendencia, tan ventajosa para la supervivencia de la especie. Se trata de un ejemplo de mutualismo en el que uno de los socios, la planta, no obtiene realmente ningún beneficio para su supervivencia, pero su especie sale beneficiada de tal relación.

**NOTA ILUSTRATIVA. Bacterias que ayudan a digerir**

Una de las asociaciones interespecíficas más sorprendentes es la que establecen ciertas bacterias con los animales rumiantes. Estos mamíferos son incapaces de digerir la celulosa y, sin embargo, su dieta herbívora está formada principalmente por este compuesto orgánico. Digerir es descomponer los alimentos en sustancias más simples mediante reacciones químicas activadas por enzimas. Pues bien, el aparato digestivo de los rumiantes no produce las enzimas necesarias para digerir la celulosa, pero, en cambio, su estómago está formado por cuatro cámaras, separadas de tal modo que las dos primeras funcionan como cámaras de fermentación gracias a que contienen una ingente población de bacterias y otros microorganismos que digieren la celulosa y liberan sustancias nutritivas y vitaminas que pueden ser absorbidas por el intestino de estos animales. Al

masticar detenidamente la ingesta, el rumiante aporta con la saliva sales beneficiosas para el crecimiento de las bacterias del rumen. El animal eructa frecuentemente durante la rumia para eliminar los gases resultantes de la fermentación. Además, las células microbianas del rumen son digeridas en las demás partes del tracto digestivo y constituyen una buena fuente de proteínas.

Con las termitas pasa algo muy parecido, solo que, en lugar de bacterias, sus socios mutualistas son protozoos que digieren la madera mediante sus enzimas. La dependencia es total, pues ninguno de los dos simbiosomas podría vivir por separado. Dado que estos insectos pierden su recubrimiento intestinal en cada muda, se ven obligados a vivir en colonias para que los individuos recién salidos de la muda puedan recuperar sus protozoos digestivos a partir de un vecino. Esta es la razón por la que las termitas que acaban de salir de la pupa lamen instintivamente el ano de otra termita de su colonia, ya que así recuperan sus colaboradores y pueden seguir alimentándose de madera.

## COMENSALISMO

El comensalismo es aquel tipo de relación interespecífica en el cual uno de los asociados resulta beneficiado y ninguno perjudicado. En general se trata de coacciones en las que determinados organismos obtienen cobijo o soporte de otros que no sufren perjuicio alguno por tal colaboración. Es el caso de las plantas epífitas, como las orquídeas tropicales.

Donde más extendido está ese tipo de relación es en el océano: casi todo agujero de gusano y concha de molusco tiene algún huésped no invitado que se sirve del refugio y eventualmente de la abundante comida del socio pasivo, pero sin causarle daño o beneficio.



**Figura 3-12**

Comensalismo. Cuerno de Alce (*platycerium* sp.). Se trata de una especie epífita que vive encima de otras plantas, especialmente árboles. Región del Orinoco-Colombia.

Fuente: Infojardín, 2018

### **Variedades singulares de comensalismo**

Un tipo muy particular y frecuente de comensalismo es el de los llamados <<autoestopistas>>, que viajan sobre o dentro de otros organismos. Este es el caso del pez llamado pegatimón o pez piloto, que viaja adherido a un tiburón mediante una ventosa y solo se despegaba para ingerir los restos del alimento dejados por su patrón, para volver a fijarse rápidamente sobre este. No obstante, son muchos los casos que en un principio se creían ejemplos de comensalismo y que al estudiarlos más a fondo se ha descubierto que el supuestamente socio neutro salía de algún modo beneficiado o perjudicado. Un <<autoestopista>> puede influir negativamente en su patrón haciendo que este se

encuentre ligeramente más desprotegido frente a los depredadores o sea ligeramente menos capaz de buscar alimento, pero así mismo puede producir un efecto positivo poniendo a su disposición un alimento que de otra forma sería inalcanzable. Por ejemplo, algunos piensan que el pegatimón ayuda a su patrón a descubrir enemigos potenciales.

### **AMENSALISMO Y ANTIBIOSIS**

El amensalismo fue definido como un tipo de interacción en la que una población resulta perjudicada por otra que no sale ni beneficiada ni perjudicada. Se trata de un tipo de relación interespecífica muy difícil de concebir según la mayoría de los ecólogos modernos, que prefieren considerarla como una interacción de competencia. Tal es el caso de muchas plantas de lugares áridos, especialmente desiertos, donde la escasez de agua obliga al espaciamiento para poder extender las raíces y captar la poca humedad disponible. El espaciamiento adaptativo se logra por un fenómeno llamado alelopatía, en virtud del cual las plantas establecidas producen sustancias, a través de sus raíces o de las hojas que les caen, que inhiben la germinación de otras plantas competidoras en su entorno, e incluso la de sus propias semillas. Hay que suponer que la elaboración de tales sustancias tóxicas representa un cierto coste de producción, por lo que se asiste más bien a una interacción de competencia.

Este tipo de comportamiento tiene un equivalente a nivel microscópico en los organismos que producen antibióticos y las especies inhibidas por tales sustancias: es la antibio-

sis, explotada por el hombre para combatir las enfermedades infecciosas en humanos y animales domésticos. Determinados mohos y otros microorganismos producen en su metabolismo sustancias nocivas para ciertas bacterias y otros microbios, probablemente con el fin de disponer de una mayor cantidad de alimento al eliminar del medio las bacterias competidoras. Estas sustancias antibacterianas son los antibióticos (penicilina, estreptomycin, etc.) que el hombre consigue en grandes cantidades mediante el cultivo de estos mohos. No obstante, el uso y abuso de estos inhibidores bacterianos ha tenido una consecuencia preocupante; la frecuencia de enfermedades micóticas (producidas por hongos) ha crecido notablemente, ya que al eliminar, las bacterias mediante antibióticos, los hongos patógenos tienen una oportunidad para multiplicarse dentro de un huésped. Otro ejemplo es el fenómeno llamado marea roja, que resulta de la producción de sustancias tóxicas por especies de microorganismos marinos—dinoflagelados— que son liberadas al agua, provocando la muerte de muchas especies de peces, e inclusive el hombre, si este consume los peces contaminados con tales sustancias. Un ejemplo más es el caso de la sombra que proyectan los elementos más altos de un bosque, impidiendo la entrada de luz solar, y provocando que otras especies de plantas de menor tamaño, que necesitan de una alta intensidad de luz para crecer, inhiban su desarrollo.

- Elabore una lista de ejemplos que tiene que ver con el tipo de relaciones estudiadas previamente, que pertenezcan al ámbito colombiano.

Organismos de las diferentes poblaciones.

El siguiente cuadro resume las interrelaciones existentes entre los organismos de las diferentes poblaciones.

Tipo de Relación	Especie s		Características de la interacción
	1	2	
Competencia	-	-	Ambas especies se perjudican
Amensalismo	-	0	Una de ellas es inhibida y la otra no resulta afectada
Parasitismo	+	-	El beneficio es para una de ellas, la otra es afectada.
Depredación	+	-	Una de ellas obtiene beneficio; para la otra la interacción es negativa.
Comensalismo	+	0	La especie uno se beneficia, la otra no sufre ningún perjuicio.
Mutualismo	+	+	La interacción es beneficiosa para ambas especies y además necesaria.

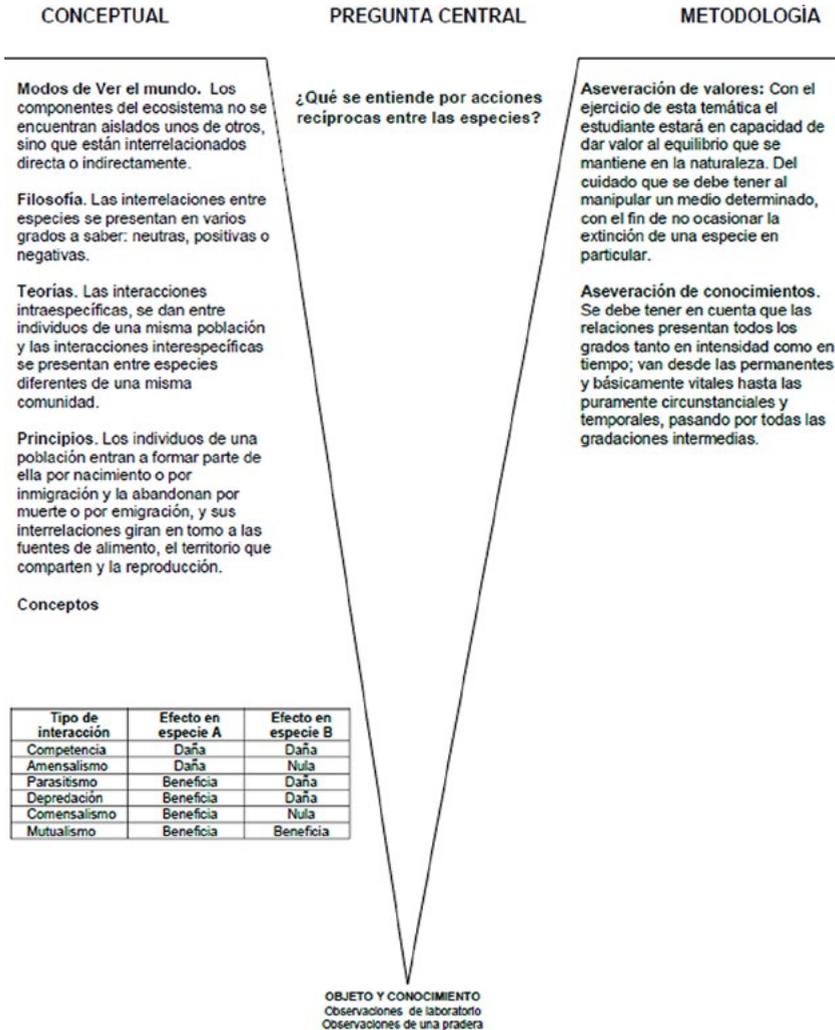
**Figura 3-11**

Resumen de las interrelaciones de los seres vivos.

Convenciones: + Interacción beneficiosa  
 - Interacción perjudicial  
 0 Interacción recíproca (no afecta a ninguna de las especies)

- Completa el siguiente cuadro, teniendo en cuenta el tipo de interacción que se da entre los organismos (colocar ejemplos del contexto colombiano).

Tipo de interacción	Especies		Ejemplos
			Los buhos (otus spp) cazan ratones y grandes insectos, en la noche.
	+	0	
Mutualismo			
			Garrapatas adheridas al cuerpo del ganado vacuno
Mimetismo batesiano			
	-	-	



**Figura 3-12**

UVE heurística que resume aspectos relevantes sobre relaciones

recíprocas entre organismos.

# Biosfera

---

## RESUMEN

La biosfera es la parte de la esfera terrestre en que se manifiesta la vida, cuya especificidad se debe a la presencia de agua y luz solar. Constituye una especie de delgada película que rodea la tierra y que se extiende hasta el nivel más profundo alcanzado por las raíces de los árboles (Litosfera); en el mar (Hidrosfera) alcanza por término medio una profundidad de 1.500 m, y en altitud se extiende hasta las nieves perpetuas (capa inferior de la atmósfera).

Por consiguiente, la biosfera representa para la humanidad un gran almacén que proporciona recursos materiales de todo tipo: agua, oxígeno, minerales, alimentos..., todo cuanto es preciso para vivir. Sin embargo, existe una gran posibilidad de que este almacén se agote, debido principalmente a la acción del hombre.

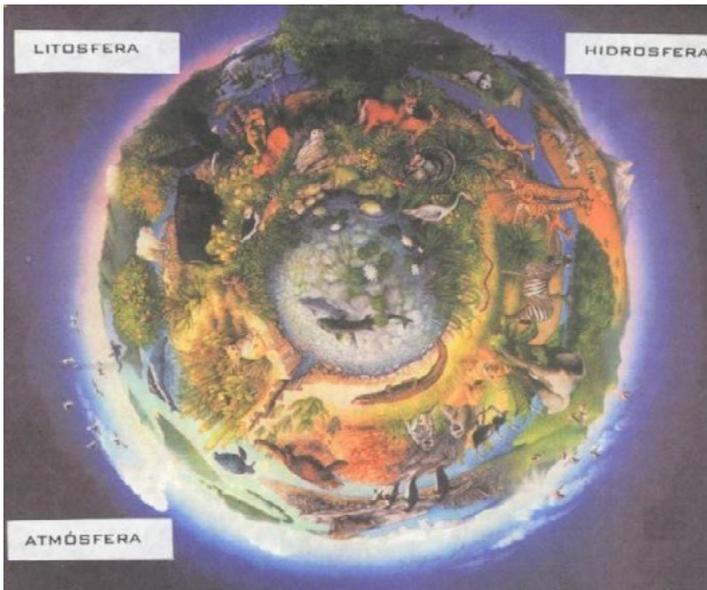
En la actualidad, no existe mecanismo alguno capaz de detener ni el proceso de agotamiento y malversación de los recursos terrestres, ni el de la contaminación del medioambiente. Al contrario, a los desastres naturales, como las erupciones volcánicas, se suma un número creciente de desastres accidentales o indirectamente provocados (mareas negras y vertidos incontrolados de materias contaminantes al mar, incendios de pozos de petróleo, desecación de zonas naturales, etc) que contribuyen a la contaminación atmosférica y de las

aguas, a la desertización de grandes zonas del planeta, a la deforestación de los bosques, a la desaparición de especies animales, a la radicalización de los cambios climáticos, a la disminución de la capa de ozono, e incluso, al incremento y dispersión de las enfermedades.

En una palabra, el hombre está interfiriendo, incluso, en las altas capas de la atmósfera de modo que su cualidad de depredador, ha llevado al planeta a una situación límite y de alto riesgo.

Ello se debe, en parte, a los efectos de la actividad industrial contemporánea, pero también a las necesidades derivadas por el desorbitado incremento de la población mundial, la cual se ha duplicado en los últimos cuarenta años.

## BIOSFERA



**Figura 4-1**

Esquema de la biosfera.

Fuente: Meteoglosario, 2018

## **Definición y estructura**

En 1926 el soviético Vernadsky se adjudicó el mérito de crear el término BIOSFERA, que se define como la región de la esfera terrestre, en la que se sitúan las condiciones indispensables para la vida de los organismos. La biosfera comprende la parte inferior de la atmósfera (troposfera), la totalidad de la hidrosfera y la zona externa de la litosfera, hasta una profundidad de unos 2.000 m, donde aún se encuentran ciertas bacterias asociadas con yacimientos petrolíferos. A pesar de tratarse de una capa cuyo espesor máximo es tan solo de 1/400 del radio terrestre, la biosfera tiene una gran importancia en el conjunto de los procesos químicos del Planeta a causa de la enorme actividad de los organismos animales y vegetales.

Aunque pueden reconocerse numerosas y profundas interrelaciones entre todos los constituyentes de la biosfera, los ecólogos acostumbran a dividirla en ecosistemas, unidades funcionales de dimensiones muy variables que pueden considerarse como relativamente independientes. Los ecosistemas más complejos y la mayor parte de la biomasa se concentran en la superficie de las tierras emergidas, especialmente a alturas comprendidas entre los 200 y los 1.500 m.

¿Cuáles considera usted que son los factores que colocan límites sobre la biosfera?

## **Evolución de la tierra y de la biosfera**

Nuestro Planeta no ha sido siempre como lo vemos en la actualidad. Hubo un tiempo en que el hombre no existía,

como también hubo un tiempo todavía más lejano en que no había ninguna forma de vida en la faz de la tierra. Incluso, cuando el hombre empezó a disponer de medios que le permitieron estudiar el comportamiento del universo, descubrió que el planeta tierra no ha existido siempre, sino que se formó hace muchos millones de años como una simple parte integrante de todo el sistema solar. La aparición de la vida y su posterior evolución no es sino un episodio inmerso en el contexto evolutivo general del universo, el complemento obligado de los cambios que sufrió la materia inerte hasta lograr formar el primer organismo vivo, punto de arranque de la evolución biológica.

Pero la evolución no ha cesado y sigue su camino hacia un futuro desconocido, aunque su avance es demasiado lento como para que resulte tangible y fácilmente evidente por la simple contemplación superficial del mundo viviente.

- **Evolución química y evolución biológica**

La evolución es pues un proceso que afecta tanto a la materia inerte como a la materia viva. Se inició en el mismo momento en que se produjo la gran explosión (Big-Bang) en que tuvo su origen el universo. En un incesante desarrollo de estructuras cada vez más complejas, se pasó de las partículas elementales a los átomos y las moléculas, para dar el salto al primer ser vivo y seguir con la creciente diversificación de los organismos que ha conducido a la situación actual de la biosfera. No obstante, mientras que el conocimiento de los pasos seguidos por la evolución biológica y sus mecanismos se asientan en pruebas tangibles que permiten llegar a conclusiones irrefutables, en el terreno de la evolución química hay que conformarse con

las razonables hipótesis elaboradas por los científicos a partir de las teorías físicas y las teorías astronómicas.

- **Los orígenes de la tierra**

Muchos científicos convienen en que todo el sistema solar se formó a partir de una nube de gas en cuyo interior se consolidó –por condensación de moléculas gaseosas– un gran núcleo y otros mucho más pequeños a su alrededor, que permanecieron rodeados de gases (fundamentalmente helio e hidrógeno). En el proceso de contracción el núcleo principal –el sol–, la masa original alcanzaría una densidad crítica tal que se producirían reacciones nucleares con descargas eléctricas tan violentas que acabarían evaporando la envoltura gaseosa de los núcleos más cercanos, entre los cuales se encontraba el futuro planeta Tierra. Este núcleo se habría fundido por efecto del calor desprendido por la desintegración de los materiales radioactivos y, posteriormente, iniciaría un proceso de enfriamiento en su superficie que daría lugar a la consolidación de la corteza terrestre, aunque no a la de sus capas más profundas.

Así se originó la tierra primitiva, todavía muy diferente a la actual, ya que estaba formada por grandes bloques macizos flotando en una especie de mar de materiales fundidos, permaneciendo el conjunto sometido a enormes temperaturas y a una constante evaporación. La gradual disminución del calor, tanto interno como externo, acabó por provocar la condensación de la envoltura de vapores y gases, que precipitaron la forma líquida y dieron lugar a la formación de los mares. Estos grandes acontecimientos habrían tenido lugar –siempre en el terreno de la hipótesis– hace unos 4500 millones de años.

- **La atmósfera primitiva**

Mucho antes de que apareciera la vida sobre la Tierra, la atmósfera era muy diferente de cómo es en la actualidad, pues carecía de oxígeno y estaba constituida por los gases metano, helio y neón; de modo que la atmósfera primitiva era anaerobia (sin oxígeno) y reductora. Además carecía de la capa de ozono que existe actualmente en los estratos altos, de modo que las radiaciones solares, especialmente las ultravioleta, llegaban sin dificultad a la superficie terrestre.

El lento proceso evolutivo de esta atmósfera primitiva consistió en la pérdida hacia el espacio de los gases más ligeros (helio, neón e hidrógeno) y la descomposición del metano y el vapor de agua por la acción de las radiaciones solares ricas en energía. A medida que se iba liberando oxígeno de la descomposición del vapor de agua, este gas fue oxidando primero los metales de la superficie terrestre y luego los gases restantes de la atmósfera (amoníaco y metano). Solo cuando concluyó todo este proceso de oxidación, el oxígeno empezó a quedar en forma libre en la atmósfera.

- **La aparición de la vida**

Durante este largo período de transformación progresiva de la atmósfera reducida a la oxidada es cuando apareció la vida sobre la Tierra, primero con seres que no necesitaban el oxígeno para vivir (anaerobios), luego con aquellos a los que este gas ya les era imprescindible (aerobios). En última instancia, la vida surgió como resultado de una combinación de moléculas inorgánicas, es decir, por abiogenia, en unos momentos en que las condiciones del

planeta eran muy diferentes a las actuales. Luego, el efecto de los primeros seres vivos sobre la tierra fue tal que la obiogénia dejó ya de ser una posibilidad en la superficie del globo.

- **Del mar primitivo al caldo primitivo**

Las radiaciones ultravioletas del Sol y otras fuentes de energía rompieron las moléculas de los gases de la atmósfera primitiva, y los radicales atómicos libres pudieron recombinarse en moléculas de naturaleza orgánica que, a lo largo de millones de años, fueron arrastradas por el agua de lluvia, acumulándose en los mares primitivos. Allí, protegidas de las radiaciones y de las posibles oxidaciones, se puso en marcha una activa transformación en moléculas orgánicas cada vez más complejas, de modo que el mar primitivo, que en un principio solo contenía sustancias minerales disueltas, se convirtió en lo que se ha llamado “caldo primitivo” con gran concentración de sustancias orgánicas, algunas de las cuales se hicieron estables y adquirieron capacidad de autorreplicarse, es decir que vinieron a transformarse en auténticos genes.

- **La síntesis proteica**

El descubrimiento de los mecanismos que utilizan las células para sintetizar sus proteínas, las moléculas de doble hélice o ADN, que constituye los cromosomas de las células y que contiene el código por el que aquellas se rigen para enlazar los aminoácidos, fue el eslabón imprescindible que dio la clave para comprender los procesos que entrañaron la aparición de la vida sobre la Tierra. Junto al ADN se descubrió la existencia de otro ácido nucleico esen-

cial, el ARN que desempeña así mismo un papel crucial en la síntesis proteica. A partir de este descubrimiento, los científicos diseñaron modelos de las vías de producción de los diferentes compuestos primarios de los seres vivos, en las condiciones primitivas del planeta.

Sin embargo, al descubrirse que no hay modo de sintetizar ARN en las supuestas condiciones de la Tierra primitiva, han surgido teorías contrapuestas acerca del origen de la vida. Para unos, las primeras moléculas orgánicas habrían llegado del espacio exterior a la Tierra bien por meteoritos o bien por el choque de cometas. Para otros, en cambio, la vida habría aparecido en las proximidades de las fuentes termales cercanas a los dorsales de los fondos oceánicos.

En todo caso el nacimiento de la vida en la Tierra fue el resultado de la asociación de las diversas moléculas, que, además de poseer la capacidad de replicarse, fueron capaces de desarrollar estructuras membranosas que aislaron el medio interno del externo. Estas asociaciones, a través de un proceso de ensayo-error, fueron adquiriendo una mayor eficacia produciendo copias cada vez mejor dotadas que aseguraron su permanencia.

- **Los primeros seres vivos**

Estos genes libres se diversificaron y unieron para formar los primitivos seres vivientes que, habiéndose originado en un mar de moléculas orgánicas y estando en contacto con una atmósfera sin oxígeno obtenían su energía por fermentación anaeróbica de algunas de sus sustancias orgánicas. Los primeros organismos, por tanto, debieron ser heterótrofos (bacterias arcaicas) y solo pudieron sobrevivir

mientras existió en el caldo primitivo una cantidad suficiente de moléculas orgánicas. Manteniendo a lo largo de millones de años, este tipo de nutrición acabó con esas reservas de materia orgánica, que además ya no podía ser repuesta por síntesis inorgánica a medida que la atmósfera iba perdiendo su carácter reductor. En consecuencia, algunos organismos tuvieron que arbitrar una solución para poder llevar a cabo un sistema de nutrición que partiese de la materia inorgánica.

- **Aparición de la fotosíntesis**

El salto evolutivo que hizo posible la continuidad de la vida en nuestro planeta ante el grave problema primitivo al que se enfrentaban los primitivos seres heterótrofos –el agotamiento de las reservas del caldo primigenio– consistió en la adaptación de algunos de estos organismos a un nuevo sistema de nutrición, el autotrofismo. Esta adaptación fue posible mediante la aparición del proceso de la fotosíntesis. Gracias a este paso, que debió suponer una larga etapa evolutiva hasta que se produjo el hallazgo de la clorofila y se consolidaron todas las etapas del complejo mecanismo metabólico que supone ese proceso, la vida no fue un episodio pasajero.

- **Formación de la atmósfera y la hidrosfera actuales**

Los nuevos seres autótrofos asumieron el papel de fabricantes de materia orgánica, en beneficio propio y de todos los seres heterótrofos que empezaron a vivir a sus expensas. Con la fotosíntesis, uno de cuyos productos secundarios es el oxígeno gaseoso, la atmósfera y la hidrosfera se enriquecieron rápidamente de oxígeno, pasando de redu-

cidas a oxidadas, y con ello nació la vida aerobia, desarrollándose un proceso respiratorio capaz de liberar cantidades de energía muy superiores a las que se obtienen en las fermentaciones.

Además, al oxidarse la atmósfera, se formó la capa de ozono que protege a los seres vivos de las radiaciones ultravioleta, al actuar como filtro parcial de las mismas. Una vida autótrofa, aerobia y protegida por la atmósfera de la acción perniciosa de algunas radiaciones solares, permitió la expansión de la misma no solo en el agua, donde tuvo su origen, sino también en la tierra, que fue paulatinamente conquistada por los seres vivos a través de un proceso ininterrumpido de evolución biológica.

¿Cree usted que existe algún lugar sobre la superficie de la tierra o en los mares, en donde no haya vida?

### **La historia de la corteza terrestre**

Así como la vida surgió a partir de materiales inertes de la superficie del planeta primitivo, desde el momento en que aparecieron los primeros seres vivos se inició un proceso de interacción constante entre el medio abiótico y el biótico que todavía continúa. De ahí que la comprensión de la historia de la biosfera vaya estrechamente ligada a la historia de la corteza terrestre para cuyo estudio los geólogos han dividido el tiempo geológico en cinco eras: arqueozoica, proterozoica, paleozoica, mesozoica y cenozoica.

- **Las grandes revoluciones geológicas**

Entre las eras principales, y como un factor que ayuda a distinguir las, existieron vastísimas perturbaciones, llamadas revoluciones, que elevaron o hundieron enormes

regiones de la superficie de la Tierra creando o eliminando mares continentales poco profundos. Esas revoluciones alteraron la distribución de los organismos marinos y terrestres y, posiblemente, fueron causa de la repentina y simultánea extinción de muchas formas de vida.

- **Las fuerzas creadoras y destructoras del relieve**

La elevación y el hundimiento de ciertas porciones de la corteza terrestre han sido el resultado de los lentos movimientos de las enormes placas tectónicas que integran dicha corteza y que flotan sobre los materiales magnéticos semisólidos más cercanos al núcleo terrestre. Esos movimientos son continuos y provocan tensiones en la corteza que, cuando son liberadas, causan terremotos, levantamientos, fracturas, hundimientos y demás fenómenos que remodela el relieve. Tras estos procesos violentos se inician los lentos procesos erosivos, que incluyen todos los factores que contribuyen al desgaste, disgregación, transporte y sedimentación de las rocas y sus detritos.

- **Los agentes erosivos**

El aspecto actual de la corteza terrestre es el resultado de los fenómenos de erosión y sedimentación producidos sobre las estructuras geológicas formadas con anterioridad por fuerzas creadoras del relieve. Uno de los agentes erosivos más importantes es el agua, que realiza un ciclo cerrado que va desde el mar a la atmósfera para luego condensarse y precipitar nuevamente sobre mares y tierras. Parte de la que cae en tierra firme inicia el camino de retorno al mar, arrancando y portando materiales a su paso y sumando a la acción escultora la corrosiva de las sustancias químicas

disueltas en ella. Por otra parte, el agua que filtra bajo el subsuelo efectúa también una importante erosión subterránea, además de un arrastre de sustancias minerales en disolución que influye en gran medida en la descomposición y naturaleza de los suelos.

### **FACTORES DE DEGRADACIÓN DE LA BIOSFERA**

Los factores de degradación de la biosfera se pueden clasificar teniendo en cuenta:

1. El desarrollo ambiental y medioambiente.
  - a. Alteraciones del medioambiente originadas por la civilización.
  - b. La agricultura como primera causa de desequilibrio debido a la acción antrópica,
  - c. La sociedad tecnológica contemporánea y su impacto sobre la biosfera,
  - d. La explosión demográfica de la humanidad.
2. El problema de la contaminación:
  - a. Evolución histórica
  - b. Definición de contaminación
  - c. Naturaleza y tipos de contaminación
  - d. Incorporación de los contaminantes a las biomasas.

### **Impacto de la tecnología**

La sociedad tecnológica contemporánea y su impacto sobre la biosfera.

A comienzos del siglo XVIII se iniciaron las primeras transformaciones que permitieron el auge de la sociedad tecnológica en la que actualmente vivimos. El descubrimiento de las primeras máquinas industriales y la aplicación de nuevas técnicas favorecieron la multiplicación de los productos manufacturados. A la vez se introdujeron nuevos cultivos mientras se extendían técnicas agrícolas y ganaderas más eficaces. Todas estas transformaciones sentaron las bases de un cambio radical en las relaciones del hombre con la naturaleza.

Esto fue mucho más significativo con el desarrollo de la industria moderna a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX. Si se examina ahora la estructura y funcionamiento del ecosistema humano en la civilización industrial contemporánea se comprueba que se caracteriza, en términos ecológicos, por la existencia de tres fuentes de perturbación, que tienden a neutralizar su poder homeostático y a romper irremediabilmente su equilibrio espontáneo.

- La diversidad de la biocenosis de los medios explotados por el hombre se reduce cada vez más: creación de espacios urbanos totalmente artificiales, destrucción de los últimos vestigios de la vegetación espontánea.
- El ciclo de la materia se ha roto, porque los desperdicios ya no pueden ser degradados y mineralizados por los organismos encargados de la descomposición. La acción de los microorganismos del suelo y de las aguas está cada vez más inhibida por los distintos contaminantes. Igualmente la industria produce gran cantidad de sustancias que no solo son biodegradables, sino indestructibles y que se acumulan en la atmósfera, y en

la hidrosfera y en la litosfera, perturbando el funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas.

El flujo de energía ha sufrido una modificación total en la sociedad industrial moderna. Mientras que la energía que el hombre obtiene de su alimentación procede de una débil explotación de los vegetales que transforman la energía solar en la fotosíntesis. El aporte de energía no fotosintético a los cultivos se efectúa a través de los instrumentos de trabajo, del uso de abonos químicos, de pesticidas, sintetizados gracias a la energía de los combustibles fósiles.

¿Qué acciones deben llevarse a cabo para que junto con la tecnología puedan resolverse los problemas de la población y la tecnología?

¿Considera usted que la explosión demográfica es un factor que influye ampliamente sobre la contaminación? ¿Por qué?

### **La población humana**

La dinámica de la población humana tiene un interés especial en la actualidad. Su crecimiento fue muy lento durante un largo periodo, pero en el siglo XVII entró en una fase de crecimiento tan rápido, que hoy se habla de sobrepoblación como uno de los grandes problemas de la humanidad. En gran parte, la sobrepoblación ha sido consecuencia de los avances en medicina, que han hecho disminuir la tasa de mortalidad pero, desde el punto de vista ecológico, el hombre es la única especie que ha burlado las leyes de la naturaleza que regulan las poblaciones de todos los restantes seres vivos del planeta, y ello gracias a las tecnologías que hacen posible manipular los ecosis-

temas y explotar fuentes de energía no renovables, tales como el carbón y el petróleo.

### ***Explosión demográfica y desarrollo desigual***

La especie humana se distingue de las demás especies no solo por su crecimiento constante en número sino también por la desigualdad de condiciones en que vive. Una tercera parte de la población humana vive en los países desarrollados y consume el 85 % de los recursos de la Tierra, causando la mayor parte de las presiones ejercidas sobre el ambiente.

El desarrollo de las otras 2/3 partes de la población –que naturalmente aspira al mismo nivel de vida de los países ricos– representará un impacto ambiental enorme, a base de más contaminación, más tierras agrícolas erosionadas, más deforestación, más desertización y aceleramiento del agotamiento de los recursos naturales entre otras cosas. Si a esto se añade el crecimiento actual de la población, parece inevitable que la inmensa mayoría de los seres humanos que vivirán el año 2100 (se estima que la población humana se cifrará en más de 8.000 millones) tendrán que subsistir en condiciones de escasez. Sin duda algún día se alcanzará un nivel de desequilibrio en la capacidad límite del Planeta para nuestra especie, pero lo importante es saber cómo se ha de definir esta capacidad límite y cómo se alcanzará el equilibrio. La primera cuestión no solo responde a un problema de nutrición o salud, sino que también depende del estilo de vida y de los valores culturales. En cuanto al equilibrio, pueden establecerlo plagas como el hambre, la desnutrición, las enfermedades,

las guerras y otros mecanismos compensatorios ya viejos en la historia de la humanidad, o bien se puede alcanzar mediante programas de control de población.

La explosión demográfica ejerce cada día una presión más sostenible sobre la biosfera, ya que comporta una demanda creciente de energía y recursos naturales de todo tipo. El elevado ritmo de crecimiento de población mundial presenta además graves problemas de nutrición, salud y calidad de vida.

NOTA ILUSTRATIVA. El Ámbito Ecológico

En la actualidad, atmósfera, suelo y agua han sufrido graves efectos degradantes transmisibles tanto al hombre como a la fauna y a la flora, mediante reacciones directas o indirectas.

Las expresiones de la degradación son múltiples y la corrección tiene que efectuarse a través de cada uno de los factores de degradación.

Lo esencial es que el hombre mismo sea el primer defensor del medioambiente y que el Estado establezca los medios adecuados que logren una solución a los problemas que se presenten.

Es conveniente señalar algunas premisas que se debe tener en cuenta para detener la marcha hacia un proceso que puede constituir el desastre de la humanidad.

Son necesarias y urgentes: una revolución mental en los hombres, una modificación de las estructuras sociales y

productivas en todo el mundo, y el surgimiento de una convivencia biológica dentro de la humanidad y entre la humanidad y el resto de la naturaleza.

Esta revolución mental implica comprender que el hombre no puede reemplazar a la naturaleza en el mantenimiento de un adecuado ciclo biológico general; que la tecnología es un arma de doble filo; que el llamado progreso debe tener un límite y que incluso habrá que renunciar a algunas de las comodidades que nos ha brindado la civilización; que la naturaleza debe ser restaurada en todo lo posible; que los recursos naturales resultan agotables y, por lo tanto, deben ser cuidados y racionalmente utilizados por el hombre; que el crecimiento debe ser planificado sin preconceptos de ninguna naturaleza; que por el momento, más importante que planificar el crecimiento de la población del mundo, es aumentar la producción y mejorar la distribución de alimentos y la difusión de servicios sociales como la educación y la salud pública.

Cada nación tiene el derecho al uso soberano de sus recursos naturales. Pero, al mismo tiempo, cada gobierno tiene la obligación de exigir a sus ciudadanos el cuidado y la utilización racional de los mismos. El derecho a la subsistencia individual impone el deber hacia la supervivencia colectiva, ya se trate de ciudadanos o pueblos.

Se necesitan nuevos modelos de producción, consumo, organización y desarrollo tecnológico, que al mismo tiempo den prioridad a la satisfacción de las necesidades esenciales del ser humano, racionen el consumo de

recursos naturales y disminuyan al mínimo posible la contaminación ambiental.

Se necesita un hombre mentalmente nuevo en un mundo físicamente nuevo. No se puede construir una nueva sociedad basada en el pleno desarrollo de la personalidad humana en un mundo viciado por la contaminación del ambiente, exhausto por el hambre y la sed y enloquecido por el ruido y el hacinamiento. Es necesario transformar a las ciudades cárceles del presente en las ciudades jardines del futuro.

La lucha contra la contaminación del ambiente y la biosfera, el despilfarro de los recursos naturales, el ruido y el hacinamiento de las ciudades y el crecimiento explosivo de la población del Planeta deben iniciarse ya a nivel municipal, nacional e internacional. Estos problemas, en el orden internacional, deben pasar a la agenda de las negociaciones entre las grandes potencias y a la vida permanente de las Naciones Unidas con carácter de primera prioridad. Esto, en su conjunto, no es un problema más de la humanidad: es “el problema”.

Todos estos problemas están ligados de manera indisoluble con el de la justicia social, el de la soberanía política y la independencia económica del Tercer Mundo y la distensión y la cooperación internacionales.

Muchos de estos problemas deberán ser encarados por encima de las diferencias ideológicas que separan a los individuos dentro de sus sociedades o a los Estados dentro de la comunidad internacional.

Lo expresado señala la conveniencia de establecer un adecuado registro de factores de contaminación que determine, para cada uno de ellos, los medios de contaminación a través de los cuales operan estos factores, el potencial de degradación, la capacidad del medioambiente para absorber a los factores sin degradarse y todo otro aspecto que resulte de interés a los fines indicados.

El gobierno debe adoptar las máximas previsiones para preservar el ambiente ecológico hasta aquellos niveles que se consideren no perjudiciales para la vida humana. Debe, a su vez, disponer de un adecuado ente para el tratamiento de todos los aspectos inherentes al ámbito ecológico, tanto lo que concierne a la preservación de la vida como la determinación de las fuentes de recursos naturales.

Finalmente es preciso hacer algunas consideraciones para nuestros países del Tercer Mundo:

Debemos cuidar nuestros recursos naturales con uñas y dientes de la voracidad de los monopolios internacionales que los buscan para alimentar un tipo absurdo de industrialización y desarrollo en los centros de alta tecnología donde rige la economía de mercado. Ya no puede producirse un aumento en gran escala de la producción alimenticia del Tercer Mundo sin un desarrollo paralelo de las industrias correspondientes.

De nada vale que evitemos el éxodo de nuestros recursos naturales si seguimos aferrados a métodos de desarrollo

preconizados por esos mismos monopolios que significan la negación de un uso racional de los mismos.

En defensa de sus intereses, los países deben propender a las integraciones regionales y a la acción solidaria.

No debe olvidarse que el problema básico de la mayor parte de los países del Tercer Mundo es la ausencia de una auténtica justicia social y de participación popular en la conducción de los asuntos políticos.

La humanidad debe ponerse en pie de guerra en defensa de sí misma. En esta tarea gigantesca nadie puede quedarse con los brazos cruzados. Por eso Colombia tiene la posibilidad de salvar su integridad ambiental, iniciando cuanto antes una campaña en el orden interno y, al mismo tiempo, unirse a todos los pueblos y gobiernos del mundo en una acción solidaria que permita solucionar este gravísimo problema.

### **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.**

La atmósfera es la capa o el cinturón de gases que, por lo general, rodea los cuerpos celestes. La de la Tierra, conocida vulgarmente como aire, es indispensable para la vida vegetal y animal. Proporciona el oxígeno que respiran todos los organismos al tiempo que los protege de la peligrosa radiación cósmica y retiene, además, el calor natural de la Tierra.

En la actualidad esta capa se encuentra deteriorada debido a la contaminación atmosférica, puede afectar tanto a escala global (macro ecológica) como local (micro ecológi-

co), pudiéndose situar el origen de la misma en la acción del hombre (antropogénica) o simplemente en causas naturales (telúrico). Aunque se desconoce el total de contaminantes en la atmósfera y la forma que estos tienen de actuar, un buen número de ellos están perfectamente identificados, así como la forma de interferir con el medio y los efectos que producen. La actividad contaminante introduce ciertos desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo,...) lo que puede llegar a provocar reacciones de consecuencias impredecibles para la biosfera y, por tanto, para el conjunto de nuestro Planeta, amenazando un desarrollo sostenible que pueda garantizar la supervivencia, en condiciones adecuadas, a las generaciones futuras.

Las emisiones a la atmósfera tienen lugar en forma de gases, vapores, polvos y aerosoles, así como de diversas formas de energía (contaminación térmica, radiactiva, fotoquímica, etc), quedando los contaminantes suspendidos en ella y produciendo la degradación del medioambiente en su conjunto.

El control racional de la contaminación del aire tiene su primer antecedente en cuatro suposiciones básicas desarrolladas por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science. Air Conservation. Washington, D.C., 1965.):

- El aire es de dominio público.

Suposición necesaria para tratar la contaminación del aire como un problema público.

- La contaminación del aire constituye un concomitante inevitable de la vida moderna. Ello nos lleva al estable-

cimiento de normas y programas a fin de conservar la atmósfera para que cumpla su función biológica más esencial.

- Se pueden aplicar los conocimientos científicos para delinear las normas públicas.
- Los métodos para reducir la contaminación del aire no deben aumentar dicha contaminación en otros sectores del ambiente.

Situación a veces olvidada por algunos responsables públicos y directivos de empresas sin escrúpulos.

### **Contaminantes más frecuentes. Efectos y posibles tratamientos**

La atmósfera actual es el resultado de la actividad constante de los seres vivos desde el comienzo de los tiempos geológicos. A pesar de su composición constante, no se encuentra en una situación estática, sino que presenta un equilibrio dinámico debido a la acción antagónica de los organismos autótrofos y heterótrofos. El aire puro homogéneo no existe; hay intercambios constantes entre los seres vivos, la hidrosfera, la atmósfera y las capas profundas de la litosfera.

La contaminación atmosférica puede resultar de una modificación cuantitativa, elevación de su contenido y algunos de sus componentes característicos o de una modificación cualitativa debido a la introducción de compuestos extraños (radioelementos, sustancias orgánicas de síntesis).

En Colombia, los problemas de calidad del aire tienden a ser mayores en las ciudades del interior del país, debido a que allí se concentra la industria y adicionalmente la atmósfera circula menos que en las regiones costeras, dificultándose la dispersión de contaminantes, algunas veces por la llamada inversión térmica.

Esta inversión es un fenómeno que se presenta en ciudades localizadas entre montañas, en las cuales masas de aire frío que bajan en las noches por el llamado viento catabático, quedan apresadas sin circulación, debido al aire caliente de las capas superiores, menos denso, puesto que el calor del Sol lo expande. Los contaminantes que no se pueden dispersar, se concentran y pueden llegar a límites peligrosos en horas pico de tránsito vehicular y operación de industrias. Medellín y Bogotá son casos típicos de este fenómeno en Colombia.

Los principales contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en:

### ***Contaminantes primarios***

O Emitidos directamente por la fuente, como aerosoles, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y otros menos frecuentes como halógenos y sus derivados (Cl<sub>2</sub>, HF, HCl, haluros,...), arsénico y sus derivados, ciertos componentes orgánicos, metales pesados como Pb, Hg, Cu, Zn, etc, y partículas minerales (asbesto y amianto).

### **Contaminantes secundarios**

Son aquellos que se forman por reacción de los primarios con los componentes naturales de la atmósfera, existiendo una gran familia de sustancias producidas por reacciones fotoquímicas. Comprende el ozono, aldehídos, cetonas, ácidos, peróxido de hidrógeno, nitrato de peroxiacetilo, radicales libres y otras de diverso origen como sulfatos (del SO<sub>x</sub>) y nitratos (del NO<sub>x</sub>), la contaminación radiactiva a partir de radiaciones ionizantes o la contaminación sonora a expensas del ruido.

- **Aerosoles y partículas**

Constituyen una amplia gama de contaminantes formados por polvo grueso, polvo, vapores y neblinas. Por tanto, en el aire podemos encontrar partículas desde 0,001 a 500  $\mu\text{m}$ , teniendo las más pequeñas un comportamiento similar al de las moléculas, caracterizándose por grandes movimientos aleatorios causados por los choques con las moléculas de gas.

Las partículas cuyo tamaño está comprendido entre 1 y 20  $\mu\text{m}$  tienden a seguir el movimiento del gas por el que son llevadas mientras que si el tamaño es mayor de 20  $\mu\text{m}$  muestran velocidades de sedimentación considerables por lo que el aire las arrastra durante períodos relativamente cortos.

Las partículas son un componente natural de la atmósfera e incluyen productos de procedencia variada: condensación de procesos naturales (incendios forestales, volcanes), de reacción de trazas de gases (cloruro de amonio, sales de

sulfatos y nitratos) y materiales dispersados desde la superficie de la Tierra (sales de los océanos y polvo mineral de los continentes). A todas ellas hay que sumar las introducidas por el hombre como resultado de combustiones y procesos de incineración. El transporte atmosférico de partículas supone una de las mayores fuentes de dispersión de contaminantes, además por la posible naturaleza de la partícula, sobre todo porque pueden servir de sustrato para la fijación de otras sustancias, describiéndose un intenso efecto sinérgico al proveer una superficie para la oxidación del dióxido de azufre a ácido sulfúrico, el cual puede permanecer absorbido en la misma.

Revisten toxicidad para el hombre interfiriendo frecuentemente los procesos respiratorios, ya sea por el tamaño (cuanto más pequeñas, más afectan al proceso de intercambio de gases en los pulmones), concentración, naturaleza de las mismas o porque estén asociadas a otros tóxicos.

Afectan a las plantas formando depósitos sobre las hojas y llegando, a veces, a penetrar en la cadena trófica.

Hacen disminuir la visibilidad, la radiación solar total recibida (de un 15 a un 30 % menos en zonas urbanas fuertemente polucionadas) y alteran los niveles de precipitaciones. Su abundancia relativa varía según el medio: aire rural ( $70 \mu \text{g}/\text{m}^3$ ), urbano ( $300 \mu \text{g}/\text{m}^3$ ), fábricas y talleres ( $1.000 \mu \text{g}/\text{m}^3$ ) y gases de central térmica ( $100.000 \mu \text{g}/\text{m}^3$ ).

Para su eliminación y tratamiento se utilizan diversos dispositivos como cámaras de sedimentación por gravedad, separadores ciclónicos (centrífugos), colectores húmedos, filtros de tela y precipitadores electrostáticos.

- **Monóxido de carbono**

Gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera, 2-4 meses). Sus emisiones se estiman en más de 2.300 millones de toneladas (GKg) anuales del que un 90 % es de origen antropogénico. No afecta a los materiales aunque sí a las plantas si su concentración supera las 100 ppm. En el hombre puede provocar la muerte cuando la concentración supera las 750 ppm, al competir con el O<sub>2</sub> por la hemoglobina en la respiración debido a que es 210 veces más afín que este.

El CO es un producto intermedio en las combustiones, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O<sub>2</sub>. Se ha identificado también como resultado de la descomposición a elevada temperatura del CO<sub>2</sub> resultante. Su tratamiento adecuado requiere una buena aireación en los procesos de combustión y un control adecuado de la temperatura.

- **Hidrocarburos**

Las emisiones de hidrocarburos, HC, están asociadas a una mala combustión de derivados del petróleo, fundamentalmente. No se describen sus efectos sobre los seres vivos, salvo para el etileno (detiene el crecimiento de las plantas) y los hidrocarburos aromáticos (resultan cancerí-

genos). Contribuyen junto a los NO<sub>x</sub> y la luz UV a la contaminación fotoquímica y al efecto invernadero. Las emisiones de metano y gas natural suponen alrededor de 500 GKg/año, procedentes de descomposiciones anaerobias, extracciones mineras y escapes de instalaciones industriales y domésticas.

- **Óxidos de azufre, SO<sub>x</sub>**

Se forman por la combustión del S presente en el carbón y el petróleo, en porcentajes que varían entre un 0,1 y un 5 %, obteniéndose SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> en una proporción que va de 40:1 a 80:1, respectivamente. El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro que resulta irritante si su concentración es superior a 3 ppm. El SO<sub>2</sub> puede formar SO<sub>3</sub> en la atmósfera por la acción fotoquímica, así como por catálisis de las partículas en suspensión. Los SO<sub>x</sub> forman con la humedad ambiente entre el 5 y el 20 % de los aerosoles urbanos, incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida; si, además, la presencia de partículas es significativa, la salud de los seres vivos se ve seriamente amenazada. Se supone que más del 90 % de la producción de óxidos de azufre en el hemisferio norte es de origen antropogénico, siendo el total mundial de emisiones anuales 100-1000 GKg, de las cuales entre 120 y 160 lo son por acción del hombre.

Más del 50 % de SO<sub>2</sub> es producido en calderas para generación de vapor.

Para un buen control de emisiones de los SO<sub>x</sub> se proponen las siguientes medidas:

- El cambio a combustibles con menos S, tal como el gas natural. No siempre es posible.
- La desulfuración de los combustibles. Si es S inorgánico, caso de la piritita en el C, el lavado y separación por gravedad puede separar la mayoría del S. Si este es orgánico el proceso de depuración es más complejo al estar químicamente ligado al C, por lo que es más útil la gasificación del carbón o bien su transformación en hidrocarburos mediante hidrogenación catalítica. La desulfuración catalítica de las fracciones pesadas del petróleo lleva a la obtención final de S con un coste del 3,5 % del combustible y una eficiencia del 90 %.
- Dispersión desde una chimenea elevada. No parece un método recomendable.
- Desulfuración de los gases de combustión. Se utilizan, vía seca y/o húmeda, mediante absorción con CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, obteniéndose los sulfitos o sulfatos respectivos. También se pueden reducir los SO<sub>x</sub> hasta S, mediante H<sub>2</sub>S o H<sub>2</sub> en un lecho de carbón vegetal.
- **Óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>**

De los más de ocho óxidos distintos que forman esta familia, tres son los que están en el aire en cantidades apreciables, N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), NO (óxido nítrico) y NO<sub>2</sub>. El N<sub>2</sub>O es un gas inerte de carácter anestésico que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO<sub>2</sub>) y afecta a la destrucción de la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones pro-

cedentes de la descomposición de materia orgánica nitrógenada (nitrificación/desnitrificación), alcanzando unos niveles en el aire de 0,50 ppm. El NO es un gas incoloro e inodoro, tóxico a altas concentraciones y presente en el aire en menos de 0,50 ppm. Aunque a baja concentración su tolerancia por los seres vivos es aceptable, sin embargo es un precursor del NO<sub>2</sub> y por tanto responsable en parte de la contaminación fotoquímica. Su tolerancia biológica es similar al NO aunque se desconocen sus efectos sobre la salud humana.

En torno al 67 % de las emisiones de NO<sub>x</sub> (total emisiones 25-99 GKg/año) son de origen antropogénico, de las cuales, más del 90 % se originan en combustiones a elevadas temperaturas, tanto de fuentes estacionarias como móviles. La mayoría de las reacciones químicas de estos compuestos llevan a la obtención de HNO<sub>3</sub> que es vertido como lluvia ácida. Las reacciones entre el nitrógeno (tanto del aire como el que está presente en el combustible) y el oxígeno se resumen en las dos siguientes:



Mientras en la primera reacción la constante de equilibrio, K<sub>p</sub> es muy baja (esta sube con la temperatura posibilitando la formación de NO en numerosas combustiones), en la segunda el aumento de temperatura favorece la descomposición del NO<sub>2</sub>, por ello en los procesos donde la temperatura convencional de la llama está entre 1500 y 2250 oK casi todo lo que se forma es NO (90-95 %) y muy poco NO<sub>2</sub>.

Para un efectivo control de emisiones de los NO<sub>x</sub> se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El exceso de aire incrementa la temperatura y por tanto es mayor la emisión de NO<sub>x</sub>.
- El precalentamiento del aire produce idéntico efecto, a pesar del ahorro energético.
- La recirculación de los gases de combustión fríos rebajan la temperatura y reducen las emisiones.
- **Contaminación fotoquímica**

Las grandes urbes están expuestas además a procesos de contaminación específicos como consecuencia de las emisiones propias de la ciudad entre las que cabe destacar partículas y aerosoles procedentes de las calderas de calefacciones domésticas y, sobre todo, por las emisiones de los vehículos a motor.

Entre los contaminantes propios de este medio está el Pb, procedente de las gasolinas. Capítulos aparte merecen los óxidos de nitrógeno emitidos en la combustión interna de los motores de dichos vehículos (son los principales responsables del “smog” o “neblumo” fotoquímico), así como los hidrocarburos volátiles y otros precursores del ozono troposférico, que junto a los aerosoles y partículas, dan como resultado una atmósfera que deja pasar de un 15 a un 30 % menos de luz.

El “neblumo” o “smog”, se caracteriza por presentar un nivel relativamente alto de oxidantes que irritan ojos y gar-

ganta, ataca a las plantas, produce olores y disminuye la visibilidad.

- **Otros contaminantes del aire: compuestos halogenados, plomo, ozono, VOCs, organoclorados y otros.**
- Entre los compuestos halogenados es necesario citar al Cl<sub>2</sub>, HF, HCl y haluros como contaminantes que afectan a la salud de los seres vivos presentando un cierto carácter acumulativo que puede llegar a ser letal si las concentraciones llegan a ser excesivas.
- El plomo emitido por la combustión de gasolina, o por emisiones industriales, es un metal peligroso y de carácter bioacumulativo.
- El ozono es perjudicial para la salud en concentraciones elevadas y afecta a ciertos materiales como los neumáticos, el hule, los tejidos, etc. Se combate, además por un control exhaustivo de sus emisiones en la troposfera, evitando la emisión de precursores fotoquímicos del mismo.
- Los compuestos orgánicos volátiles, COVs (no metálicos, excluidos CFCs y halcones) tienen una procedencia natural considerable y contribuyen a la contaminación fotoquímica, sobre todo los aldehídos de bajo peso molecular, siendo precursores de la formación de NO<sub>x</sub> y por tanto corresponsables en la producción de lluvia ácida así como de la contaminación fotoquímica, además de contribuir al efecto invernadero. Otros como los derivados de disolventes clorados (ácido tricloroacético, TCA) y toda su familia pueden afectar a la deforestación de amplias zonas.

- Hidrocarburos policíclicos aromáticos, como naftaleno, benzopireno, antraceno y heterociclos con N, O y S, procedentes de la pirólisis de combustibles fósiles, motores de combustión interna, etc... Suelen estar presentes en fase vapor y adsorbidos a partículas de aerosoles. Afectan a la salud humana por ser cancerígenos.
- Dioxinas y PCBs. Las dioxinas se forman por pirólisis de compuestos orgánicos en presencia de compuestos clorados. Los PCBs (bifenilos policlorados) al ser poco volátiles, pueden formar aerosoles que al volver a la superficie terrestre por efecto de la lluvia contaminan el medio afectando a la cadena trófica, creando serias disfunciones entre los organismos que los captan.
- **Radiaciones.** Constituyen un tipo particular de contaminación. Proceden de numerosas fuentes y de un amplísimo espectro, aunque sus dosis suelen ser irrelevantes, producen una acumulación de escasa importancia. Algunas de sus emisiones son especialmente peligrosas y su estudio y control se realizan desde unidades especiales de contaminación radiactiva.
- **Ruido.** Es una forma particular de contaminación atmosférica, especialmente centrada en zonas urbanas e industriales. Procede, mayoritariamente, de la combustión interna y del desplazamiento de los vehículos a motor. Aunque no provoca un daño directo importante, genera desarreglos de conducta y malhumor, empeorando la calidad de vida.

En Colombia la emisión de ruidos es preocupante en tres fuentes principales:

**Ruidos industriales:** Más del 95 % de los equipos de producción industrial en Colombia son obsoletos en relación con la producción de ruidos, por lo cual afectan no solo a los trabajadores, sino a los pobladores de la zona de influencia.

Las zonas industriales no están claramente delimitadas y se presenta frecuentemente el caso de que hay fábricas emplazadas dentro de zona residencial.

El concepto de fábricas insonorizadas, no está presente en la industria colombiana. Tampoco se usa el sistema de áreas insonorizadas dentro de las empresas para la protección de los trabajadores.

**Ruidos generados por el transporte:** por lo general, el transporte de pasajeros en Colombia se hace en equipos obsoletos que emiten altos niveles de ruido, presentándose además la producción de ruidos por el uso indiscriminado de los pitos y bocinas de los automotores, sin consideraciones de ningún tipo.

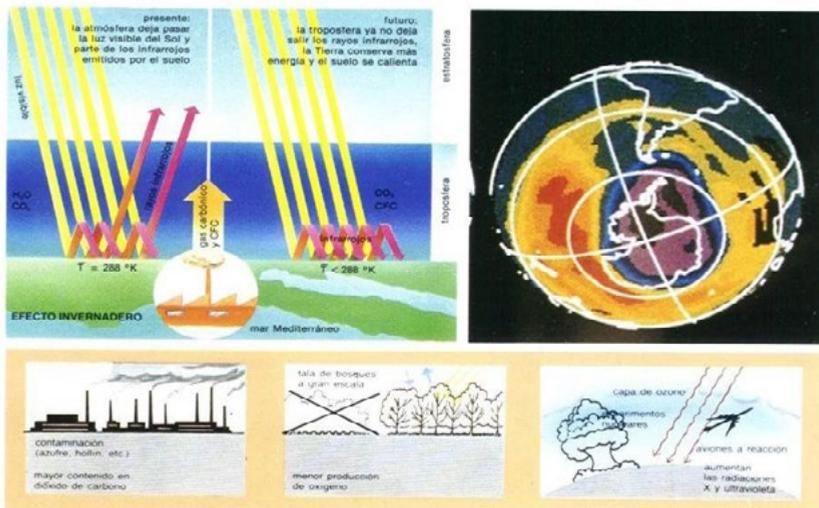
El transporte aéreo genera grandes problemas de ruido especialmente en Bogotá, Barranquilla y San Andrés debido a la localización de los aeropuertos dentro de zonas urbanizadas.

**Ruidos musicales:** En la costa Caribe de Colombia es muy frecuente la costumbre de usar equipos de sonido que emiten ruidos de intensidades altas (más de 100 dB). En las zonas populares de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta, los ruidos de los equipos de sonido se convierten en una tortura para muchas personas.

## Alteraciones macroecológicas en la atmósfera

### Lluvias ácidas

El pH de la lluvia es 5,65 (en un medio natural en ausencia de contaminantes) debido a la presencia del CO<sub>2</sub>. No obstante, cuando el aire contiene SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, en presencia de suficiente humedad, se forman los ácidos HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, responsables del fenómeno aludido. Si predomina el ácido nítrico sobre el sulfúrico, entendemos que las fuentes móviles contribuirán en mayor grado que las fijas a este tipo de contaminación.



**Figura 4-2**

Progresiva destrucción del medio en que vivimos. Arriba, a la izquierda, el efecto invernadero como resultado del deterioro de la filtración de los rayos ultravioletas. Arriba a la derecha, imagen de la Antártida generada por ordenador, a partir de los datos proporcionados por un satélite, que permiten observar el agujero de la capa de ozono. Abajo, tres ejemplos de los aspectos nocivos de la industrialización.

Fuente: Reestructuración del autor, 2018

Los NOx y SOx pueden viajar durante cientos de kilómetros arrastrados por corrientes de aire, en niveles próximos al suelo (inferiores a 2 Km), llegando a provocar lluvias ácidas en zonas muy alejadas.

Las lluvias ácidas producen los siguientes efectos:

- Acidificación de las fuentes naturales del agua, afectando a la fauna acuícola y al plancton.
- Lixiviación de los nutrientes del suelo, afectando a cosechas y bosques.
- Aumento de la corrosión de los materiales.

### ***Efecto invernadero***

Recibe ese nombre un fenómeno asociado al hecho de que ciertos gases presentes en la atmósfera son capaces de almacenar radiación de onda larga, es decir, calor. La mayoría de esos gases proceden de fuentes naturales, aunque la proporción de tipo antropogénico no cesa de aumentar. Por ello los expertos del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) de la ONU predicen como inevitable un cambio climático inminente.

La contribución del CO<sub>2</sub> al calentamiento global supone un 55 % del total (repartido entre la deforestación con un 15 %, la producción de energía eléctrica con un 11 % y otro tipo de fuentes con el 29 %), mientras el 45 % restante se reparte como sigue: el N<sub>2</sub>O con un 5 %, CH<sub>4</sub> y otros hidrocarburos con un 20 % y los CFCs con el 20 %.

Gracias a la atmósfera la temperatura media del planeta es 15 oC en lugar de los previsibles -18 oC que tendríamos sin el conocido efecto invernadero. Habida cuenta que en torno al 50 % de la electricidad y casi el 100 % del transporte utilizan los combustibles fósiles que al ser quemados emiten al aire CO<sub>2</sub> y vapor de agua.

No olvidemos que las tasas de emisión de dióxido de carbono seguirán aumentando los próximos años y por tanto el ciclo del carbono se verá alterado, aumentando, previsiblemente, la concentración de dicho gas en la atmósfera y el riesgo que ello conlleva.

- **Algunas hipótesis sobre las consecuencias del efecto invernadero en el futuro**

Tres son los gases, aunque se detallan otros, cuyas concentraciones en el aire van aumentando paulatinamente como consecuencia de la industrialización: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Además, el vapor de agua presente también ejerce un efecto importante en la regulación del fenómeno. Se proponen varias hipótesis para intentar explicar lo que ocurrirá en el futuro. Todas ellas parten de una situación de calentamiento inicial como consecuencia de la mayor concentración de esos gases en el aire.

- Hipótesis 1<sup>a</sup>. El calentamiento del planeta provocaría la inundación de amplias zonas costeras como resultado de la fusión de gran parte del hielo de los casquetes polares. Demasiado simple.
- Hipótesis 2<sup>a</sup>. Al aumentar la temperatura del aire, los océanos liberarán más CO<sub>2</sub> y los ecosistemas húmedos más CH<sub>4</sub>. Lo que alimentaría el fenómeno. Pero también

aumentaría la humedad del aire, y su capacidad de retención de la radiación infrarroja difusa procedente de la superficie, pero, por otro lado, las nubes podrían reflejar más radiación incidente, contrarrestando parcialmente el aumento inicial de la temperatura. ¿En qué sentido se desplazará el equilibrio y qué efecto final producirá, por tanto el efecto invernadero? Eso se preguntan los científicos.

- Hipótesis 3<sup>a</sup>. Más vale hablar de cambio climático, aunque solo sea por pura cautela en el lenguaje. El clima es el resultado de las interacciones del aire, el agua del océano y los hielos polares, entre los que se establecen flujos de energía e intercambios de calor. El océano absorbe la energía del Sol, la retiene y la distribuye por el globo, memorizando los procesos que tienen lugar. El mecanismo de distribución lo forman las corrientes marinas, las cuales se mueven por la superficie y el interior de los mares, controladas por flujos de calor y de sal, mediante un sistema metaestable de dinámica no lineal. Ligeras variaciones en la densidad y la temperatura pueden cambiar el movimiento del agua. Según investigaciones recientes, el necesario enfriamiento de la corriente superficial procedente del Pacífico, bordeando toda África hasta el Atlántico Norte, puede verse alterado por el calentamiento global, de modo que la corriente enfriada y con un mayor grado de salinidad viajando en sentido inverso por el interior marino (similar a una cinta transportadora) podría quedar interrumpida. Ello produciría un desajuste climático de efectos impredecibles. Principal culpable: el CO<sub>2</sub>.

### ***Destrucción de la capa de ozono***

El ozono es un gas que de forma continua se genera en las capas altas de la estratosfera. Este gas es el resultado de una serie de reacciones químicas que sufre la molécula de oxígeno al aportarle energía suficiente, como por ejemplo las radiaciones ultravioletas o una descarga eléctrica. Esta energía produce la ruptura de la molécula de oxígeno, formada por dos átomos (O<sub>2</sub>), de modo que parte de los átomos sueltos se unen a las moléculas normales de oxígeno y forman el oxígeno triatómico (O<sub>3</sub>), llamado ozono, un gas fuertemente corrosivo y venenoso.

La presencia de este gas en la estratosfera es beneficiosa puesto que cumple la función de filtro de los rayos ultravioletas, los cuales si llegaran directamente a la Tierra dañarían muchos procesos vitales.

Sin embargo, el ozono es atacado por el cloro y otros elementos como el metano, el bromo y el flúor. Estos se liberan de los compuestos sintéticos que se originan en los aerosoles, frigoríficos, acondicionadores de aire, extintores, productos de limpieza y disolventes, así como en la fabricación de materiales de aislamiento térmico o de las espumas plásticas. Todos estos productos contienen un nuevo gas, el freón, compuesto de clorofluorocarbonos (CFC).

Así mismo, el progresivo recalentamiento de las capas inferiores de la atmósfera, debido a desastres naturales, como las erupciones volcánicas, o también desastres artificiales, como el efecto invernadero provoca un enfriamiento de la

estratosfera. Este enfriamiento puede conducir a la formación de más partículas de hielo ácido que facilitan una mayor liberación de cloro activo y el consiguiente incremento de la destrucción del ozono.

Las oscilaciones del espesor de la capa de ozono guarda estrecha dependencia con las variaciones de la radiación solar. Por eso, en los polos, la desigual incidencia de la radiación solar en verano o invierno ocasiona acusados contrastes en el espesor de la capa de ozono que los hace particularmente vulnerables a los efectos perjudiciales de los CFC.

Así por ejemplo, en la estratosfera de la Antártida, a la acción destructora de los CFC se une la acción de las partículas de hielo ácido, que se forman sobre todo en primavera, causantes de la liberación del cloro activo que destruye el ozono. El resultado es la formación estacional de un “agujero” en la capa de ozono, que es motivo de preocupación, ya sea por el temido aumento del efecto invernadero en lo sucesivo, como por las consecuencias en materia sanitaria derivadas de la debilitación en el tamizado de los rayos ultravioletas.

Cierta cantidad de rayos ultravioletas son necesarios, pues, por ejemplo, activan la vitamina D. sin embargo, su exceso puede producir enfermedades en los ojos, como las cataratas, cáncer de piel, inhibir el sistema inmunológico o simplemente graves quemaduras. Además, puede también retrasar o impedir el crecimiento de las plantas, así como deteriorar el plancton y el ecosistema marino.

## **Efectos de la contaminación atmosférica sobre los ecosistemas**

### ***Consecuencias climáticas***

Existe una interacción importante entre la contaminación atmosférica y los factores climáticos. A escala local o regional, el relieve, el sentido de los vientos, la insolación y la pluviométrica intervienen en un sentido u otro determinando la intensidad de la contaminación del aire.

Los efectos climáticos y globales de la contaminación atmosférica continúan siendo muy discutidos, la temperatura media a nivel del suelo depende, ante todo, de la cantidad de energía recibida por la unidad de superficie.

La mayoría de los gases atmosféricos son transparentes a las radiaciones y su capacidad de absorción es nula. Por el contrario, el anhídrido carbónico, el vapor de agua y el ozono absorben una parte importante del espectro solar, especialmente en la banda del infrarrojo, radiaciones que contienen una gran energía térmica.

El anhídrido carbónico produce en consecuencia un efecto invernadero, actúan en cierta forma como los cristales de un invernadero que captura las radiaciones caloríficas, elevando de este modo la temperatura en la baja troposfera.

El vapor de agua que absorbe fuertemente el infrarrojo contribuye igualmente a elevar la cantidad de energía recibida, los efectos del gas carbónico fueron estimados por algunos investigadores, los cuales hicieron sus cálculos considerando el equilibrio térmico a nivel del suelo

cuando es necesario examinar diversos fenómenos para la atmósfera.

Existe una interacción entre el incremento de la concentración de anhídrido carbónico y la humedad relativa del aire, ya que la nubosidad atmosférica depende de la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera.

La acción de las nubes sobre la intensidad de las radiaciones incide indirectamente sobre la temperatura del aire.

Se estima que la cobertura de nubes de la tierra es del 52 %. Las nubes tienden a reflejar hacia el suelo las radiaciones emitidas por este, pero también devuelven al espacio parte de las radiaciones incidentes; de este modo producen un aumento del albedo terrestre.

La intensidad del flujo solar al nivel del suelo está también condicionada por la turbidez que depende en gran parte de la naturaleza de los aerosoles. Las partículas captan parte de la energía recibida, con lo que el grosor de la capa de aerosoles juega una función importante. En los casos de partículas situadas en la estratosfera la absorción provocará un recalentamiento en esta capa y un enfriamiento en el suelo.

Existe, pues, la certeza de que la manifestación actual del clima, así como los posibles cambios climáticos a corto y mediano plazo, se ven directamente influidos por la actividad humana. La acción del hombre sobre la biosfera se materializa en varios procesos que afectan y perturban los fenómenos de absorción, difusión y reflexión en la atmós-

fera. La civilización contemporánea introduce en el aire cantidades crecientes de aerosoles, ya sea a través de las concentraciones industriales o a partir de la erosión eólica en las zonas desérticas o semiáridas.

La tecnología moderna aumenta la concentración del anhídrido carbónico en el aire; inyecta vapor de agua en la alta troposfera y en la estratosfera dando lugar a la formación de líneas de condensación, consecuencia del vuelo de aviones a reacción.

### ***Efectos sobre la vegetación***

La contaminación del aire ha causado daños extensos a árboles, frutos, hortalizas y flores de adorno. Los primeros casos de semejantes efectos se observaron en la destrucción total de la vegetación por el bióxido de azufre en las regiones circundantes a las fundidoras, donde el gas es producido por el “tostado”.

Se conoce que hay una gran diversidad de daños causados a las plantas por los contaminantes del aire. Por ejemplo, todos los fluoruros actúan como venenos acumulativos para las plantas, causando la ruina del tejido de las hojas. El smog fotoquímico (oxidante) blanquea y vitrifica las espinacas, la lechuga, el cardón, la alfalfa, el tabaco y otras plantas de hoja. El etileno, hidrocarburo que se encuentra en los gases de escape de los automóviles y los motores diesel, hace que los pétalos de los claveles se encrespen hacia adentro y destruye las orquídeas decolorando y secando sus sépalos.

### ***Efectos sobre los animales***

El fluoruro y el arsénico son compuestos que producen un gran envenenamiento al ganado. El efecto del fluoruro, que es el más grave, proviene de la precipitación de diversos compuestos de fluoruro sobre el forraje. La ingestión de estos contaminantes por el ganado produce una calcificación anormal de los huesos y los dientes, llamada fluorosis, que se traduce en pérdida de peso y cojera.

El envenenamiento por arsénico, que es menos corriente, ha sido transmitido por gases contaminados cerca de algunas fundiciones.

### ***Efectos directos sobre el hombre***

El ácido sulfúrico, cinc y otros compuestos emanados de fábricas, al acumularse en el aire repercuten sobre la salud humana, adoptando diversas formas. Estas pueden agruparse convenientemente en tres categorías, a saber:

- a. Enfermedad aguda, susceptible de causar la muerte.
- b. Enfermedad crónica, como bronquitis crónica, enfisema pulmonar o asma.
- c. Síntomas desfavorables generales e irritaciones de los ojos, nariz y garganta, incluidos además malestar general, estado nervioso, y reacciones molestas a los olores ofensivos.

¿Cuáles considera que son las principales consecuencias que trae consigo la contaminación atmosférica en los ecosistemas?

## **Contaminación del suelo**

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. se puede distinguir entre contaminación natural, frecuentemente endógena, y contaminación antrópica, siempre exógena.

Un ejemplo de contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona. Un caso significativo se produce sobre rocas serpentizadas con altos contenidos de elementos como Cr, Ni, Cu, Mn..., cuya edafogénesis en suelos con fuertes lavados origina la pérdida de los elementos más móviles, prácticamente todo el Mg, Ca,...y, en ocasiones hasta gran parte del Si, con lo que los suelos residuales fuertemente evolucionados presentan elevadísimas concentraciones de aquellos elementos metálicos, que hacen a estos suelos susceptibles de ser utilizados como menas metálicas. Obviamente a medida que avanza el proceso de concentración residual de los metales pesados se produce el paso de estos elementos desde los minerales primarios, es decir desde formas no asimilables, a especies de mayor actividad e influencia sobre los vegetales y el entorno. De esta forma, la presencia de una fuerte toxicidad para muchas plantas solo se

manifiesta a partir de un cierto grado de evolución edáfica, y por tanto es máxima en condiciones tropicales húmedas.

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Así es bien conocido el hecho de que un solo volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados,  $H^+$  y  $SO_4^{=}$ , que varias centrales térmicas de carbón.

Pero las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo:

- La agricultura contemporánea está obligada a producir cantidades cada vez mayores de alimentos, mientras que la superficie de la tierra cultivable disminuye sin cesar debido al crecimiento demográfico y también a la extensión ininterrumpida de las ciudades (deforestación), a la industrialización y a otros usos no agrícolas de los suelos. La intensificación de los cultivos perturba cada vez más el flujo de energía y el ciclo de la materia en los agroecosistemas.
- Los átomos químicos aumentan indudablemente los rendimientos, pero su empleo constante y sus grandes dosis provoca una contaminación de los suelos por las impurezas que contienen. Además los pesticidas minerales u orgánicos utilizados para luchar contra las plagas pueden contaminar también los suelos y la biomasa.

La superficie de los continentes, está también expuesta a la caída de metales pesados procedentes de la atmósfera (plomo, mercurio, cadmio, molibdeno, etc.) elementos radioactivos, los cuales llegan al suelo con las precipitaciones.

### **Destrucción del medio**

Toda clase de formaciones vegetales, que son vida y constituyen fuentes de vida, aparte de ofrecer múltiples utilidades como materias primas energéticas o industriales, están desapareciendo en muchos escenarios del paisaje terrestre. A causa, básicamente, de la incontrolada e imprevista acción humana, la mancha de verdor, otrora dominante en todos los continentes se pierden día a día.

Los problemas que conducen a la destrucción del medio son muchas, pero pueden agruparse en tres zonas concretas: las selvas tropicales, las regiones secas y los países industrializados.

### ***La deforestación***

En la actualidad, la superficie continental del globo terrestre está cubierta por un 30 % de bosques. Estos constituyen los ecosistemas terrestres más ricos, es decir son uno de los mayores recursos naturales de la Tierra, tanto en flora como en fauna y muy especialmente los bosques tropicales húmedos. Desde tiempos remotos, el hombre ha ido deforestando superficies boscosas, con objeto de obtener materias primas como la madera o ganar tierras para la práctica de la agricultura y el pastoreo; pero el ritmo de

deforestación ha crecido de modo alarmante, sobre todo en las regiones de bosque tropical húmedo, hasta poner en peligro el futuro de la biosfera.

Cuando un bosque tropical es arrasado, subsuelo, pobre en nutrientes, queda a merced de la erosión, la cual se lleva la delgada capa de tierra fértil y el suelo se convierte en una masa parecida a un ladrillo, totalmente inapta para el cultivo, lo cual favorece el avance del desierto en las zonas en que este se encuentra próximo. Por otra parte, la evaporación disminuye al igual que la capacidad del suelo para absorber el agua de lluvia.

La deforestación, generada por el modelo de desarrollo sin planificación ambiental, afecta gravemente los suelos, las reservas biológicas, las de agua, biodiversidad y el ciclo hidrológico en Colombia, produciendo graves consecuencias económicas y sociales, generadoras de violencia.

Grandes áreas han sido deforestadas para plantar cultivos ilícitos (coca, amapola, marihuana), ocasionando perjuicios ambientales en ecosistemas frágiles y parques naturales.

- **Principales causas de la deforestación tropical**

La amenaza contra la selva procede, básicamente de tres tipos de actividad:

- **La silvicultura comercial**

Los bosques tropicales poseen variedades de árboles que dan valiosas maderas muy apreciadas en la fabri-

cación de muebles de calidad. Por ejemplo en la Selva Amazónica Colombiana. Con frecuencia, grandes empresas madereras foráneas explotan el bosque sin tener en cuenta su restablecimiento.

El bosque y la selva cobijan además innumerables especies animales, por lo que la deforestación propicia también la extinción de la fauna.

- **Agricultura comercial**

Principalmente en Latinoamérica se talan bosques para sustituirlos por pastos para el ganado o por plantaciones. En los pastos se engorda el ganado que luego es producto de exportación: por otra parte, en las plantaciones se cultivan productos también exportables, como la caña de azúcar o bien frutas y hortalizas muy solicitadas en los mercados de los países industrializados, como plátanos, piña, etc.

- **Agricultura de supervivencia**

La presión demográfica a la que se encuentran sometidas muchas de estas zonas conduce a una explotación de las tierras poco productiva y muy dañina. Los campesinos siguen el proceso siguiente: talan y queman los árboles y la vegetación del terreno que se pretende explotar, utilizando las cenizas como fertilizante. Plantan cultivos de subsistencia y tras tres cuatro cosechas el terreno se agota por lo que deben talar nuevos árboles y comenzar el proceso. Unos 150

millones de campesinos en todo el mundo practican esta mortalidad en la actualidad.

- **Consecuencias de la deforestación**

Las consecuencias más inmediatas y claras son la erosión del suelo, el avance del desierto y la pérdida de especies vegetales y animales que acompañan al ecosistema y que al desaparecer este, sucumben.

Sin embargo, existe otro tipo de efectos relacionados, como son las inundaciones, la pérdida de códigos genéticos de las especies vegetales y también el impacto climático global por el incremento del efecto invernadero en el Planeta.

Así, las inundaciones, que en principio deberían catalogarse como desastres naturales, tienen su origen, en ocasiones, en la acción irracional del hombre. Por otra parte, la destrucción del medio y de todo lo que con él se relaciona comporta, entre otras cosas, la desaparición de especies primitivas de las plantas de cultivo.

Por último, la pérdida de masa forestal es especialmente grave dada la cantidad de dióxido de carbono que absorben de la atmósfera y del oxígeno que desprenden. Al disminuir la masa forestal, aumenta la concentración del gas carbónico atmosférico, lo que contribuye al efecto invernadero, causante del incremento de la temperatura total de la biosfera.

***La desertización***

Uno de los problemas ecológicos a los que se enfrenta actualmente la humanidad es el progresivo aumento de la superficie ocupada por zonas desérticas, debido, fundamentalmente, a la explotación indiscriminada del suelo que se ejerce en ecosistemas frágiles.

La desertización se caracteriza por la intensificación o extensión de las condiciones del desierto o, también, por el conjunto de procesos que rompen el equilibrio del suelo, de la vegetación, del aire y del agua y conducen a la disminución o destrucción del potencial biológico y al deterioro del bienestar humano. Se estima que la desertización gana cada año unas 6 millones de hectáreas en todo el mundo.

***La erosión***

Conjunto de procesos geomorfológicos que modelan la superficie de la Tierra. En virtud de este fenómeno, los materiales rocosos o sedimentarios se fragmentan, meteorizan, disuelven o desgastan por efecto de las corrientes fluviales, el oleaje, la temperatura, la precipitación, el hielo y el viento, y finalmente, son transportados a sitios distintos del inicial.

Las estimaciones actuales muestran que se está perdiendo suelo a la tasa de 25.000 millones de toneladas por año, cantidad equivalente al doble de la capacidad de regeneración natural, dado que constituye una señal de alarma para los planeadores del desarrollo humano en todo el mundo, pues es un reto para garantizar sostenibilidad.

La erosión de los suelos en Colombia es una consecuencia directa de la deforestación, potencializada por la gran precipitación pluvial (3000 mm promedio), y constituye un serio peligro para la sostenibilidad futura de la explotación agrícola y ganadera de los mismos en la media ladera de los Andes, en la llanura que bordea la costa Caribe y en amplias zonas de la sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía del Perijá, la Macarena, la Isla de Providencia y en zonas del piedemonte llanero.

La erosión de los suelos en Colombia también representa una gran amenaza para todos los cuerpos de agua en la parte baja de los ríos, especialmente en las llanuras de inundación de las grandes cuencas hidrográficas.

En Colombia se presentan fundamentalmente 3 tipos de erosión en los suelos a gran escala:

- **Erosión pluvial**

La ocasionan las gotas de lluvia al impactar con gran energía sobre los suelos que han perdido su cobertura vegetal, de los cuales arrastran las partículas de la capa más rica en nutrientes. Las corrientes tormentosas que se forman durante los grandes aguaceros también ejercen un efecto mecánico de corte, importante sobre el suelo por lo cual transportan desde su horizonte superior material en suspensión. Algunas sales son disueltas por el agua y arrastradas con las lluvias, razón por la cual la matriz base del suelo se altera y disgrega, aumentando la erosión.

La pluviosidad en gran parte del territorio colombiano y la inadecuada localización del 40 % de la población en 9 % de

la superficie, ocupando las zonas de más alta pendiente y suelos más lábiles, hacen de la erosión pluvial una terrible amenaza de carácter ambiental, social y económico para Colombia.

- **Erosión eólica**

La energía del viento es otra fuerza natural causante de erosión, la cual se manifiesta con mayor espectacularidad en terrenos deforestados, porque la velocidad del viento es mayor e impacta directamente a las partículas de los horizontes superiores del suelo, levantándolas y transportándolas en suspensión. En ciertos lugares del departamento de La Guajira, durante las épocas de verano, cuando sopla el viento llamado Nordeste, se presentan concentraciones altas de partículas arrancadas por el viento del suelo que se desertifica continuamente.

En los suelos desnudos de vegetación se forman turbulencias a nivel de superficie, como resultado de gradientes locales de temperatura inducidas por diferencias de albedo superficial. Estos torbellinos o remolinos se levantan como columnas de polvo erosionando el suelo, del cual se llevan las partículas orgánicas que son más livianas. Este efecto es muy frecuente en La Guajira y el norte del Cesar.

- **Erosión geológica**

En muchos suelos de Colombia, especialmente en la Cordillera Occidental en Santander, en las zonas del alto Sinú y San Jorge y en la Sierra Nevada se presenta erosión motivada por fallas geológicas o por fuerzas orogénicas.

Hay otras áreas aún no identificadas en las Cordilleras que presentan ese comportamiento y que deben conocerse para mantenerlas con vegetación, con el fin de evitar derrumbes que afecten a los ríos.

## **Contaminación del suelo e impacto ambiental**

### ***Agentes contaminantes y su procedencia***

Son muy diversos. Dentro de ellos tenemos los metales pesados, las emisiones ácidas atmosféricas, la utilización de agua de riego salina y los fitosanitarios.

Estos agentes contaminantes proceden generalmente de la actuación antropogénica del hombre, así los metales pesados proceden directamente de las minas, fundición y refino; residuos domésticos; productos agrícolas como fitosanitarios; emisiones atmosféricas mediante actividades de minería y refinera de metales, quema de combustibles fósiles, etc.

- **Los metales pesados**

En pequeñas dosis pueden ser beneficiosos para los organismos vivos y de hecho son utilizados como micronutrientes, pero pasado un umbral se convierten en elementos nocivos para la salud.

- **Las emisiones ácidas atmosféricas**

Proceden generalmente de la industria, del tráfico rodado, abonos nitrogenados que sufren el proceso de desnitrifi-

cación. Como consecuencia de esta contaminación se disminuye el pH del suelo con lo que se puede superar la capacidad tampón y liberar elementos de las estructuras cristalinas que a esos pH pueden solubilizarse y son altamente tóxicos para animales y plantas.

- **Utilización de agua de riego salina**

El mal uso del agua de riego provoca la salinización y la sodificación del suelo. En el primer caso se produce una acumulación de sales más solubles que el yeso que interfieren en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y plantas no especializadas. En el segundo caso se produce una acumulación de sodio intercambiable que tiene una acción dispersante sobre las arcillas y de solubilización de la materia orgánica, que afecta muy negativamente a las propiedades físicas del suelo, por lo que el medio será menos apto para el crecimiento de los cultivos.

- **Fitosanitarios**

Dentro de ellos agrupamos los plaguicidas y los fertilizantes. Son, generalmente, productos químicos de síntesis y sus efectos dependen tanto de las características de las moléculas orgánicas (mayoría de los plaguicidas) como de las características del suelo.

- **Los fertilizantes**

Además de contener metales pesados, producen contaminación por fosfatos (eutrofización en lagos) y nitratos.

En la siguiente Figura (4-3) se esquematizan las rutas de la contaminación.



Fuente: Mas y Ascue, 1993.

#### NOTA ILUSTRATIVA. UTILIZACIÓN DE HERBICIDAS QUÍMICOS Y MICO HERBICIDAS EN COLOMBIA

(Basado en un informe de Eduardo Galeano: Hongos Patógenos, aparecido en el Boletín de Acción Ecológica “Alerta Verde”)

Unos treinta años después de la utilización masiva de herbicidas tóxicos en la guerra de Vietnam (1961-1972), los Estados Unidos planearon de nuevo el uso de un agente biológico, el cual fue aceptado por el gobierno del doctor Pastrana, dentro del Plan Colombia, este programa incluyó entre otras, varias líneas de acción dedicadas a la erradicación de los cultivos ilegales:

- Programas de desarrollo alternativo (sustitución de cultivos “ilegales” por monocultivos exportables, a

través de alianzas estratégicas entre inversionistas nacionales y extranjeros, y propietarios de la tierra).

- Destrucción de laboratorios clandestinos.
- Erradicación manual de cultivos ilegales
- Fumigación aérea con herbicidas químicos y mico herbicidas.

Es en este último punto donde encontramos a los dos protagonistas de esta lucha contra el campesinado colombiano: el hongo “*Fusarium Oxyporum*” y el herbicida químico “glifosfato”.

El *Fusarium* es un hongo fitopatógeno y cosmopolita que vive en zonas templadas y tropicales; y algunas de sus especies naturales pueden causar enfermedades en el ser humano. Se trata de un hongo con una gran variabilidad genética ligada a las condiciones ambientales, ecológicas, geográficas y de la planta que lo hospeda; lo que significaría que al introducirlo en un ecosistema tan complejo como el amazónico podría atacar a cultivos legales y de consumo de la población, así como a una enorme variedad de plantas no cultivadas presentes en la selva, extendiéndose por toda la Amazonía y poniendo en peligro a esta insustituible fuente de biodiversidad. El *Fusarium Oxyporum* de la cepa EN-4, fue aislado, probado y elaborado en los laboratorios del Servicio de Investigación del Departamento de Agricultura de los EEUU. Sin embargo su uso como “herbicida” ha sido rechazado incluso en ese país, debido a que su capa-

cidad de dispersión no respeta límites y a su capacidad de permanencia en el ambiente (hasta 10 años en estado latente). En ese entonces no se conocía a fondo su impacto en la salud humana pero existe una alta probabilidad de que pueda provocar enfermedades en la piel (queratitis, oncomicosis, micetomas...) e incluso la muerte en individuos inmunodeprimidos (pacientes con Cáncer y SIDA). A estas amenazas hay que añadir el hecho de que es muy probable que el hongo utilizado en Colombia haya sido manipulado genéticamente para aumentar su virulencia, lo que aumentaría su peligrosidad para todos los seres vivos, por lo que podría considerarse que esta cepa de hongo es lo suficientemente letal como para que pueda ser catalogada como agente biológico para la guerra según las condiciones expuestas en el Protocolo de la Convención de Armas biológicas y Tóxicas. En cuanto al Glifosfato, los datos son mucho más conocidos pues se fabrica desde hace algunos años y uno de los herbicidas estrella de la transnacional MONSANTO, y se comercializa con el nombre de ROUNDUP.

Se trata de un herbicida de amplio espectro que elimina sin distinción hierbas anuales, bianuales, perennes, matas leñosas, cultivos comerciales... etc. y cuya peligrosidad para la salud ambiental y humana está altamente demostrada, viniendo esta toxicidad tanto de su componente activo (glifosfato) como de los componentes inertes (POEA, ácidos orgánicos, isopropilamina... etc) Se sabe que causa reacciones tóxicas en mamíferos, incluidos los seres humanos, provocando problemas gastrointestinales, vómitos, neumonía, obnubilación de la conciencia, destrucción de glóbulos rojos, destrucción

de la mucosa respiratoria, pérdida del control muscular, depresión cardíaca, problemas de fertilidad, anomalías cromosómicas, aumento del potasio, del fósforo y la urea en la sangre, hemorragias, lesiones en el páncreas, cambio de peso en los riñones, hígado, corazón, timo y testículos, y unido al nitrógeno del suelo puede formar: N-nitroso-glifosfato y otros compuesto altamente carcinógenos.

Está claro que estos dos agentes herbicidas pueden considerarse como armas químicas y biológicas dado su carácter altamente tóxico para el ser humano y por sus nefastas repercusiones en el medioambiente.

## **LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES Y OCEÁNICAS**

El problema de la contaminación del agua constituye sin duda uno de los más inquietantes aspectos de la degradación del medio natural, la contaminación de las aguas continentales y oceánicas, es por su parte un problema absolutamente actual. La crisis del agua afecta tanto a los países industrializados y a los mares que les rodean como a las regiones del mundo con climas áridos, cuya producción agrícola se encuentra limitada por la escasez del agua.

Sin embargo, el tema es más complicado que el de la polución atmosférica puesto que numerosas sustancias sólidas pueden disolverse en el medio acuático y ser arrastradas muy lejos de los puntos de emisión. Por culpa de la homogeneidad y facilidad de dispersión de contaminantes en este medio, los efectos de la polución recaen sobre grandes

conjuntos de organismos e incluso a veces en el mar, tanto en las zonas litorales como en las pelágicas.

Otro problema específico de la polución de las aguas reside en su relativa pobreza en oxígeno disuelto, factor este que no suele presentarse en las atmósferas contaminadas, las cantidades de oxígeno disuelto en el agua son muy pequeñas a las temperaturas ordinarias, la tasa de O<sub>2</sub> disminuye al aumentar la temperatura, y es también menor en el mar que en el agua dulce para una misma temperatura.

Es en los mares fríos; por consiguiente donde aparecen las oxigenaciones más intensas. En el medio oceánico y en profundidad, también decrece la tasa de oxígeno disuelto. Recordemos por otra parte que este gas es en definitiva un factor limitante para la mayor parte de los organismos, tanto marinos como dulceacuícolas.

Los animales acuáticos tienen necesidad, para respirar, de realizar una circulación branquial extremadamente intensa que asegura el contacto de las branquias con los enormes volúmenes de agua necesarios para extraer el oxígeno preciso. Esto incrementa los riesgos de absorción de los agentes polucionantes químicos.

Los animales acuáticos pueden quedar faltos de O<sub>2</sub>, si por alguna razón, natural o artificial, la temperatura del agua se eleva de forma muy significativa.

La temperatura constituye un factor limitante lento, tanto en las aguas continentales como oceánicas, puesto que la mayor parte de los organismos que en ellas viven son

estenotermos, es decir, poseen unas débiles tolerancias a las variaciones termométricas, pequeños cambios de unos pocos grados centígrados, pueden ejercer influencias catastróficas sobre las biocenosis acuáticas.

### **Contaminación de los océanos**

Nuestro planeta es un planeta de agua y son muchos los problemas que afectan el agua directa o indirectamente.

**La contaminación:** debido a los desechos tóxicos industriales y urbanos es difícil de controlar. Toda acaba en el océano pues el aire y la tierra son arrastrados por la lluvia hacia el mar. Allí la mayoría de los productos tóxicos son concentrados selectivamente por los organismos que constituyen la cadena alimentaria marina y acaban con mucha frecuencia en nuestra mesa.

La eutrofización es una proliferación excesiva de la flora acuática y desaparición del oxígeno, causado por un enriquecimiento natural o artificial del agua con nutrientes. Este fenómeno lo podemos dividir en dos fases las cuales son:

- **Primera fase**

Contaminantes que se encuentran disueltos en el agua como son los detergentes (polifosfato o fosfato), las aguas residenciales procedentes de las alcantarillas urbanas, que sin depurar, aportan a los ríos y mares tanto las aguas fecales como los vertidos industriales (ricos en fosfato y nitratos) y las lluvias que arrastran con ellos los excesos de abono (fosfato y nitratos) procedentes de los suelos agrícola-

las, que al no ser absorbidos por las plantas, acaban contaminando las aguas superficiales, como las subterráneas (acuíferas). Dichas sustancias se depositan en los lugares donde no es posible la renovación para que los procesos de autodepuración sean del todo incapaces de asimilarlas.

Como ejemplos de contaminación por aguas residuales, en Colombia, se pueden citar las bahías de la Costa Caribe, las islas de San Andrés y la zona de Buenaventura .En cuanto a la contaminación con aguas industriales, se puede citar lo que sucedió con la planta de soda localizada en la bahía de Cartagena, la cual vertía restos de mercurio procedente de su proceso (Electrólisis de cloruro de sodio fundido, con electrodo de mercurio).

- **Segunda fase**

La concentración de gran cantidad de nutrientes favorece el desarrollo de vegetales acuáticos superiores y de fitoplancton lo que hace que paradójicamente aumente en un principio la producción de oxígeno gracia a la fotosíntesis. Sin embargo la tendencia se invierte, ya que la muerte de dichos organismos activa la acción de las bacterias encargadas de su descomposición y de la mineralización de la materia orgánica, que para llevar acabo su importante, consumir una gran parte del oxígeno contenido en el agua. El oxígeno escasea en el agua y la materia generada a partir de vegetales muertos, al no poder ser mineralizados, se va acumulando en los fondos a modo de humus; en este punto se produce una fermentación anaerobia causante del característico olor putrefacto que desprenden la aguas que sufren este proceso, con lo cual se hace imposible que se mantenga con vida una población normal de peces.

Las mareas negras: es otras de las agresiones a grande escala que sufren las aguas marinas con los vertidos e hidrocarburos. El petróleo y algunos de sus derivados dan lugar a la contaminación de tipo orgánica.

Cuando se produce un derrame de hidrocarburo, este se extiende rápidamente por toda la superficie del agua, favoreciendo así la evaporación del petróleo, que cubre la superficie marina dificultando su evaporación y oxigenación. Con lo que se frena el proceso de autodepuración de las aguas y se retienen sustancias contaminantes como detergentes, metales pesados, pesticidas, etc.

El petróleo muchas veces no llega hacer degradado por los procesos físico-químico la (fotooxidación) y biológicos (microorganismos) sedimentada la capa de crudo es arrastrada por el viento, ocasionando la contaminación del litoral. Acabando por sedimentarse en el fondo donde se degrada lentamente, o si se mezclan con ala arena, prolongan sus efectos tóxicos por muchos años.

Algunos métodos para combatir las mareas negras se basan en el empleo de disolventes naturales (paja) o barreras flotantes que eliminan la dispersión.

NOTA ILUSTRATIVA. Si los océanos murieran...

Por una irritante paradoja, la humanidad se plantea esta cuestión precisamente cuando está empezando a comprender el mar. En la actualidad, tras miles de años de ignorancia y de superstición, los hombres de nuestra generación comienzan, al fin, a entrever la manera de

explotar y aprovechar los inmensos recursos que ofrece ese 70 % de la superficie terrestre. Pero, al propio tiempo, se encuentran comprometidas en una carrera contra reloj para salvar al océano de las depredaciones que ellos mismos llevan a cabo.

Si los océanos de nuestra tierra murieran esto es, si, de algún modo, la vida de pronto desapareciera, sería la más formidable, pero también las más definitivas, de las catástrofe en la historia atormentada del hombre y de los demás animales que con el comparten este planeta.

Desprovisto de vida, el océano empezará a pudrirse, el hedor procedente de las materias orgánicas en descomposición sería tan grande, que bastaría para alejar al hombre de todas las regiones costeras.

Pero no se harían esperar otras consecuencias todavía más grave. El océano es el principal elemento estabilizador de la tierra: mantiene un equilibrio exacto entre las diferentes sales minerales y los gases que constituyen nuestro cuerpo y del que depende nuestra existencia. Sin vida en los mares, el contenido de la atmósfera en gas carbónico comenzaría a aumentar inexorablemente.

Superada una cierta proporción de CO<sub>2</sub>, el efecto llamado << de invernadero >> entraría en juego: el calor, irradiado por la tierra hacia el espacio, manteniendo bajo la estratosfera, originaría una brusca elevación de la temperatura del globo al nivel del mar. Los casquetes polares se fundirán en ambos polos, mientras que el nivel de los océanos subiría unos treinta metros en pocos años.

Todas las ciudades se inundarían. Para evitar ahogarse, una tercera parte de la humanidad se vería obligada a refugiarse en colinas y montañas, incapaces de acogerla y proveer a su subsistencia. Entre otros efectos de la muerte de los océanos, la superficie de las aguas se cubriría de una espesa costra de residuos orgánicos, la cual influiría en la evaporación, reduciría las precipitaciones y provocaría una sequía general.

Todo ello no sería si no el principio de la fase última del desastre. Hacinados en las alturas, hambrientos, sometidos a violentas tempestades y extrañas epidemias, rotos todos los lazos familiares y sociales, los supervivientes empezarían a sufrir la falta de oxígeno debida a la desaparición de las algas del plancton y a la reducción de la vegetación terrestre. Confinados en las estrechas franjas de tierra que separaría a los mares muertos de las pendientes montañosas estériles, la especie humana experimentaría una intolerable agonía. Tal vez treinta o cincuenta años después de la muerte de los océanos, el último hombre del planeta, en el que la vida orgánica se limitaría a las bacterias y algunos insectos necrófagos, exhalaría su último suspiro.

¿Por qué empezar este escrito sobre el tema que más me apasiona en el mundo con semejante visión de pesadilla? Sencillamente, porque la muerte del mar es posible y nosotros hemos de intentar evitarla a toda costa. Si el hombre existe, es únicamente porque el planeta que alberga la Tierra es el único cuerpo celeste, que sepamos,

en que la vida es posible. Ello es así porque se trata de un << planeta de agua >>, siendo el agua misma, tal vez, tan escasa como la vida en el universo: quizá el sinónimo mismo de vida. El agua no es solamente escasa, no solo infinitamente preciosa, sino también un elemento sumamente original, cuyas combinaciones físicas y químicas ofrecen numerosas particularidades. Por esta naturaleza única del elemento líquido, así como la termodinámica del sistema acuático mundial, cuyos motores son el sol, el agua, es por lo que nació la vida. El océano es la vida.

He aquí el por qué debe cambiar nuestra actitud respecto del mar. Dejemos de ver en él un misterio, una amenaza, una inmensidad de la que cualquier interferencia por nuestra parte no tendría importancia; un lugar sobrio y siniestro, llenos de secretos y de maravillas. No nos limitemos a imitar a los estudiosos de otros tiempos que surcaban y observaban los mares para elaborar listas de mamíferos, de aves, de medusas, de temperaturas, de corrientes y movimientos migratorios. Preferimos, más bien, pasar revista a los grandes temas de la vida del océano, hablar de sus pulsaciones, sus dramas y sus ciclos estacionales; mostrar cómo provee el sustento de sus multitudes de seres vivos; como armoniza los ritmos físicos y biológicos de la tierra entera, y conocer lo que le perjudica y lo que le beneficia. Pretendemos, en fin y no es la menor de nuestras ambiciones, narrar sus historias.

Jacques Cousteau

## **La contaminación biológica de las aguas**

La inmensa mayoría de las sustancias contaminantes, bien sea gaseosas, líquidas o sólidas, son susceptibles de contaminar la hidrosfera.

La incesante extensión de la contaminación microbiológica de las aguas provoca el crecimiento de las infecciones del tipo de las colibacteriosis, hepatitis virales, gastroenteritis, su frecuencia aumenta con regularidad en los países industrializados. La actual extensión del cólera es también una demostración de la amplitud de los problemas epidemiológicos causados por la polución del agua están alcanzando nuestros días.

La aparición de materia orgánica en el agua permite a numerosos microorganismos patógenos multiplicarse de forma inmensamente más rápida de lo que harían en el agua descontaminada: además de ser esas materias orgánicas el caldo de cultivo inóculo que provoca la presencia del agente patógeno en el agua, la desembocadura de los alcantarillados urbanos al mar plantea muy serios riesgos bacteriológicos para los bañistas y para los consumidores de moluscos y mariscos. Además, el alcantarillado de las ciudades, no hay que olvidar entre los causantes de la contaminación orgánica de las aguas, la existencia de diversas industrias y actividades como mataderos, centrales lecheras, industrias derivados lácteos, azucareras, papeleerías, etc.

## **Contaminación química de las aguas**

- **Plomo**

Teniendo en cuenta la inmensidad de la superficie oceánica, puede resultar sorprendente que se puedan detectar trazas de contaminación por plomo en muestras de aguas pelágicas. Otros elementos tóxicos para los organismos como el cobre, cinc, cromo, níquel y cadmio.

Constituyen también graves amenazas para la hidrosfera:

- **Mercurio**

La contaminación de la hidrosfera por mercurio, merece una mención muy particular a causa del gran crecimiento del uso de este metal y elevada toxicidad de algunos de sus derivados.

El flujo de mercurio desde los continentes hacia el océano a través de las aguas fluviales, se estima en unas 5.000 Tm/año.

Los sulfitos también son peligrosos contaminantes. Además de su carácter reductor, estos productos presentan una notable acción bióxida y a ella se añade la disminución provocada en la concentración de oxígeno.

- **Nitratos**

El problema de la polución causada por los nitratos y fosfatos, empleados como abonos químicos en agricultura constituye un preocupante problema en nuestros días.

Aunque por lo que respecta a los afluentes urbanos la cuantía de los nitratos no ha aumentado en este período de tiempo más que en 70 %, por lo que respecta a los vertidos procedentes de los motores de combustión interna, las cifras se han elevado en un 300 % y en cuanto al uso de abonos minerales, el incremento debido a los compuestos nitrogenados alcanza el 1.400 %.

Los expertos estiman que las cantidades totales de nitratos producidos por las combustiones y la industria de los abonos y dispersados al medio natural, se elevan a 10 millones de toneladas por año, cifra que se considera superior a la resultante de la síntesis de nitratos por los diversos procedimientos biogeoquímicos normales que controlan el ciclo del nitrógeno en el conjunto del territorio federal.

- **Fosfatos**

El fósforo frecuentemente factor limitante en los medios limnico y oceánico por la escasez natural de los fosfatos disueltos. La civilización moderna ha incrementado la velocidad de circulación del fósforo puesto que la agricultura utiliza un inmenso tonelaje de compuestos de este elemento, y también en los detergentes de uso casero están presentes como aditivos, algunos derivados suyos (polifosfatos sódicos).

A la salida de una central de depuración el agua contiene todavía a una media de 8 mg/1 de fosfato, procedentes de la mineralización de la materia orgánica.

A esta cantidad hay que añadirle la parte procedente de los detergentes biodegradables. En términos medios, el

tratamiento secundario del agua en las estaciones de depuración extrae el 80 % del fósforo.

- **Hidrocarburos**

La polución de las aguas continentales y oceánicas por los hidrocarburos constituye la causa principal de contaminación de la hidrosfera por la civilización moderna.

La contaminación por hidrocarburos es el resultado de diversos fenómenos ligados a la extracción, transporte y refinado (obtención de carburantes y lubricantes) del petróleo.

La principal fuente de contaminación en el medio oceánico se debe al transporte y en menor medida a los accidentes surgidos en los pozos petrolíferos submarinos, cuya frecuencia está en evidente crecimiento en tanto sigan aumentando el número de perforaciones. Actualmente, más de mil millones de toneladas de petróleo son transportadas anualmente por vía marítima.

Los accidentes acaecidos en los pozos de petróleo pueden también contaminar gravemente el océano. A lo largo de los procesos de perforación, entubamiento, colocación de cabezas de extracción y a lo largo de toda su explotación, existen siempre grandes riesgos de polución.

También las aguas continentales se encuentran fuertemente contaminadas, por causa de los hidrocarburos y en diferentes formas. Los afluentes de refinerías, el vaciado fraudulento de los motores de automóviles, las pérdidas de aceite de los carters, las de gasolina y gas – oil, en el momento del llenado de depósitos, constituyen importan-

tes fuentes de contaminación de los cursos del agua y de los acuíferos.

- **Los detergentes**

Los detergentes sintéticos han sido extendidos a todos los usos domésticos desde 1950. Tienen algo en común: el producto detergente dotado de cualidades tensoactivas de interfase a través de la presencia de tripofosfato de sodio o de pirofosfatotetrasódico. Además contienen ingredientes minerales (perfumes, agentes «blanqueantes» persulfatos, perboratos) cuya toxicidad no es despreciable para los organismos acuáticos.

Los más empleados son los detergentes aniónicos que son los menos tóxicos. Han venido a sustituir a los jabones puesto que ellos se disuelven fácilmente, emulsionan con facilidad las grasas y son eficaces incluso con «aguas duras».

- **Los pesticidas**

La fabricación industrial de pesticidas representa una importante fuente de contaminación para las aguas continentales y marinas. Está originada por el vertido de los residuos de síntesis de estas sustancias sobre los cursos de agua y zonas litorales. Los ejemplos de poluciones ocurridas por causas tan aberrantes como la comentada, son innumerables. En Colombia extensas áreas agrícolas en las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge, Magdalena, Meta y otros de los Llanos Orientales reciben grandes cargas de pesticidas usados para el control de insectos y hongos en los cultivos, los cuales drenan hasta las ciénagas o caen

directamente en ellas o en los ríos y quebradas, ocasionando mortalidad de peces.

Otro origen todavía más grave de polución debida a productos pesticidas lo constituyen las aplicaciones masivas de estos productos realizadas frecuentemente mediante avioneta, una importante fracción de las materias activas dispersadas, quedan volatizadas en la atmósfera, puesto que el viento arrastra multitudes de partículas sólidas que absorben los pesticidas, nebulizados por las máquinas de pulverización.

Los pesticidas pueden ser distribuidos a escala planetaria y volver sobre la tierra y océanos, mediante las precipitaciones pluviométricas: las corrientes marinas, finalmente completarán los mecanismos de transporte de todas las regiones del globo.

### ***Efectos de la contaminación química del agua***

El fitoplancton y las macrofitas resultan afectados de forma diferente por la polución del agua según la naturaleza del agente contaminante.

Las sales de cobre y los cromatos son fatales para algas a concentración de unos cuantos PPM. Numerosos pesticidas y particularmente más los herbicidas resultan tóxicos para el fitoplancton.

Si la contaminación de las aguas marinas de la plataforma continental por los insecticidas organoclorados y otros tipos de pesticidas continúa aumentando al ritmo actual, sus efectos sobre la productividad primaria pueden cons-

tituir un aspecto suficientemente preocupante. Este fenómeno deja entrever una posible disminución de la cantidad de materia proteica disponible en los océanos, para la alimentación humana, puesto que la regresión de la biomasa fitoplanctónica determinará irremediablemente una reducción en los efectivos de pesca en la plataforma continental.

- **Contaminación de los ríos colombianos**

La oferta de agua mundial ha empezado a disminuir su potencial a pesar de que nuestro planeta se encuentra en un 70 % cubierto por este líquido. Solo el 2 % es agua dulce. La demanda de agua tiende a aumentar por el crecimiento de la población, el proceso de la urbanización y el incremento de la mediana y gran industria.

Colombia presenta una de las riquezas de ecosistemas dulceacuáticas más grandes de América del Sur. Las tres grandes cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco, Amazonas, influyen en una gran proporción del país y son complementados por una multitud de cuencas más pequeñas y aisladas. Además de los ríos, hay una gran diversidad de lagunas que se encuentran desde las costas hasta el altiplano. Estos ecosistemas sostienen una alta diversidad de recursos naturales y brindan servicios ambientales de enorme valor económico y social, que contribuyen al desarrollo del país.

A pesar de esta riqueza, nuestros ecosistemas acuáticos están bajo continuas presiones y su grado de perturbación es muy alto debido a la deforestación, minería de oro (que vierte mercurio y cianuros a los ríos y quebradas ocasiona

mortalidad de peces en las zonas auríferas del alto San Jorge; alto, medio y bajo Cauca y en los ríos del sur de Bolívar), desecación de ciénagas, construcción de embalses y la contaminación de las aguas con residuos químicos, fertilizantes, basuras y cloacas. No deja de ser alarmante cómo la identificación de impactos en estos ambientes ha sido clasificada como reserva y en muchos casos, sus efectos son ya irreversibles.

NOTA ILUSTRATIVA. Situación Ambiental de la Cuenca del río Magdalena

La cuenca hidrográfica del río Magdalena-Cauca ocupa una extensión de 257.400 Kms<sup>2</sup> (26 % de la superficie total del territorio nacional). La principal subcuenca de esta unidad hidrológica está constituida por el área tributaria del río Cauca, con un recorrido de 1.350 Kms. El río Magdalena tiene una longitud de 1.500 Kms.

La precipitación media anual de la cuenca se estima en 2.000 mm, originando su caudal medio de 7.000 mts<sup>3</sup> por segundo a la altura del Calamar. Su sistema hídrico está formado por el Magdalena y sus afluentes y efluentes principales, Cauca, Bogotá, Saldaña, Páez, Cesar, Lebrija, Cimitarra, Sogamoso, Opón, Carare, Negro, San Jorge y el canal del Dique.

En la gran cuenca del río Magdalena se encuentran 12 áreas del sistema de Parques Nacionales Naturales.

La ribera y la cuenca del río Magdalena presenta problemas ambientales de deforestación, erosión, conta-

minación, degradación y desecación de humedales, resultado de las actividades humanas ambientalmente insostenibles.

La deforestación del bosque de galería, para ser convertido en pastizales, es una de las causas que más ha contribuido a la inestabilidad de los suelos y diques ribereños, especialmente en el Alto y Medio Magdalena, donde predomina la topografía con pendientes altas susceptibles de deslizamientos, y ha ocasionado alteraciones en la orilla e inducido cambios en la hidrodinámica del río.

Se estima que entre 3 y 3,5 millones de hectáreas de la cuenca están cubiertas de bosque natural (12 % de su áreas total), localizadas en lugares pocos accesibles de la parte alta, en especial en las márgenes de las vertientes y en algunos parques nacionales naturales. En 20 años de colonización en la región del Magdalena se han destruido cerca de 3,5 millones de hectáreas de bosques. La deforestación y la agricultura de subsistencia ha cedido paso a la ganadería extensiva y solo se han establecido cultivos permanentes en algunas vegas aluviales.

El transporte de sedimento del río a la altura de Calamar es de 133 millones de toneladas al año. Estos sedimentos provienen de las cargas propias del río y de la erosión de la cuenca. Se estima una tasa de erosión de 330 toneladas por hectárea al año. Así mismo, se ha calculado que las remociones en masa equivalen a 1.812 millones de toneladas de suelo al año. La carga de sedimentos es elevada y los pocos datos existentes muestran que este componente está afectando la navegabilidad de algunos

tramos del río y contribuye con las ciénagas y los arrecifes coralinos. Las partículas gruesas transportadas por las avalanchas originadas en los deshielos de los glaciales son un agente importante de sedimentación del río.

En algunos puntos del río la concentración de contaminantes sobrepasan los valores normales en aguas naturales. Se verifican variaciones del oxígeno disuelto a lo largo del río, con un valor mínimo puntual de 2,6 miligramos por litro después de la desembocadura del río Bogotá. La descarga directa de las aguas residuales de Soledad y Barranquilla es una de las principales causas de este descenso en el último tramo del río, en el que adicionalmente los niveles de contaminación con hierro, manganeso, cadmio y bacterias coliformes superan a los estándares permitidos.

El número de estaciones de la Red Hidrológica Nacional de medición de calidad del agua es insuficiente, su ubicación no considera las principales fuentes de contaminación y sus registros no obedecen a un programa continuo de monitoreo que contemple parámetros básicos de contaminación bacteriológica, orgánica y química. Además, no existe una evaluación integral de las cargas contaminantes aportadas por las actividades productivas y poblaciones ribereñas.

Entre los principales factores que inciden en la contaminación del río se encuentran las prácticas agrícolas y actividades industriales no sostenibles en áreas ribereñas y cuencas aportantes; prácticas inadecuadas de explotación minera –especialmente oro y carbón– en

afluentes del río, con el consiguiente aporte de metales pesados y sólidos; derrames de hidrocarburos y carencia de planes de saneamiento que contemplen el manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, tanto para los municipios ribereños como para las ciudades y corredores industriales que descargan sus residuos en cuencas aportantes del río.

El complejo de ciénagas del Magdalena contribuye al plano inundable del río en el que se regula la dinámica hídrica y se forman ecosistemas de alta productividad y diversidad biológica. El 68 % de las ciénagas del país se encuentran en la cuenca del río Magdalena, con un área aproximada de 320.000 hectáreas en verano, y de 2 millones de hectáreas en invierno. El ecosistema cenagoso ha sido modificado debido a los asentamientos humanos ubicados en zonas inundables o en las rondas del río, la construcción de diques, drenajes, distritos de riego y vías, las altas cargas de sedimentos y algunos focos de contaminación puntual, y el relleno de pantanos para agricultura. Lo anterior ha ocasionado graves perjuicios en la economía regional, los ecosistemas y la población ribereña.

Teniendo en cuenta la nota ilustrativa “Situación ambiental de la cuenca del río Magdalena” consulta a cerca de las acciones que se están llevando a cabo para contrarrestar esta problemática medioambiental.

## **Consecuencias ecológicas de la contaminación del agua**

### ***Efectos de la contaminación orgánica***

La polución orgánica del agua actúa de forma comparable sobre los factores bióticos y abióticos tanto en fases lítica (aguas corrientes en movimientos) como léntica (lagos, aguas remansadas en términos generales). El problema de la polución de tales ecosistemas parece pues *a priori* más sencillo que el de los lagos o estuarios, mucho más complejo por culpa de su heterogeneidad.

En las aguas contaminadas con materia orgánica se produce una auténtica explosión demográfica bacteriana. Junto con las posibles especies patógenas presentes aparecerán esencialmente microorganismos saprófitos: bacterias heterótrofas y hongos que descomponen las diversas sustancias orgánicas en compuestos minerales.

La existencia de esta flora microbiana permite la degradación del vértigo orgánico recibido por el río. Las poblaciones de microorganismos comenzarán a disminuir aguas abajo cuando la concentración de nutrientes se vaya haciendo más reducida.

Hay especies saprofitas de bacterias que se desarrollan exuberantemente en las aguas polucionadas formando colonias de gran tamaño y aspecto gelatinoso o filamentosas, percibidas a simple vista. Como ejemplo de ellas se pueden citar a, *Sphaerotilus natans* (bacteria heterótrofa) y *Beggiatoa alba* (sulfobacteria). Además de bacterias

también abundan los hongos especialmente ficomicetos y ascomicetos.

La proliferación de estos organismos en la zona de descomposición activa provoca trastornos en las condiciones ecológicas del medio. Su acción se traduce irremediablemente en una brutal caída de la concentración de oxígeno disuelto.

### ***Consecuencias biocenóticas de la contaminación química del agua.***

#### **• Hidrocarburos**

Las especies de la avifauna marina figura entre las primeras víctimas de la contaminación por hidrocarburos. La gran afinidad de los hidrocarburos con las grasas que impregnan las plumas de las aves haciéndolas hidrófugas, tiene como consecuencia la destrucción del colchón protector formado por el plumaje. Sin él las aves embaudnadas no tardan mucho tiempo en enfriarse y morir de congestión. A esto hay que añadir la intoxicación debida a la ingestión de petróleo por el animal que lo absorbe al intentar sumergir la cabeza para cazar o al luchar por librarse del petróleo impregnante.

#### **• Pesticidas**

La polución por pesticidas se traduce también en una influencia drástica sobre las biocenosis límnicas y litorales.

El uso de insecticidas órganoclorados en la lucha contra los insectos vectores resulta catastrófico para los inverte-

brados dulceacuícolas y de la fauna litoral así como para los peces.

Pero los efectos más notables de la contaminación de las aguas por los pesticidas se derivan de la posibilidad que tienen algunos de ellos de pasar a las cadenas tróficas, siempre largas, en medio límnic o marino.

Aunque la alimentación es responsable en gran parte la absorción directa del insecticida a partir de un agua débilmente contaminada, ha de tenerse en cuenta en algunos organismos. Es incluso el único mecanismo actualmente en el caso del fitoplancton.

- **Mercurio**

La polución del mar por el mercurio es la que ha facilitado el ejemplo más grave de las consecuencias de una contaminación de la biosfera por la tecnología moderna.

Las cantidades de este metal presentes en el estado natural en la biosfera tiene dos orígenes: las erupciones volcánicas y la lixiviación de las rocas superficiales por la erupción hídrica que arrastra a los ríos y mares fracciones de mercurio.

Debido a la escasa biodegradabilidad de sus derivados, el mercurio tiende a concentrarse en los seres vivos. Las algas pueden acumularlo en sus células en cantidades cien veces superiores a su disolución en el agua de mar y peces como los atunes.

La polución de la hidrosfera por el mercurio es realmente ejemplar. Nos enseña que los mecanismos naturales de biodegradación aunque son en general buenos auxiliares de la lucha contra los contaminantes, pueden tener en ocasiones efectos desfavorables. Tal es el caso de la transformación del mercurio y de sus derivados orgánicos en el notable metil-mercurio por algunas bacterias límnicas o marinas.

El compuesto metil-mercurio que estas bacterias producen se considera el único causante de la enfermedad de Minamata.

¿Qué cree usted que le sucederá a la biosfera con el pasar del tiempo, si el proceso de contaminación del agua, aire y suelo continúa cómo va?

#### NOTA ILUSTRATIVA. CUATRO GRAVES DELITOS AMBIENTALES

Delitos como el tráfico de fauna y de residuos peligrosos, la voladura de oleoductos y los narcocultivos tienen en jaque al medioambiente. Ronda la impunidad ambiental mientras se fortalecen las leyes para controlar y penalizar a los responsables.

El terrorismo ambiental no es solo la utilización de armas químicas o bacteriológicas. En Colombia, la voladura de oleoductos también representa, de acuerdo con las Naciones Unidas, uno de los peores delitos que se cometen contra el medioambiente y, de paso, contra la humanidad. Desde que el ELN declaró como claro objetivo militar los oleoductos, el crudo vertido sobre Colombia

a causa de las voladuras equivale a 7,6 veces el petróleo que se derramó en la que se ha considerado la mayor tragedia ambiental de la historia por contaminación de hidrocarburos: el desastre del buque Exxon Valdés entre Alaska y Canadá en marzo de 1989.

El último estimativo de áreas afectadas por voladuras en el país es de más de 6.000 hectáreas de terrenos con potencial agrícola y pecuario, 2.500 kilómetros de ríos y quebradas, y 1.600 hectáreas de ciénagas y humedales.

Pero además de este delito ambiental, el medioambiente en Colombia enfrenta los tráficos de fauna y de desechos tóxicos, y los graves estragos que causan los narcocultivos, especialmente en la selva Amazónica.

Cálculos del Minambiente indican que el tráfico de fauna podría mover en todo el territorio 50 millones de dólares, equivalentes al 2,5 por ciento del PIB del país.

Además, Colombia es blanco de traficantes internacionales de desechos peligrosos y, a nivel interno, también produce (en menos proporción que los países desarrollados), y desecha sin ningún tipo de tratamiento, materiales hospitalarios, corrosivos, explosivos, oxidantes, drogas vencidas, etc. Por otro lado, el solo cultivo de coca ha destruido, durante los años de establecimiento, de 160.000 a 240.000 hectáreas de selva tropical en la Orinoquia y la Amazonia; algo así como el 30 por ciento de la tasa de deforestación anual estimada para Colombia.

“La impunidad en Colombia también ronda al medioambiente. Son escasas las capturas de los responsables de estos atentados, y los castigos son débiles”.

### **Un tráfico peligroso**

Una legislación y un control débiles, y la falta de información técnica sobre los desechos peligrosos, convierten al país en blanco fácil de traficantes de los mismos.

Los puertos colombianos han sido alertados ante el inminente arribo de barcos extranjeros con cargamentos de desechos peligrosos provenientes de países industrializados como Estados Unidos, Alemania, Holanda y Japón.

Entre 1989 y 1992 Colombia recibió varias propuestas formales de empresas extranjeras para montar plantas procesadoras de basuras tóxicas y para generar energía eléctrica a partir de residuos industriales peligrosos.

Por otro lado, a nivel interno, Colombia en su proceso de industrialización, se ha convertido en productor de desechos tóxicos.

Sin embargo, no existe un inventario de los desechos peligrosos que se producen. Se estima que el mayor aportante es la industria, pero también se tienen en cuenta el sector eléctrico y los hospitales, entre otros.

En la actualidad Minambiente elabora el inventario de los residuos peligrosos, el cual tardará años. Tampoco

existe en el país ninguna planta para la disposición de esta clase de contaminantes.

Entre tanto, el país genera y tira sin ningún tipo de tratamiento, desechos hospitalarios, corrosivos, explosivos, oxidantes, drogas vencidas, etc.

El común de la gente desconoce la magnitud del riesgo de los residuos peligrosos. En ocasiones los generadores o responsables del manejo o la disposición final no tienen conocimiento de que su actividad está relacionada con este tipo de residuos. Es frecuente el entierro de sustancias tóxicas y venenosas sin ningún tipo de control.

Los cementerios de desechos peligrosos se han detectado en varias zonas del país como Cesar, Atlántico, Magdalena, Bolívar, La Guajira y Tolima.

A nivel interno, las medidas de Minambiente son disminuir la cantidad de estos desechos mediante producción limpia; realizar el inventario de los desechos peligrosos y capacitar a las autoridades aduaneras, las cuales no saben identificar este tipo de contaminantes, para evitar que entren de forma clandestina al país (generalmente vienen por vía marítima). Fauna explotada

El abuso de la fauna en la Amazonia colombiana podría eventualmente significar, de acuerdo con Minambiente, el tráfico de 4 millones de individuos anuales.

¿Si esto es solo lo que sale del Amazonas, qué saldrá del Chocó Biogeográfico o de todo el país?

Que Colombia sea el país más rico del mundo en diversidad biológica, después de Brasil, lo hace proclive a la captura de animales vivos para el comercio local de mascotas y para la comercialización mediante exportaciones ilícitas. Sin embargo, son débiles las herramientas penales a la hora de castigar estos delitos.

La fauna y flora silvestre son sacadas y comercializadas ilegalmente fuera del país para investigaciones biomédicas y farmacéuticas; estudios etnobotánicos o fitoquímicos; como mascotas y colecciones de animales y plantas exóticas, o para consumo de carne y piel.

Este tráfico ilegal sigue surtiendo la demanda de los mercados mundiales de la moda, las excentricidades de pequeños grupos, la novedad causada a turistas y las prácticas culturales o religiosas de muchas poblaciones humanas. Debido a la clandestinidad de este negocio, son pocas las cifras que se manejan sobre este tráfico.

Entre 1992 y 1996 se decomisaron 9.622 ejemplares, entre aves (1.540), mamíferos (434), reptiles (5.781), otros (76) y sin identificar (1.791). Además, se incautaron 28.174 huevos y 2.392 kilogramos de carne.

No hay reportes de decomisos de anfibios e insectos, los cuales son muy ampliamente reconocidos como de gran atractivo en el mercado ilegal internacional de fauna silvestre.

El comercio ilegal utiliza numerosas vías fluviales y terrestres, de fauna silvestre hacia Brasil, Perú y Ecuador,

y vías marítimas y aéreas hacia Europa, Norteamérica y el Lejano Oriente.

Algunas de las estrategias de Minambiente para combatir este delito son la puesta en marcha de zoocriaderos, la caza y pesca (pero de manera sostenible) y la educación ambiental.

**Vertimientos mortales:** Entre 1986 y 2003 se han presentado aproximadamente 1.020 atentados terroristas a los oleoductos colombianos, que han generado el derrame de cerca de 2 millones de barriles de petróleo sobre ciénagas, pantanos, ríos, quebradas y suelos, la mayoría con vocación agrícola, pecuaria y pesquera.

Estas voladuras han afectado más de 70 municipios en 13 departamentos. Las áreas perjudicadas por los derrames son la zona alta de la llanura araucana, la cuenca del Catatumbo, la llanura del valle medio y medio bajo del Magdalena y Putumayo y Nariño. Los daños más graves e imposibles de cuantificar, son las nocivas consecuencias ambientales y sociales. Los efectos ambientales van desde la contaminación de los recursos y esterilización del suelo hasta el impacto paisajístico. En los ríos, los derrames impiden el paso de la luz, la acción fotosintética y el oxígeno, necesarios para preservar la vida subacuática, lo que disminuye la productividad del recurso. También se contaminan las fuentes naturales, utilizadas para el abastecimiento de agua.

Por otro lado, la menor producción y transporte de hidrocarburos, tanto por los volúmenes perdidos como

por los no producidos, conlleva una disminución en los dineros a que tienen derecho las comunidades por concepto de regalías. Estragos de los narcocultivos: El primer impacto ambiental de los narcocultivos es la deforestación de centenares de miles de hectáreas, cuya mayor y única vocación, en más de un 90 por ciento, es la protección de cuencas hidrográficas, la producción de agua superficial (hábitat de un sin número y desconocido registro de especies de flora y fauna) y la conservación de suelos de vocación forestal. En Colombia, los cultivos de coca y amapola han destruido por lo menos 340 mil hectáreas de selva tropical en la Orinoquia y la Amazonia, y de bosque andino de gran valor ecológico.

El establecimiento de una hectárea de coca significa la destrucción de cuatro hectáreas de selva amazónica, teniendo en cuenta que el fuego es incontrolado y el derribo de árboles se hace sin ninguna técnica.

El segundo impacto ambiental es la erosión y degradación de suelos que resulta al quedar estos desprotegidos de su cobertura vegetal. Luego, viene la aplicación de herbicidas, que provocan la destrucción total de la vegetación menor, que es la que evita el arrastre de partículas de suelo por acción de la lluvia, vientos o corrientes de agua. También se produce la contaminación de cuerpos de aguas superficiales por el uso indiscriminado e incontrolado de plaguicidas (herbicidas, fungicidas e insecticidas; todos ellos de alta toxicidad); la utilización intensiva de fertilizantes inorgánicos y el uso de precursores químicos altamente contaminantes, en

la producción de cultivos ilícitos y en el procesamiento de las bases de la cocaína y la heroína.

Anualmente se requieren por lo menos 200 mil toneladas de 28 clases de químicos para procesar las hojas de coca y el látex de la amapola.

Estos residuos son vertidos de los laboratorios o ‘cocinas’ a los caños y quebradas cercanas que suministran agua para los procesos de elaboración de cocaína.

Otro cuarto impacto, y tal vez más preocupante para la supervivencia futura de la humanidad, es la destrucción de unos desconocidos e invaluable recursos genéticos tanto de flora como de fauna.

Con base en la lucha que lidera Colombia contra la erradicación de los cultivos ilícitos, elabore un escrito, teniendo en cuenta la incidencia que representa esta práctica sobre el suelo, la atmósfera, fauna, flora y el hombre.

# Educación ambiental

---



**Figura 5-1**  
Educación Ambiental.

Fuente: Política Nacional de Educación Ambiental, 2007

## RESUMEN

El modelo de crecimiento económico actual ha agudizado la crisis ambiental que se empezó a gestar a partir de la primera Revolución Industrial con la multiplicación de los procesos socioeconómicos y tecnológicos.

Las soluciones no pueden venir de forma independiente, sino que deben tener un tratamiento global y más profundo. Esto significa un cambio de concepción del modelo de desarrollo y de la escala de valores que lo sustenta y exige una intervención educativa estructurada desde la educación ambiental.

Esta última se define como un proceso por medio del cual se construyen de manera permanente los conocimientos sobre el medioambiente, tanto en conceptos como en valores, actitudes y procedimientos, mediante los que se adquieren y desarrollan capacidades.

La educación ambiental implica unos objetivos y contenidos que se desarrollan a través de los diferentes proyectos educativos de los centros en el marco de la educación formal y a través de los programas realizados desde la educación no formal.

El proceso de enseñanza y aprendizaje se realiza mediante la aplicación de estrategias metodológicas y actitudes, fundamentalmente de carácter interactivo, que ponen en relación al alumno con el contenido medioambiental.

## **EDUCACIÓN AMBIENTAL**

En la sociedad actual se están agudizando problemas ya antiguos, como la contaminación, las desigualdades sociales, el racismo, etc., que responden a un modelo de desarrollo economicista, fundamentado, entre otros principios, en el de la desigualdad. Estos problemas se sitúan en nuevos contextos demográficos, económicos, culturales y políticos y ponen de manifiesto la necesidad de una intervención sistemática y profunda para transformar los fundamentos científicos y éticos en que se basa este modelo de sociedad. Por este motivo, se acepta cada vez más que la intervención sesgada desde cada uno de los ámbitos implicados en el desarrollo social no es suficiente para producir los cambios globales que exige la situación actual. Se necesita una ciudadanía concienciada y capacitada para una comprensión global de la problemática social en el presente y en su proyección en el futuro y que permita

actuar localmente. Por ello, la intervención más efectiva, a largo plazo, es la que se pueda realizar desde la educación.

Una de estas problemáticas es la medioambiental, que, desde una perspectiva global y sistemática, se interrelaciona con la mayor parte de las problemáticas sociales. Esta característica favorece la comprensión de que las interrelaciones entre el medio natural y social forman parte de un único sistema planetario, que es el que hay que cuidar.

La intervención en educación ambiental ha de tener presentes las transformaciones que se han ido produciendo en cuanto a la concepción del medioambiente, del desarrollo y de la misma educación ambiental. Este proceso ha llevado desde una concepción atomizada y compartimentada de los diferentes elementos y factores que intervienen en el medioambiente hasta una concepción sistémica del medio en que este no se puede considerar por partes. De un desarrollo concebido estrictamente como crecimiento económico se ha pasado a un desarrollo humano y ecológico en el que intervienen muchos más elementos que el económico. El resultado es una concepción de la educación ambiental interdisciplinario y global que atañe todos los ámbitos de la vida escolar en un centro educativo; supone una reflexión y un consenso colectivo, atendido a las profundas implicaciones que tendrá en todos los ámbitos de la vida escolar. Incidirá en la definición de las señas de identidad del centro y por tanto en el perfil del alumnado que se quiere formar, en los objetivos generales del centro, en la selección y secuenciación de los contenidos que se quieran priorizar, en el modelo organizativo, en la metodología y en los criterios e instrumentos de evaluación. Por

ello, como todos los ejes transversales del currículo, tiene un gran potencial transformador, no solo de lo social, sino también de la concepción de la educación, potenciando la reflexión sobre la función e incidencia que puede tener la educación en la construcción de la sociedad y fomentando las metodologías interactivas.

### **LA PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL**

La rapidez con que el mundo de hoy se está transformando no tiene precedentes en la historia. Cada vez estamos más inmersos en una dinámica de globalización que abarca desde los procesos naturales hasta los socioeconómicos, y que progresivamente nos recuerda que estamos viviendo en una “aldea global”. A pesar de tanto progreso científico y tecnológico, el abuso y deterioro de la naturaleza no tiende a remitir, sino que se incrementa progresivamente en una estrecha relación con el aumento de la pobreza para la mayoría de los habitantes del planeta.

La crisis medioambiental, gestaba fundamentalmente después de la primera Revolución Industrial con la intensificación y multiplicación de los procesos socioeconómicos y tecnológicos. Se aceleró de forma espectacular durante la segunda mitad del siglo pasado, hasta alcanzar dimensiones mundiales. A este factor económico se ha de añadir la dificultad para la comprensión humana de la complejidad de las relaciones internas entre los diferentes sistemas que conforman el medioambiente y del lugar que ocupa el ser humano en ellos.

## **Definición y esferas de interrelación del medioambiente**

La definición de medioambiente tiene diferentes acepciones. Sin embargo, desde una concepción sistémica debe hablarse como del conjunto de elementos (incluido el ser humano), de condiciones, influencias e interrelaciones que afectan a la existencia y al desarrollo individual o colectivo.

El ser humano se encuentra inmerso en tres grandes espacios o sistemas entre los que se producen múltiples interrelaciones. Uno de estos grandes sistemas es la biosfera, ya descrita en la Unidad 4.

Otro gran espacio de la sociosfera, sistema artificial creado por el ser humano para gestionar todas las relaciones con los otros grandes sistemas. Está formada por el conjunto de instituciones económicas, políticas, sociales y culturales, así como por sus propias interrelaciones y las que mantiene con los otros espacios. Este gran sistema ha ido evolucionando a través de la historia.

El tercer gran sistema, también de carácter artificial, por lo que en muchas ocasiones se incluye en el anterior, es la tecnosfera, que comprende los asentamientos humanos, los centros industriales, y de energía, las redes de transporte y comunicación, etc., y todas las innovaciones tecnológicas que se aplican.

Algunos autores hablan de un cuarto sistema, la noosfera, relacionado con el conocimiento y las ideas aplicadas a las relaciones que se establecen entre la biosfera y los seres humanos y que va cobrando mayor importancia a partir del desarrollo de las redes de comunicación internacional.

## **Transformaciones producidas en los diferentes sistemas**

La tierra está inmersa permanentemente en un proceso de cambios profundos que se producen en el seno de estos espacios o sistemas y que tienen varias dimensiones. Se pueden separar las transformaciones producidas en la biosfera de las producidas en la sociosfera y en la tecnosfera.

### **En la biosfera**

Las transformaciones que se producen en la biosfera afectan a todos sus componentes y, a diferencia de los cambios globales de otros períodos de la historia terrestre, tienen origen humano y consecuencias profundas en los sistemas sociales. Entre los cambios globales que se producen en el sistema de la biosfera destacan:

- El cambio climático.
- El agotamiento de la capa de ozono.
- La contaminación generalizada.
- La destrucción de recursos naturales.

Los aspectos antes citados no son profundizados, porque ya han sido estudiados en la Unidad 4.

### **En la sociosfera y tecnosfera**

Los cambios en la sociosfera y en la tecnosfera están intensamente relacionados con los de la biosfera. En general, se puede decir que se está produciendo un cambio social global que viene propiciado por el aumento de la pobla-

ción, el crecimiento económico y el avance tecnológico. Este cambio hace que los diferentes sistemas humanos de estas esferas (socioeconómico, político, cultural y tecnológico) y presentes en las diferentes áreas del planeta se manifiesten cada vez más interdependientes y globalizados. Algunos de estos cambios se refieren a:

- Elevadas tasas de crecimiento demográfico en los países en desarrollo, que contrastan con las tasas más bajas de los países desarrollados. Esta dinámica demográfica genera unos movimientos migratorios intra e intercontinentales que generalmente ponen de manifiesto grandes contradicciones, no solo económicos, sino también culturales. Entre otras: migraciones de zonas rurales hacia las grandes ciudades, en los países en desarrollo, con la formación de grandes bolsas de pobreza; y migraciones de los países en desarrollo a los países desarrollados, que empiezan a establecer medidas de control y mostrar actitudes de rechazo.
- Proceso de globalización de la economía mundial que se manifiesta en el incremento de las relaciones internacionales y que se concreta en el desarrollo de los intercambios de productos y servicios a escala mundial, en la colaboración entre naciones para la producción y comercialización de productos y en la internacionalización de los organismos financieros. Esta globalización de la economía induce a las empresas a aprovechar las ventajas comparativas de cada zona y por tanto a un proceso de traslado de la producción a países en desarrollo. Algunas de las razones que explican este fenómeno son: el perfeccionamiento de las técnicas y de los medios de comunicación, especialmente la informática;

la reducción de los costos del transporte en general; la utilización de mano de obra cualificada pero con salarios muchos más bajos; los impuestos reducidos y las reglamentaciones poco estrictas; la saturación de los mercados en los países desarrollados y la búsqueda de otros nuevos.

- Relaciones de intercambio desigual en el comercio entre los países desarrollados y los países en desarrollo. En esta relación la norma que se establece es que los valores de los principales productos de exportación de los países en desarrollo tiendan siempre a bajar en relación con los bienes que han de importar. Este intercambio incrementa progresivamente su deuda externa y, por tanto, su dependencia económica.
- Explotación insostenible de los recursos naturales por parte de los países desarrollados para mantener su extraordinario nivel de consumo, con graves consecuencias ecológicas para las zonas en desarrollo.
- Incremento y fomento interesado de los conflictos armados en los países menos desarrollados, con las correspondientes consecuencias sobre su población, su medio natural y su proceso de desarrollo.
- Insuficiencia de las producciones agrícolas para la alimentación en las zonas más pobres, que tienen gran parte de sus tierras productivas ocupadas por monocultivos para la exportación a los países desarrollados. Las relaciones comerciales se producen en un intercambio desigual, con unos precios a la baja marcados por las bolsas de los países desarrollados, y que contrastan con las grandes cantidades de excedentes que se destruyen en ellos.

- Elevado nivel de contaminación, generado por la industrialización y el crecimiento económico de los países desarrollados y por industria pesada y contaminante que implementan en las zonas más pobres para aprovechar las economías de localización.
- Generación de residuos tóxicos y peligrosos, en los países desarrollados, que necesitan lugares lejanos donde ser almacenados o procesados.

Las fuerzas que dinamizan las interrelaciones entre las diferentes esferas son la población, el crecimiento económico y la tecnología. A estas se deberían añadir otras, como las instituciones y organizaciones que gestionan todos los procesos, y los valores y creencias que los fundamentan ideológicamente. Así mismo, atendiendo a los cambios más significativos de la esfera social, habría que añadir una nueva fuerza, la pobreza, que, a pesar de ser consecuencia del modelo de desarrollo económico capitalista, ejerce una fuerte incidencia en el proceso de degradación social y ecológica, especialmente en las zonas más pobres del planeta.

### **Un modelo de desarrollo insostenible**

Como consecuencia de las transformaciones que se producen en las diferentes esferas, puede decirse que se va generalizando la conciencia de la insostenibilidad global de este modelo de desarrollo. Una conciencia que se fundamenta en tres aspectos esenciales: la amenaza de la destrucción del sistema biológico que pone en peligro el sistema social y la propia supervivencia humana, la seguridad de la imposibilidad de un crecimiento indefinido

dentro de un planeta limitado y, en tercer lugar, la interdependencia entre pobreza y riqueza, que genera tensiones sociales insostenibles a todas las escalas.

De continuar con este modelo, el aumento de la degradación ambiental y la expansión de la pobreza llevarían a un colapso de los sistemas y a una ruptura del orden social. En consecuencia, tanto los países subdesarrollados como los desarrollados, estos últimos con mucha más responsabilidad moral e implicación económica y tecnológica, tienen que apostar por un modelo de desarrollo alternativo capaz de asegurar un desarrollo humano y sostenible globalmente.

Se trata de “desarrollo” y no de “crecimiento”, en tanto que desarrollar supone potenciar las capacidades que permitan mejorar gradualmente. Esto implica nuevas formas de pensar y actuar.

<b>Recursos Minerales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerales</li> <li>• Hidrocarburos</li> <li>• Piedra, grava</li> <li>• Arena</li> <li>• Otros</li> </ul>	<b>No Renovables</b>
<b>Recursos Bióticos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos vivos en el suelo.</li> <li>• Elementos vivos en el agua.</li> <li>• Elementos vivos en el aire.</li> </ul>	<b>Potencialmente renovables</b>
<b>Recursos de aporte:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación solar</li> <li>• Ciclo hidrológico</li> <li>• Viento</li> <li>• Corrientes oceánicas</li> </ul>	
<b>Recursos globales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo</li> <li>• Aire</li> <li>• Agua</li> <li>• Espacio</li> </ul>	<b>Renovables</b>

**Figura 5-2**

Clasificación de los recursos naturales

## **Hacia un desarrollo humano, global y sostenible**

Desde la década de 1990 se está consolidando el concepto de desarrollo sostenible. Este no es nuevo, sino que es el resultado de una reelaboración de diversas teorías alternativas iniciadas en la década de 1970. Se puede decir que es la conjunción del progresivo desencanto sobre el modelo desarrollista, con una progresiva concienciación de la problemática ambiental. Esta concienciación ha hecho evolucionar el concepto de “desarrollo ecológico” de la Conferencia de Estocolmo (1972) al concepto de “desarrollo humano sostenible” de la Conferencia de Río (1992), aceptado por las Naciones Unidas en 1994. Este concepto se entiende como un proceso holístico, integrado e integrador de todos los elementos que conforman el medioambiente y en el que cada una de las partes solo se puede evaluar de forma significativa en su relación con el todo. Se debe recalcar que fomentar un desarrollo ambientalmente sostenible implica una preocupación por la justicia social, por la salud del planeta y por la supervivencia colectiva, acentuando el derecho de las futuras generaciones a todo ello. Derivada de esta nueva concepción de desarrollo algunos autores vuelven a poner énfasis en la necesidad de estudiar una supuesta concepción de calidad de vida que queda cuestionada, y en la redefinición de las necesidades humanas.

Así, un desarrollo humano sostenible y global supone reconocer que el desarrollo no es un concepto estrictamente economicista y que engloba múltiples dimensiones, la social y política, la natural y la cultural, junto a la económica, que pierde relevancia. Lo que también significa asumir una serie de nuevos valores humanos y de la na-

turalidad, que ayuden a armonizar el desarrollo con un sentido de justicia, equidad, responsabilidad y respeto por las identidades culturales y los derechos de las futuras generaciones.

En definitiva, sería un desarrollo para una “sociedad sostenible” capaz, de mantener unos principios éticos para lograr una nueva forma de vivir.

## **MEDIOAMBIENTE Y EDUCACIÓN**

Como se ha visto anteriormente, el concepto de desarrollo ha evolucionado hasta la actual concepción. De la misma forma, la necesidad de intervenir en el desarrollo medioambiental desde la educación también ha experimentado cambios importantes. Es imposible recoger todas las aportaciones realizadas para la educación ambiental desde los diferentes foros nacionales y desde los no menos importantes de ámbito local. Sin embargo, es imprescindible una referencia a la evolución de la educación ambiental que contenga las aportaciones de los foros internacionales más significativos.

### **Evolución conceptual de la educación ambiental**

El primer pronunciamiento sobre la necesidad de la educación ambiental, a nivel internacional tuvo lugar en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo en 1972. En esta conferencia se hizo una llamada al establecimiento de un programa internacional de educación sobre el medioambiente con un enfoque interdisciplinar y de ámbito escolar y extraescolar.

En este mismo año se crea el Plan de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA) que tendrá un papel relevante en las propuestas posteriores.

Tras comprobar la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y el PNUMA que el interés de sus estados miembros por la educación ambiental es muy desigual y que entre las necesidades más inmediatas se encuentran la elaboración de programas, la formación de personal y la creación de ayudas, en 1975, decidieron de mutuo acuerdo convocar en Belgrado el Seminario Internacional sobre Educación Ambiental. En este seminario la meta que se pretendía alcanzar estaba dirigida a mejorar las relaciones ecológicas, incluyendo la relación entre el ser humano y la naturaleza y entre los individuos. A modo de continuación de este Seminario y aprovechando el Programa Internacional de Educación Ambiental, que también habían puesto en marcha en 1975, estos dos organismos internacionales decidieron, en 1977, convocar en Tbilisi (Georgia) la I Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental. Las declaraciones y recomendaciones de esta conferencia se han convertido en una referencia para todos los interesados y estudiosos del tema.

En esta conferencia la educación ambiental se entiende como una dimensión del medioambiente y de la práctica de la educación en general. Esta se debe orientar a la prevención y a la resolución de los problemas concretos del medioambiente, siempre desde un enfoque interdisciplinar y gracias a la participación activa y responsable de cada individuo y de la colectividad.

Posteriormente, en 1987, la UNESCO y el PNUMA organizaron en Moscú el Congreso Internacional sobre Educación y Formación en Medioambiente, con la finalidad de revisar las políticas de educación ambiental y diseñar un plan para la década de 1990. En este congreso se concibe la educación ambiental como un proceso permanente de concienciación sobre el medio, en el que se adquieren conocimientos, valores, competencias y experiencias, y la voluntad para actuar en la resolución de los problemas actuales y futuros del medioambiente. Aquí se especifica que la educación ambiental es la que ha de definir los valores que se deben fomentar.

Finalmente, la Conferencia Internacional sobre Medioambiente y Desarrollo de Río de Janeiro celebrada en 1992 supuso la adopción de una estrategia global (Programa 21) como el instrumento de una política ambiental a nivel mundial. En esta conferencia se partía de las grandes disparidades en el mundo y del permanente desequilibrio en que se encuentran los sistemas naturales y sociales. Para ello se señala que la educación en medioambiente debe ocuparse del desarrollo humano, ha de fomentar la capacitación profesional para realizar actividades que tengan que ver con el medioambiente y, en general, ha de educar en unos valores humanos y ecológicos.

Con lo expuesto anteriormente, quizá no sería necesaria una definición de la educación ambiental.

Sin embargo, como síntesis de las ideas principales señaladas hasta ahora y de la evolución de las teorías sobre la

enseñanza/aprendizaje, se podría definir como un proceso a través del cual se construyen de forma progresiva los conocimientos medioambientales, tanto en conceptos como en valores, actitudes y procedimientos, mediante los que se adquieren y desarrollan capacidades. Estas han de permitir comprender, explicar y enjuiciar las interrelaciones que se establecen entre la realidad social y el medio físico y actuar consecuentemente sobre la sociedad en la que se vive.

### **La educación ambiental, según su legislación e introducción al currículo**

- 1 Nov./1783 José Celestino Mutis (Exped. Botánica).
- 1989, Simón Bolívar: reglamentó el uso explotación adecuada de bosques del territorio nacional.
- Mayo 1849, Ley 29 Agustín Codazzi: Contribuyó con el proceso de estructuralización colectiva sobre los recursos del país.
- Decreto 1279. Reglamentó la Ley 25 año/1908 se establece pago de obras con bosques. Evitar la deforestación.
- 1942, se creó Código Fiscal Nacional con ramas para el uso de bosques en terrenos baldíos y mediante Ley 119 de 1909 se creó Comisión Forestal: Clasificación de Bosques:

Leyes: Ley 25 de 1913, Ley 113 de 1928, Ley 200 de 1936, Ley 75 de 1947, Ley 135 de 1961. Se creó Ministerio de Agricultura, uso de bosques.

- 1945. Primer Congreso Forestal de Colombia (Educación al Pueblo Campesino).
- 1954 se creó la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC).
- 1968, se creó el Instituto de Desarrollo de los Recursos Renovables (INDERENA).
- Ley 23 de 1973 se creó Consejo Nacional de Población y Medioambiente.
- Decreto 2811 de 1974 el Gobierno creó Código de los recursos naturales, los renovables y del medioambiente.
- En el artículo 9 define: Que el gobierno nacional deberá incluir dentro de los programas de educación (primaria, media, técnica y universitaria) cursos regulares sobre la conservación y protección del medioambiente.

Se crea el Seminario Nacional Ambiental obligatorio para bachilleres como lista técnicos, medios o profesionales.

- Decreto 2811 de 1978 se establece la Comisión Asesora para la Educación Ecológica y del medioambiente, y en coordinación con el MEN incluyó la correspondiente ecología.
- Ley 9 de 1979 surge la legislación sobre la protección del ambiente y manejo de recursos naturales y código sanitario.
- Ley 12 de 1982 controlar la exposición territorial de las ciudades.

### **Según Constitución**

- 1991, surge la prioridad al desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, rosqueras, forestales, agroindustriales, etc. Arts. 65, 79, 80.
- Cap. 5, título II, numeral 8: Art. 336: La Constitución en el Art. 65, plantea las funciones de la educación que se plantean en el título X de la Ley 99 de 1993.
- En conjunto con el MEN a partir de 1995 en planes y programas docentes y en el pènsum que en los niveles de la educación nacional se adelantarán en relación con el medioambiente.
- La Ley 115: Ley General de Educación.
- Plantea la enseñanza obligatoria de la educación ambiental en los establecimientos, teniendo en cuenta el Art. 65 de la Constitución Nacional.
- Decreto 1743 de 1994, reglamentario de la Ley General de Educación, instituye proyectos ambientales de educación para todos los niveles de educación formal.

### **PRINCIPIOS EDUCATIVOS DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Es conocido que no hay una única ciencia que tenga como objeto de estudio todos los niveles y ámbitos relacionados con el medioambiente. Por tanto, se debería hablar de las diferentes ciencias o disciplinas que tratan estos aspectos. La educación ambiental no debería ser otra disciplina más, añadida al conjunto de las ciencias que ya se ocupan de ello. Debería llevar a comprender, proteger y transformar de forma global y equilibrada las relaciones del ser humano con su medioambiente.

Para ello se considera que ha de actuar en 3 direcciones: la de educar, <<sobre>>, <<a través de>> y <<para>> el medioambiente. Es decir, ha de procurar el conocimiento del medio, utilizarlo como recurso, y que todo el proceso educativo incida en su mejora, desde la concepción de que el ser humano forma parte de este medio.

NOTA ILUSTRATIVA. Cómo entiende la UNESCO el desarrollo social.

En la actualidad, la comunidad internacional reconoce que el desarrollo es un proceso global, idea que la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) ha preconizado durante decenios.

Más que el crecimiento económico, que es un motor y no un fin, el desarrollo es, en primer lugar y ante todo, social. Está, además, estrechamente relacionado con la paz, los derechos humanos, el ejercicio democrático del poder y el medioambiente y, finalmente, aunque no por ello menos importante, con la cultura y con el modo de vida de la población.

La única manera de lograr que el cambio se concrete en la práctica es modificar las pautas de comportamiento de toda la sociedad. Pero para transformar la conducta cotidiana de los individuos y las comunidades es necesario sensibilizar a la opinión pública sobre el carácter global y complejo de los principales problemas y promover su solidaridad.

## **PRINCIPALES METAS DE LA UNESCO**

En las esferas de competencia de la UNESCO las principales metas de la acción a favor del desarrollo social son las siguientes:

Fomentar la capacidad endógena mediante la promoción de los recursos humanos, una renovación cabal del contenido de la educación y los sistemas educativos en todos los niveles, y la transferencia y el intercambio de conocimientos en el interior de cada uno de los países y entre ellos.

Luchar eficazmente contra la pobreza y la exclusión, garantizando la participación de la población en el desarrollo social, el respeto de los derechos humanos, la formación de actitudes de tolerancia, no violencia y democracia, mediante una educación impartida desde la primera infancia y con el apoyo de las organizaciones de ciudadanos, así como el pluralismo y la independencia de los medios de comunicación.

Dar cabida a los factores culturales en unas estrategias de desarrollo equilibradas y tomar debidamente en cuenta el contexto histórico, social y cultural de cada pueblo, elementos esenciales para alcanzar el desarrollo sostenible.

Promover una visión del empleo y el trabajo como parte del concepto más amplio de “vida activa” que, además de la población, incluye actividades de solidaridad cívica, social y de esparcimiento, a fin de cimentar en este principio una sociedad solidaria.

Mejorar la calidad de vida las poblaciones rurales mediante la educación formal y no formal y la capacitación, y aumentar su nivel de ingresos, fomentando actividades productivas en los sectores del turismo cultural y ecológico, en la construcción de viviendas utilizando materiales del lugar, el desarrollo de servicios locales de salud y asistencia social y la creación de medios de comunicación comunitarios.

Promover la sensibilización hacia los problemas ambientales y la participación de la población en la utilización equitativa y racional de los recursos, con la finalidad de alcanzar un desarrollo humano sostenible y preservar los derechos ambientales para las generaciones futuras.

Aprovechar mejor y compartir de manera más equitativa, de cara al desarrollo social, esos recursos que son la ciencia y la tecnología.

Dado que el ámbito de la comunicación se ve profundamente transformado por el progreso científico y tecnológico, deben ponerse al servicio del desarrollo social las posibilidades que ofrecen las redes de comunicaciones y la computación.

Mejorar la capacidad endógena para la formulación, la evolución y la gestión de las políticas sociales, creando mecanismos de “alerta temprana” que permitan a los gobiernos vigilar la ejecución de las actividades de desarrollo social y los progresos alcanzados en el paso de la exclusión a la cohesión social.

En definitiva, la educación ambiental debe contemplar aspectos aparentemente ajenos a su ámbito específico porque de lo que se trata es de conseguir un desarrollo equilibrado a escala global y de poner en marcha los mecanismos que puedan hacerlo posible.

Desde el punto de vista pedagógico es correcto, pero este enfoque puede conducir a conclusiones erróneas si no se hace hincapié en que el ser humano es parte del medio. La biosfera no necesita protección en sí misma, es decir, la preocupación o las acciones de las personas no han de tener el objetivo último de ayudar a la naturaleza (“para” el medio), como si la naturaleza tuviera problemas o intereses propios ajenos y contrapuestos a los del ser humano. Lo que realmente está amenazado es el lugar del ser humano en la naturaleza, y lo que debe preocuparle son las consecuencias de sus acciones en el presente y en el futuro como parte del sistema global. Esto quiere decir que desde el punto de vista pedagógico se ha de intentar que realmente se comprendan las bases de los problemas ambientales y con ello que la persona es parte de un sistema global.

La educación tiene una función primordial en la concienciación y comprensión de los problemas que afectan al medioambiente, con la intención de instaurar una nueva ética del desarrollo mundial, pero también con el objetivo de fomentar actitudes positivas hacia el medio más próximo. En consecuencia, la educación ambiental debería desarrollar los conocimientos teóricos y prácticos, los valores y las actitudes que puedan mejorar la calidad del medio y

la calidad de vida de todos los habitantes, respetando el equilibrio del sistema con una perspectiva de futuro.

El análisis de la problemática medioambiental deja entrever intensas relaciones con la educación y la necesidad de una urgente intervención para la consolidación de un nuevo concepto de desarrollo, global, humanizado y sostenible. Esto lleva a un paradigma interpretativo del medioambiente, pero también de la sociedad en general, que se podría definir como humanista, ecológico y evidentemente crítico ante todos los procesos de construcción de esta sociedad. Así, las líneas de actuación de la educación ambiental también girarán alrededor de estos valores referentes.

Desde esta perspectiva global que presenta la evolución de la concepción de la educación ambiental y el paradigma en que se sitúa el nuevo concepto de desarrollo, se pueden establecer los siguientes principios educativos de la educación ambiental:

- Debería basarse en el pensamiento crítico, promoviendo la transformación y la participación en la construcción de la sociedad, al tiempo que desarrolla en los ciudadanos una conciencia local y planetaria sobre los problemas medioambientales.
- Tener en cuenta el medio natural y social de forma sistémica en todos sus ámbitos de análisis: ecológico, político, económico, tecnológico, social, legislativo, cultural, psicológico, estético y ético.
- Ser un proceso de intervención continuo y permanente, tanto en el marco escolar como en el extraescolar.

- Tener una perspectiva holística y un enfoque interdisciplinar que permitiera una comprensión y un reconocimiento de la interconexión de todos los aspectos que componen la realidad.
- Tratar simultáneamente la concienciación ciudadana y la construcción de conocimientos, hábitos, habilidades y valores específicos, con el objetivo de capacitar a las personas para tomar decisiones e intentar solucionar los problemas.
- Clarificar, orientar y reforzar el sentido de los principios éticos y de los valores ambientales, contribuyendo al bienestar de la colectividad y a la supervivencia de la especie humana.
- Hacer hincapié en una participación activa en la prevención y en la resolución de problemas. Esta debería plantearse desde el principio de la cooperación para la convivencia.
- Centrarse en la comprensión de situaciones ambientales de actualidad y en las perspectivas de futuro.

Seguro que la educación ambiental jugará un papel importante en la prevención y en la resolución de los problemas medioambientales, pero es evidente que estos proyectos no darán fruto si no se potencian otras medidas paralelas, tales como una legislación adecuada, medidas de control eficaces o el apoyo de los medios de comunicación, que puede ser decisivo. Así mismo, las medidas procedentes de las políticas de inversión en educación no formal pueden propiciar la conciencia ecológica de los ciudadanos, la comprensión de los problemas ambientales y la potencia-

ción de actitudes positivas ante el medio y el cambio social y económico.

Para poder responder a la complejidad de los problemas ambientales es fundamental transformar el sistema de conocimientos, crear una nueva epistemología y una nueva pedagogía que den cuenta de una nueva racionalidad ambiental. Analice el anterior enunciado.

El ambiente aparece como un objetivo complejo, cuya comprensión requiere acercamientos metodológicos que permitan integrar los diversos procesos que constituyen sus problemáticas diferenciadas, demandando la articulación de diferentes ciencias, disciplinas y saberes.

¿Consideras pertinente lo expuesto en el planteamiento anterior? ¿Por qué?

## **OBJETIVOS Y CONTENIDOS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Una vez conocida la problemática medioambiental, que indica donde se ha de actuar, y los principios educativos que fundamentan esta intervención y definen las características de la educación ambiental, se pueden establecer sus objetivos generales. Estos enmarcan y orientan las acciones educativas que hay que llevar a cabo.

Dar el enfoque globalizador e interdisciplinar que necesita la educación ambiental trasciende la división del conocimiento y de los currículos escolares en disciplinas o en áreas y plantea la necesidad de establecer una estrecha relación entre ellas o un enfoque diferente en la resolución de los problemas medioambientales. La necesidad de

transgredir la estructura disciplinar se puede comprobar en los objetivos generales de la educación ambiental.

### **Objetivos generales**

Uno de los primeros objetivos fundamentales es hacer comprender la complejidad de la estructura del medioambiente. Por tanto, se debería proporcionar al individuo y a la colectividad los medios necesarios para interpretar las relaciones de interdependencia entre sus elementos, tanto en el espacio como en el tiempo.

Otro de los objetivos es evidenciar la estrecha relación entre medioambiente y desarrollo. Por tanto se deberá dar una idea clara de la interdependencia económica, política y ecológica que existe en la dinámica de la sociedad. En este sentido, se pretende el desarrollo de un espíritu responsable y solidario entre países y regiones, para poder establecer un orden internacional que permita un desarrollo sostenible y más humano.

Los objetivos anteriores implican que la educación ambiental debe ayudar a construir y divulgar conocimientos científicos y técnicos, a desarrollar nuevas competencias y a clarificar y consolidar nuevos valores y actitudes, todo ello de forma interrelacionada en el proceso de aprendizaje. Es decir, los conocimientos científicos y técnicos deberán ayudar a comprender las situaciones de riesgo y de conflicto que se producen, a comprender la necesidad de los cambios de valores y actitudes y, sobre todo, a decidir el sentido de las acciones que se van a realizar. No se trata de modificar conductas de forma mecanicista, sino de capaci-

tar para la acción, y eso supone comprender el problema, estar convencido de las posibles soluciones y acciones y estar capacitado para ello.

La educación ambiental debería ayudar a clarificar y construir un sistema de valores que fundamente las decisiones que se toman, especialmente a partir del análisis de los valores e intereses que se esconden detrás de todas las situaciones de conflicto medioambiental. En definitiva, la consolidación de los conocimientos conceptuales y la clarificación de valores deberían servir para fundamentar las relaciones entre los seres humanos y su medio.

Esta fundamentación debería realizarse sobre sus principios éticos que posibiliten la mejora de las condiciones naturales y sociales del medioambiente y la creación de las condiciones adecuadas, para un desarrollo humano y sostenible.

Finalmente, se podría formular un último objetivo general de carácter metodológico. Este viene determinado por la necesidad de establecer una relación entre la sensibilización medioambiental, la adquisición de determinados conocimientos, la capacitación para resolver problemas, la clarificación de valores y la participación directa o indirecta en acciones de protección, prevención y mejora del medioambiente.

### **Dificultades de la enseñanza y aprendizaje de los contenidos medioambientales**

El desarrollo de estos objetivos generales se debe producir a través de unos contenidos y de la concreción de unos

objetivos pedagógicos. No obstante, el medioambiente, de forma sintética, aparece como el resultado de la interacción de factores biológicos, físicos, económicos, sociales, políticos y culturales, todo ello en un espacio y un tiempo determinados. Por tanto, su comprensión supone el estudio de estos elementos y de todas las interrelaciones que se establecen desde una perspectiva sistémica. Este hecho y otras características propias del medio como recurso educativo conllevan una serie de dificultades en su enseñanza y aprendizaje.

Una de las dificultades es el análisis multicausal que se deriva del análisis sistémico del medioambiente. La multicausalidad presenta más dificultades en los ciclos educativos obligatorios, por lo que se debería empezar a tratar planificadamente desde los primeros ciclos. Otro problema que se plantea, atendiendo a la parcelación disciplinar de la ciencia, es la selección y secuenciación de los contenidos. Esto obliga a pensar no en la lógica interna de las diferentes disciplinas, sino en la lógica interna que se debería seguir desde los objetivos de la educación ambiental.

Otros de los inconvenientes relacionados con la secuencia de contenidos es la complejidad de los problemas y contenidos medioambientales y la necesidad de secuenciarlos, no tan solo para las diferentes etapas educativas de la educación formal, sino también para la educación no formal. Otro problema está relacionado con el hecho de que el medio en general es el marco de las experiencias personales de los alumnos y por tanto es una fuente de

conocimiento “vulgar” muy ligado a los esquemas afectivos de las personas. Esto quiere decir que en el proceso de enseñanza/aprendizaje de contenidos medioambientales se encontrarán conocimientos o ideas previas muy difíciles de desmontar, por el hecho de estar construidas a partir de experiencias personales y de valores y hábitos sociales dominantes profundamente interiorizados. Esto supondrá, entre otras estrategias, intentar conocer la estructura de estos conocimientos previos.

Finalmente, otro de los inconvenientes, especialmente para la motivación de los alumnos, es que en muchas ocasiones las problemáticas medioambientales no se manifiestan de forma clara ni inmediata en los medios de relación o próximos de los alumnos, lo que puede provocar desinterés.

### **Objetivos pedagógicos y contenidos de la educación ambiental**

Con todos estos elementos se pueden concretar los objetivos pedagógicos y los contenidos de la educación ambiental en los que quedará integrada la relación entre medioambiente y desarrollo.

Atendiendo a la estructura de los conocimientos, y teniendo en cuenta que los objetivos generales apuntan hacia la aportación y construcción de conocimientos científicos, a la capacitación y a la clarificación de valores, los contenidos serán de tipo conceptual, procedimental y actitudinal.

• Comprender las relaciones que existen entre uno mismo y las personas de otras partes del mundo.
• Conocer y analizar los factores sociales, económicos y políticos que explican y generan desigualdades, la pobreza y la opresión y condicionan la vida en cualquier parte del planeta.
• Progresar en la comprensión y el dominio de conceptos básicos para entender el funcionamiento del medioambiente.
• Incrementar los conocimientos y las estrategias para identificar los problemas ambientales y para actuar de acuerdo con una escala de valores que tienda a su solución.
• Conocer el funcionamiento del medioambiente como un sistema complejo de interacciones que tiende a asegurar el equilibrio entre los seres vivos y el medio.
• Conocer y reflexionar sobre el papel que juega la tecnología en un desarrollo equilibrado y sostenible y sobre la importancia de su uso correcto.
• Adquirir la capacidad de observar y percibir el medioambiente de forma espontánea, libre y crítica y reflexionar sobre los datos obtenidos.
• Organizar, relacionar e interpretar los datos obtenidos de la observación del medioambiente.
• Identificar las actuaciones del ser humano, individual y colectivamente, que modifican los ecosistemas y generan problemas medioambientales.
• Conocer los peligros que amenazan el medio próximo y el planeta en general, profundizar en su análisis e investigar sobre las causas y posibles soluciones.
• Reflexionar sobre la utilización del poder para preservar el medioambiente y restablecer su equilibrio.
• Reflexionar sobre formas de compatibilizar el disfrute del medio con su conservación.
• Sensibilizar y despertar el interés y el respeto por el medioambiente.
• Comprender y utilizar la cooperación como medio para ayudar a solucionar los problemas de desarrollo y medioambientales.
• Favorecer la toma de decisiones y la intervención como ciudadanos responsables en la solución de los problemas ambientales, y en general, en la consecución de un mundo más justo.
• Relativizar el propio sistema de valores.
• Reflexionar y clarificar los valores ligados a los problemas medioambientales a la distribución desigual de la riqueza y a sus soluciones.
• Reconocer situaciones- problema y formular interrogantes sobre ellas.
• Participar en la toma de decisiones.
• Aplicar estrategias de acción a la solución de problemas concretos.
• Ser conscientes de la pertenencia de la persona al mundo natural, cuya supervivencia depende de su manera de vivir y de actuar.
• Ser solidario con el resto de la humanidad y con las generaciones futuras.

**Figura 5-3**

Objetivos pedagógicos de la educación ambiental

<ul style="list-style-type: none"><li>• Hechos, conceptos y sistemas conceptuales: dinámica de la biosfera, la energía y el medioambiente, los ecosistemas acuáticos y terrestres, las relaciones de equilibrio, la influencia del ambiente, el crecimiento demográfico y la transformación del medio, las relaciones Norte-Sur, la crisis ambiental, ámbitos de la crisis, principales problemas ambientales, la superación de la crisis, ética, desarrollo, cultura y ciencia, desarrollo humano sostenible, políticas ambientales, dimensión social de los movimientos ecológicos.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Procedimientos: técnicas de orientación espacial, confección, lectura e interpretación de planos, mapas gráficos, análisis, elaboración y lectura de representaciones de relieve, elaboración, lectura, tratamiento e interpretación de datos estadísticos identificación de relaciones causa-efecto, uso de fuentes, documentos y testimonios, observación directa de objetos, fenómenos naturales, socioeconómicos y de procesos experimentales, elaboración e interpretación de encuestas, entrevistas y fuentes orales de experiencias de laboratorio, debates y exposiciones orales, trabajos colectivos de investigación, uso de diferentes medios de información y comunicación, elaboración de síntesis e informes.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Valores, actitudes y normas: conciencia sobre la problemática ambiental a diferentes escalas territoriales, actitud crítica ante las relaciones que se establecen entre medio y el hombre, actitud crítica ante el uso de la tecnología y la repercusión en el medioambiente, respeto por el patrimonio natural, solidaridad ante los problemas ambientales, participación en la defensa, protección y conservación del medioambiente.</li></ul>

**Figura 5-4**

Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la educación ambiental

## **LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LOS PROYECTOS DE CENTRO**

Para poder llevar a cabo los objetivos planteados lo primero que se debería hacer es tenerlos presentes a la hora de elaborar los proyectos y de tomar decisiones, tanto en el centro, por etapa o por ciclos, así como en el trabajo concreto del aula. Esto supone que la educación ambiental se deberá tener en cuenta en el Proyecto Educativo de Centro (PEC), en el Proyecto Curricular del Centro referente a las etapas que corresponda (PCC) y en las programaciones de ciclo o de aula (PA).

## **El Proyecto Educativo de Centro (PEC)**

El PEC es un instrumento de consenso para una gestión coherente del centro escolar. En él se definen las señas de identidad del centro, los objetivos que se pretenden y la organización de la que se dota para llevarlos a cabo. Por tanto, el PEC recogerá los objetivos que se persiguen respecto a la educación ambiental y los aspectos organizativos que se establezcan para conseguir estos objetivos.

### **En las señas de identidad**

Si el centro educativo, en sus rasgos de identidad, se define como un centro preocupado por la problemática medioambiental y decide incorporar la educación ambiental a su proyecto, en la definición de sus principios educativos deberá considerar algunas cuestiones relacionadas con tres elementos básicos que intervendrán en el proceso de educación ambiental: el alumnado, el medioambiente y el profesorado. Evidentemente, intervendrán otros elementos que también son fundamentales, pero que se recogerán posteriormente.

Para poder desarrollar la educación ambiental en un centro, los alumnos se tienen que considerar protagonistas de su propio aprendizaje y se ha de potenciar su capacidad de tener iniciativas y dar respuestas a los problemas e interrogantes que le plantea el medio. Por tanto, también deberá entrar en contacto directo con él.

Respecto al medioambiente, los principios educativos del centro deberán recoger algunas de sus características principales:

- Es una realidad global en la que los aspectos económicos, sociales, culturales y naturales se interrelacionan de forma interdependiente y dinámica.
- Es una realidad compleja que requiere el análisis y posibles respuestas desde diferentes áreas, sin perder de vista la perspectiva global. Por tanto, ello supone un enfoque interdisciplinar.
- Es el contexto en el que se encuentra inmerso el centro escolar, por lo que este debe estar abierto a él. No se puede obviar que los medios de comunicación han modificado las dimensiones de los contextos, pudiendo ser más significativo para un alumno una problemática que sucede a miles de kilómetros que otra acontecida en la misma ciudad o comarca.
- Es un sistema del que los seres humanos forman parte, y específicamente los alumnos, con capacidad para actuar sobre el medio y modificarlo. Por ello se ha de cuestionar el tipo de relación que se mantiene con él y analizar las consecuencias que puede tener.

El papel del docente debe ser de facilitador del aprendizaje, proporcionando situaciones y experiencias enriquecedoras y ayudando al alumno a reconstruir conocimientos, clarificar los valores y actitudes y a dar soluciones a los problemas que se plantean.

### **En sus objetivos generales**

Es en el proyecto educativo, consensuado por los diferentes colectivos, donde se han de enmarcar los objetivos de la educación ambiental y que el centro habrá de adaptar

a su medio más próximo. Esta adaptación supondrá que los objetivos generales del centro posiblemente establecerán algunas prioridades en función de las características del contexto natural y social, del contexto socioeconómico, del contexto sociocultural y del nivel de calidad medioambiental.

### **En la organización del centro**

Otro campo de intervención que también ha de quedar recogido en el PEC es la organización del centro. La opción que toma un centro por una educación ambiental supone “pensar” en una organización que permita desarrollar con mayor efectividad este tipo de educación desde diferentes ámbitos. Los aspectos siguientes constituyen una relación de cuestiones organizativas sobre las que se deberán tomar decisiones:

- Recursos humanos suficientes en los momentos precisos (docentes de apoyo, salidas, asesoramientos, etc.).
- Distribución y creación de espacios nuevos y control de variables ambientales (jardín, huerto, mobiliario del patio, contaminación atmosférica, orientación de espacios, intensidad de ruidos, iluminación, circulación por el recinto, densidades, etc.).
- Utilización de los recursos existentes en el entorno y relación con las instituciones u organizaciones relacionadas con la educación ambiental: financiación económica (organización y dotación de la biblioteca y el laboratorio, dotación de otros materiales no fungibles, en especial los relacionados con el trabajo de campo y material audiovisual); flexibilidad de horarios que permitan la re-

lación e intervención en el medio con dinámicas diversas; agrupaciones flexibles de alumnos que permitan la diversidad de actividades, cauces de participación y valoración de los alumnos y medio para comunicar y difundir a la sociedad los resultados de los trabajos realizados; definición de la función de las tutorías respecto a la educación ambiental; mecanismos y cauces de integración del entorno, de la actualidad y de las propuestas de programas o actividades extraescolares.

El reglamento interno (RRI), como documento que formaliza el conjunto de reglas y normas que regulan la convivencia y el funcionamiento de los órganos del centro, también deberá tener presente la opción por una educación ambiental. De esta forma:

- Podrá incorporar “cargos” o responsabilidades relacionados con el respeto, el cuidado y la protección del medio escolar. Esto se puede llevar a cabo tanto para los alumnos como para los docentes.
- Establecerá las normas y las actuaciones ante situaciones que deterioren el medioambiente del centro o el externo, en caso de salidas escolares.
- Podrá recoger en los derechos y deberes de los alumnos los principios, valores y comportamientos relacionados con la educación ambiental, priorizados y consensuados en el centro.

### **El Proyecto Curricular del Centro (PCC)**

El desarrollo de la educación ambiental en el proyecto curricular se puede realizar siguiendo diferentes estrategias.

La mayoría de ellas corresponden a las expuestas como estrategias para el desarrollo de los ejes transversales.

- **Estrategias para organizar el currículum en las diferentes áreas**

Son básicamente las siguientes:

- Incorporación en la dinámica del aula de situaciones o problemas relevantes de actualidad relacionados con el medioambiente.
- Matización o referencia a contenidos medioambientales durante el desarrollo de una unidad didáctica ya programada y que tienen relación con ella.
- Ampliación de una unidad didáctica curricular con temas medioambientales relacionados con ella, durante un tiempo determinado.
- Desarrollo de algunos objetivos y contenidos específicos de educación ambiental en las áreas curriculares o disciplinas más afines.
- Inclusión de la educación ambiental concentrada en varias unidades didácticas en una o varias áreas, según acuerdo de los equipos de ciclos o departamentos.
- Desarrollo de temas monográficos durante varios días, como decisión colectiva, que interrumpen la dinámica normal del centro.
- Asunción de todos los objetivos y contenidos de la educación ambiental por parte de varias áreas o disciplinas que acaban modificando los suyos específicos.
- Impregnación de todas las áreas curriculares o disci-

plinas con los objetivos y contenidos de la educación ambiental. Desde el momento en que la escuela se ha definido como un centro que desarrolla la educación ambiental esto se habrá de concretar en el proyecto curricular de centro (PCC), incorporando o matizando, en este sentido, los objetivos generales de las etapas que abarque el centro. De la misma forma, desde el primer momento de la planificación se deberían validar, matizar, ampliar o modificar, en definitiva impregnar, los objetivos generales y terminales y los contenidos de las áreas curriculares con los objetivos y contenidos de la educación ambiental.

A partir de este momento aparece el interrogante de la secuenciación de los contenidos de este eje transversal del currículum (cuándo enseñarlos). Puesto que los contenidos se han integrado de las diferentes áreas, su secuenciación irá ligada a la del conjunto de las áreas. No obstante, dado el carácter interdisciplinar o sistémico de los problemas ambientales, se ha de prever la necesidad de graduar el desarrollo de estos contenidos en los diferentes ciclos, en función de su complejidad.

Si se opta por esta estrategia de impregnación también se deberá reflexionar y definir los posibles cambios metodológicos que conlleva y decidir sobre las implicaciones que puede tener en los criterios de evaluación. Así mismo, se deberán prever los recursos y materiales necesarios y pensar en la adecuación de los que ya dispone el centro.

- **Estrategias en las que la educación ambiental organiza el currículum**

Se trata básicamente de la incorporación de los objetivos y contenidos de las diferentes áreas o disciplinas a los objetivos y contenidos de la educación ambiental. Normalmente, los contenidos relacionados con la educación ambiental que recoge el currículum aparecen repartidos en torno a diferentes áreas tratando aspectos parciales y en función de los objetivos de estas áreas. Sin embargo, el medioambiente y su problemática no se ofrece como un todo integral. Así, para que el alumno llegue a comprender su medio, de forma que pueda cambiar progresivamente su relación con él, será preciso organizar los contenidos medioambientales en torno a núcleos que tengan significado para él, y a unos objetivos que respondan a las necesidades de la educación ambiental.

Es decir, que el enfoque debe trascender las áreas puesto que ha de relacionar diferentes aspectos:

- La sensibilización hacia el medio, hacia su calidad y sus repercusiones para la vida.
- La adquisición de conocimientos que además de ayudar a comprender y disfrutar el medio le permita detectar los síntomas y las causas de los problemas ambientales.
- La aptitud para resolver problemas una vez detectadas las causas que los producen.
- La clarificación de los valores que están presentes en las diferentes opciones y comportamientos, tanto a nivel individual como en los grupos sociales.

Estos núcleos temáticos se deberán adecuar a los niveles educativos y alrededor de ellos se irán estructurando las diferentes programaciones mediante la incorporación de los contenidos de las diferentes áreas.

En este documento (el PCC) debería concretar la metodología, que es otro de los campos educativos donde se ha de intervenir desde la educación ambiental. Las líneas metodológicas deberían estar caracterizadas por el contacto directo con la realidad, por la experimentación y por la investigación. Así, también han de tener una presencia importante todas las actividades relacionadas con ella que aporten la perspectiva dialéctica de causa-efecto presente en las actividades humanas a todas las escalas.

### **METODOLOGÍA, ESTRATEGIAS Y RECURSOS DIDÁCTICOS**

A pesar de que no se puede considerar que exista una metodología específica de la educación ambiental, los métodos transmisivos parecen cada vez menos útiles y desde hace tiempo se utilizan métodos más adecuados, como la resolución de problemas, la realización de proyectos o el aprendizaje por descubrimiento. En la actualidad tienen mayor protagonismo los métodos centrados en la actividad del alumno, siempre que provoquen una reconstrucción de sus conocimientos y faciliten la comunicación y la interacción en el aula.

Desde la metodología que implica el desarrollo de la educación ambiental no se puede desechar ninguno de estos métodos, pero es evidente que, dadas sus características,

se pueden considerar como más adecuados los métodos interactivos.

### **Líneas metodológicas de la educación ambiental**

Los principios o líneas metodológicas se refieren a criterios generales sobre las líneas de actuación didáctica del centro. Estos principios se derivan de los objetivos generales, sobre los que el centro habrá tomado alguna decisión, de los contenidos medioambientales y del marco teórico en que se ha situado la educación ambiental: paradigma crítico, ecológico y humanista. También se fundamenta en el aprendizaje significativo como fuente psicológica y en las aportaciones de la experiencia pedagógica, entre ellas el carácter interactivo del proceso de enseñanza/aprendizaje. No se puede olvidar el papel relevante que tiene la concepción del docente sobre la educación ambiental.

Desde la educación ambiental se trata de desarrollar la capacidad de pensar, prevenir y analizar críticamente los cambios producidos en el medioambiente y de encontrar soluciones originales y eficaces a los problemas. Por tanto, no se trata de añadir grandes cantidades de contenidos, sino de desarrollar una nueva ética para la convivencia en nuestro planeta, que es limitado, y esto influye en la metodología que se ha de utilizar.

De esta forma, la metodología de la educación ambiental debería ser experimental y dialéctica en el análisis de la realidad con la que se ha de estar en contacto. Además, debería ser activa y participativa, por lo que el hecho de haber optado por ella puede suponer un elemento de reflexión sobre didáctica en el centro.

Este enfoque, fundamental en la educación de valores, debería incorporar el análisis crítico de las situaciones problemáticas concretas, incluso empezando por el mismo marco escolar, la toma de decisiones y la resolución de problemas, muchas veces también relacionados con su contexto más próximo, la escuela, el barrio y el pueblo.

Se ha de hacer hincapié en la importancia de que los alumnos puedan generalizar o aplicar los aprendizajes a actividades de los diferentes ámbitos de su vida cotidiana (hábitos de alimentación, hábitos de transporte, comportamiento en la naturaleza, participación en campañas, etc.), con lo que se refuerza de forma importante la funcionalidad del aprendizaje y la consolidación de los conocimientos medioambientales.

### **Estrategias didácticas**

Las estrategias metodológicas o didácticas responden a la concreción de la intervención de los docentes en sus aulas, aunque muchas de ellas ya están bastante definidas por las líneas metodológicas generales. Normalmente, las estrategias metodológicas más adecuadas para el tratamiento global de la educación ambiental son las integradas en los métodos interactivos, que aparecen clasificados la mayoría de ellos como “métodos de globalización”. Los que presentan un mayor interés son: el estudio de casos y la resolución de problemas, y los trabajos por proyectos y centros de interés.

Una secuencia orientativa de los pasos que hay que seguir en el estudio de casos o la resolución de problemas es el siguiente:

- Planteamiento de un problema, motivación e indagación de las ideas y conocimientos previos. Acotación del problema y planteamiento de algunas hipótesis si se cree conveniente. Recolección y selección de información a través de los diferentes procedimientos expuestos y en función de la utilidad y significatividad.
- Organización y tratamiento de la información en función del tema y el uso posterior.
- Interpretación de la información.
- Elaboración de conclusiones con una recopilación de lo aprendido o descubierto y con la validación o no de las hipótesis. Comunicación en diferentes ámbitos.
- Propuestas alternativas. Participación y actuación.
- Reflexión y planteamiento de nuevos temas de interés o nuevos interrogantes.

Atendiendo al protagonismo de los valores en la educación ambiental no se pueden olvidar las estrategias y técnicas de trabajo en la educación de valores. Estas están relacionadas con la ampliación de información (informes, prensa, etc.), con la clarificación de conceptos (definiciones, comentarios), con la clarificación de valores (debates, análisis de valores), con el conocimiento de opiniones (encuestas, entrevistas), con la resolución de dilemas morales (definición ante conflictos), con la potenciación de diálogo (mesa redonda, asambleas), con la valoración de actitudes y comportamientos, con la profundización en las problemáticas (juegos de rol y simulación) y con la propuesta de acciones.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contextualizar contenidos y los objetivos. Es decir, asegurar la relación de actividades de enseñanza/aprendizaje con la vida real y con los problemas del entorno.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciar el conocimiento del medio natural y social, incorporarlo como recurso y propiciar que el proceso de enseñanza/aprendizaje incida en su mejora. Para ello se deberá fomentar el trabajo de campo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar las experiencias y conocimientos personales como fuente de aprendizaje.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantear situaciones en las que se relacione la realidad local con la mundial, con la intención de que los alumnos puedan pensar globalmente y actuar localmente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones de análisis y de resolución de los problemas medioambientales más relevantes de la sociedad para ayudar a interpretarlos y solucionarlos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones en que los alumnos puedan establecer hipótesis o proyecciones en el futuro de los resultados de diferentes soluciones a situaciones problemáticas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones que desarrollen la reflexión y la participación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover los valores y las actitudes de respeto para un desarrollo del medioambiente equilibrado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partir del nivel de desarrollo y de los aprendizajes y concepciones previas sobre los temas relacionados con el medioambiente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones de aprendizaje que tengan sentido para los alumnos, favorezcan el aprendizaje significativo y sean motivadoras.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilitar la participación de los alumnos en el diseño y desarrollo del proceso de aprendizaje.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la interacción en el aula fomentando el trabajo en equipo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover situaciones para desarrollar la sociabilidad en diferentes ámbitos y escalas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones de reflexión en que el alumno analice el proceso y su progreso en el aprendizaje.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorecer la comunicación y la difusión de los resultados o conclusiones de los trabajos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar situaciones de reflexión y evaluación del proceso de intervención del profesorado y sus resultados.</li> </ul>

**Figura 5-4**

Líneas Metodológicas de la Educación Ambiental

## Los recursos

Otra de las implicaciones importantes de las líneas metodológicas de la educación ambiental está en los recursos. Una posible clasificación puede ser la siguiente:

- Recursos de clase: instalación para realizar exposiciones, biblioteca de clase, mapas murales, visores de diapositivas, lupas, brújulas, archivos informativos (de conceptos, metodológico, de informes de investigaciones, de direcciones, de fotografías, de diapositivas), etc.
- Recursos generales del centro: espacios exteriores, laboratorios dotados de material, biblioteca general, taller de construcción con herramientas, sala de audiovisuales, sala de teatro, material audiovisual (magnetófonos, cámara de filmar), fotocopadoras, archivos de cartografía, computadoras y programas de computación, etc.
- Recursos externos: instalaciones y materiales existentes en la zona dependientes de diferentes instituciones o empresas y que se ponen a disposición de los centros escolares (granjas escuela, centros de educación ambiental, centros de recursos de la administración educativa, fiestas tradicionales, museos, exposiciones, espacios naturales, programas específicos de entidades o administraciones, etc.).

Un recurso que suele ir ligado a las estrategias metodológicas es el libro de texto. A los docentes siempre les queda la duda del papel que juega este recurso en la educación ambiental. Evidentemente, los libros de texto no se pueden descartar completamente y se deben considerar como un recurso importante, especialmente en el contexto educativo actual, pero no ha de ser el único. La opción que se viene planteando es que el centro desarrolla la educación ambiental de forma contextualizada a través de la elaboración y puesta en práctica de su proyecto educativo y esto supone que el colectivo debería diseñar sus programacio-

nes proveyéndose de los recursos más adecuados. Pero la práctica cotidiana en los centros hace que esta tarea sea lenta y dificultosa y, mientras tanto, acaban utilizándose los libros de texto como herramienta fundamental. De esta forma se impone una tarea colectiva, el análisis de los libros de texto u otros materiales editados para comprobar su coherencia con los objetivos del centro y, más concretamente, con los del ciclo educativo de que se trate. El análisis se puede hacer con intenciones muy diferentes, pero en este caso iría dirigido a comprobar el tratamiento que hacen de la educación ambiental y a decidir si se han de complementar, rectificar o sencillamente desechar. Para el análisis del tratamiento que se hace en los materiales editados sería conveniente seguir alguna pauta. Una propuesta es la siguiente:

- Comprobar los objetivos del material, en el caso que la editorial aporte la guía didáctica, o intentar detectarlos a partir de los contenidos y las actividades que se proponen y a continuación contrastarlos con los objetivos propuestos en el ciclo sobre educación ambiental.
- Revisar los contenidos y las problemáticas que se plantean y los conceptos que se utilizan para explicarlas.
- Analizar la secuencia y progresión de los contenidos, intentando que tengan una coherencia interna, tanto desde la lógica de los contenidos de la educación ambiental como desde la Psicología del perfil de los alumnos. Comparar, si es posible, con el tratamiento y nivel de desarrollo de ciclos o cursos anteriores. Decidir sobre su posible adecuación al grupo-clase.
- Analizar la idoneidad de las actividades en relación con

los objetivos propuestos y para la construcción de una estructura conceptual. Decidir si se pueden adaptar o completar, o si se han de diseñar de nuevo.

- Decidir la manera de utilizar los materiales editados y otros recursos didácticos.

## **LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL**

La finalidad de la evaluación es poder adecuar el proceso de enseñanza al proceso real de aprendizaje de los alumnos. Esto supone que deberá ser continua dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, a partir de todas las actividades que se realicen, y que irá dirigida a evaluar tanto el progreso de los alumnos como la intervención docente. Por tanto, evaluar el proceso supondrá efectuar en diferentes momentos: al principio de una unidad, tema o curso, a través de una evaluación inicial que aportará información sobre las estructuras cognitivas de los alumnos, que son muy importantes para detectar errores, relaciones afectivas de los conocimientos previos, etc.; durante el proceso, a partir de todas las actividades para adecuarlas progresivamente al alumno; y al final del proceso, para conocer su progreso e informar sobre él.

### **La evaluación del aprendizaje**

El aprendizaje de los alumnos se deberá evaluar en función de los objetivos y contenidos de la educación ambiental y a partir de las diferentes unidades didácticas programadas. A este respecto hay que remarcar dos cuestiones. La primera es que se han de evaluar los tres tipos de contenidos: los conceptuales, los procedimentales y los acti-

tudinales. La otra cuestión es que, atendiendo a que el aprendizaje es un proceso y que las diferentes programaciones se han de ir adaptando a él, los objetivos previstos inicialmente también se irán modificando y, por tanto, al evaluarlos se deberán tener en cuenta todas las adecuaciones de las programaciones que se han realizado. Esto supone que los objetivos que se plantean siempre como hipótesis y por tanto serán orientativos.

En los casos en que la educación ambiental se haya desarrollado mediante la impregnación de alguna área del diseño curricular o se trate de forma puntual, sería necesario incidir en la evaluación de los objetivos y contenidos propuestos. Los contenidos conceptuales se deberían evaluar especialmente en los matices o concreciones que ayudan a construir el concepto y a explicar la necesidad del contenido actitudinal. Unos criterios generales para la evaluación de la educación ambiental pueden ser: valorar los cambios de actitudes, en su capacidad de analizar los problemas y de tomar decisiones e intervenir en el medio.

Si los contenidos son los que estructuran el proyecto curricular, entonces se deberán evaluar en función de los objetivos previstos.

### **La evaluación de la intervención docente**

La evaluación del proceso supondrá analizar la intervención de los diferentes colectivos y desde los diferentes ámbitos. Por tanto, esta evaluación ha de ser de equipo, algunas veces de forma continuada a través de las reuniones de coordinación de los equipos de ciclo y otras más

puntuales, coincidiendo con los finales de unidades de programación, de trimestre o al final de curso. Así, en el aula, y en función del resultado de los alumnos, se deberá comprobar si los temas han sido motivadores y si conectan con la realidad del entorno, si las actividades se han adecuado al nivel inicial de los alumnos, al ritmo de trabajo, a las capacidades, y a los objetivos propuestos. Así mismo, se deberá revisar el papel y la actuación del docente. En el ciclo se deberá evaluar diferentes aspectos tales como la coordinación entre los profesores, el desarrollo de las tutorías, las programaciones y la metodología utilizada. En la etapa se deberá revisar todo lo desarrollado en el proyecto curricular a partir de la experiencia: en qué medida se han logrado los objetivos de educación ambiental, la eficacia de las estrategias utilizadas para introducirlas y desarrollarlas, si la selección de los contenidos ha sido adecuada y ha contribuido a sensibilizar a los alumnos en la problemática medioambiental y a resolver problemas, si los criterios o líneas metodológicas han sido operativos, y el funcionamiento de todos los elementos organizativos que se han visto implicados.

Ficha de trabajo
Horario de clases
Observación sistemática en todas las actividades, tanto individuales como en grupo.
Simulaciones y representaciones
Registros en magnetófono o video
Pruebas específicas de preguntas abiertas o cerradas
Pruebas de representaciones gráficas
Encuestas de sondeo u opinión
Análisis de producciones y representaciones, investigaciones, proyectos, exposiciones, etc.
Vistas de trabajo

Observación del comportamiento en situaciones reales
Clarificación de valores
Escalas de actitudes y valores
Resolución de problemas
Ejercicios de coevaluación
Cuestionarios de autovaloración y autoevaluación

**Figura 5-6**  
Evaluación de la Educación Ambiental

## **ELABORACIÓN DE PROYECTOS AMBIENTALES**

Uno de los aspectos más críticos en los municipios del Caribe colombiano, es la elaboración de proyectos por parte de quienes conocen mejor su problemática, o sea, los miembros de las comunidades locales. Esta ausencia de proyectos origina que no puedan canalizarse dineros de la nación o de otras fuentes de financiación, que en determinado momento puedan estar disponibles.

Por lo tanto la construcción de una cultura de metodología de proyectos es uno de los retos que deben asumir los maestros, para que sus comunidades vayan ganando autonomía y se consolide el proceso de descentralización con el concurso de todos los habitantes y actores del desarrollo local.

En sentido genérico, un proyecto es el planteamiento de algo; por ejemplo se plantea la construcción de un edificio, la ampliación de un colegio y la realización de un viaje.

Etimológicamente la palabra proyecto se deriva de los verbos latinos PROICERE y PROIECTARE que significan arrojar hacia delante. Por tanto, proyecto significa el pen-

samiento o el diseño de hacer algo, la disposición que se hace de algo, anotando todos los elementos que deben concurrir para su logro; la planeación y organización previa de todas las tareas y actividades necesarias para alcanzar algo.

Si se tienen en cuenta las diversas definiciones de proyecto, se puede deducir que todas están orientadas hacia unos componentes esenciales:

- a. El proyecto es el planteamiento de algo.
- b. En el proyecto se indican y justifican todas las actividades necesarias para obtener un determinado objetivo específico; y
- c. Las actividades se planifican dentro de ciertos parámetros de concepción, de tiempo y de recursos.

En la concepción del proyecto se aplican todos los conocimientos disponibles que manejan las personas que lo elaboran, poniendo en juego su creatividad y dando como resultado la definición de los aspectos técnicos del proyecto; posteriormente, se establece un cronograma de las actividades requeridas y un presupuesto detallado de gastos, o sea, que se fijan los aspectos básicos para su administración y control. Por último, se pueden definir la cualificación de las personas, los equipos y el apoyo logístico necesario para su ejecución.

La planeación y formulación del proyecto generalmente termina en un documento, donde se consignan las especificaciones técnicas, los cronogramas, presupuestos y

demás elementos infraestructurales que deben tenerse en cuenta para su ejecución.

El documento del proyecto tiene dos objetivos básicos, por una parte, sirve para evaluar, sopesar y decidir si vale la pena emprenderlo, y por otra, sirve como guía para la ejecución del mismo.

El Proyecto Ambiental como mecanismo para incorporar la dimensión ambiental en los currículos, logrará que los estudiantes, y la comunidad educativa en su conjunto, comprendan en su real complejidad las relaciones intrincadas que se dan en el ambiente y, se apropien de mecanismos eficaces que les permitan intervenir cotidianamente para su preservación y de esa manera garantizar el mejoramiento de la calidad de vida.

Atendiendo al planteamiento anterior ¿Qué se requiere para conseguir que el Proyecto Ambiental cumpla con este propósito?

### **Ciclo de los proyectos**

De un proyecto puede afirmarse que es un conjunto autónomo de inversiones, políticas y medidas institucionales y de otra índole diseñada para lograr un objetivo (o conjunto de objetivos) de desarrollo de un período determinado, o solucionar un problema, o satisfacer una demanda, una necesidad o un interés.

En el logro de este objetivo o un conjunto de objetivos, se incurre en costos y beneficios atribuibles al proyecto, es decir, costos y beneficios asociados a la situación con pro-

yecto contra costos y beneficios asociados a la situación en que no se hace el proyecto (situación sin proyecto).

Un proyecto puede pasar por varios estados o momentos distintos, el conjunto de estos es lo que se denomina el ciclo del proyecto. Los diferentes estados o momentos tienen una vinculación recíproca o estrecha, y siguen una progresión lógica, en la que los estados precedentes ayudan a proporcionar la base para la renovación del ciclo.

Para la descripción de los diferentes estados del ciclo se pueden utilizar términos distintos; en este módulo, se asume que el problema, necesidad o interés y el proyecto, son primero que todo, identificados (proceso de identificación) y su formación preparada (preparación) para poder tomar una decisión acerca de si vale la pena emprenderlo. Este estado o momento lo denominaremos de preinversión; sin embargo, el grado de preparación de la información y su confiabilidad depende de la profundidad de los estudios técnicos, económicos, financieros, de mercado, etc, que lo respalden.

Los proyectos en el estado de preinversión pueden pasar por las etapas de idea, prefactibilidad y factibilidad.

También es clave la participación activa de la comunidad afectada por el problema en el estado preinversión, porque es quien mejor conoce su situación y de esa manera se genera un sentido de pertenencia que es decisivo para el éxito del proyecto.

Dependiendo de su complejidad, los proyectos pueden pasar o no por todas las etapas definidas en la preinversión, pero una vez tomada la decisión de su ejecución, se pasa al estado de inversión (también llamado de ejecución o construcción) en el cual se materializan las obras y/o las acciones. Posteriormente tenemos el estado de operación del proyecto, aquí se brindan todos los bienes y servicios para los que fue diseñado. Los estados de inversión y operación pueden no ser secuenciales porque después de comenzar la operación del proyecto se pueden estar realizando inversiones.

### **Etapas de la preinversión**

La idea de un proyecto puede surgir como respuesta para la satisfacción de una necesidad o interés, de un plan de desarrollo, de otros proyectos o de su rentabilidad financiera y social y económica. En esta etapa se debe identificar el problema (o problemas) que se requiere resolver mediante la ejecución del proyecto e identificar las ideas para la solución (alternativas).

Estas ideas deben someterse a una prueba de identificación y si son razonables, proceder a prepararlas y evaluarlas a nivel de perfil. En esta etapa, la preparación y evaluación del proyecto se basa en información secundaria (tales como proyectos similares, mercados y beneficiarios); con ella se pretende, por lo general, tomar una decisión: ¿debe acometerse el proyecto?, ¿debe abandonarse?, ¿debe postergarse?, ¿debe estudiarse más a fondo porque es relativamente complejo? Si el proyecto se abandona o se posterga termina allí su ciclo. Si debe estudiarse más a

fondo, se pasa a las etapas de prefactibilidad. Pero, la información del proyecto a nivel del perfil es suficiente para decidir financiarlo, pasará, entonces a la segunda fase o sea la inversión.

Durante la etapa de prefactibilidad se evalúan las alternativas no descartadas del proyecto, se asignan los recursos necesarios para los estudios adicionales (de demanda, de oferta, de mercado), que permitan una mayor certeza en la decisión. Finalmente deberá recomendarse la ejecución de una sola de las alternativas en forma unívoca. Especialmente, los grandes proyectos requieren de la etapa factibilidad, donde se contratan estudios de mayor oportunidad para reducir al mínimo la incertidumbre en la selección de la alternativa más apropiada.

### **Identificación del proyecto**

El propósito de todo proyecto de inversión pública es resolver un problema o necesidad que se le presente a un sector de la población, razón por la cual su identificación precede a la presentación del proyecto.

Para analizar el problema por solucionar o la necesidad o interés por satisfacer se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Cómo se manifiesta en la actualidad el problema o necesidad que se quiere solucionar con el proyecto. Tenga en cuenta que el problema puede estar asociado con la calidad, cantidad y oportunidad de los bienes o servicios ofrecidos a la comunidad, o con el desempeño de una

entidad u organización. Se debe tener claridad sobre el problema planteado y no confundirlo con la posible solución. Por ejemplo, si un determinado municipio está dirigiendo sus descargas a una fuente de agua, el problema no es que no exista planta de tratamiento antes de la descarga, el problema es el deterioro que la descarga está causando al recurso y la imposibilidad del consumo humano y/o agrícola del recurso aguas abajo.

Inicialmente, realice un diagnóstico de la situación problemática, este debe ser una conclusión del análisis que se realice de los antecedentes.

La respuesta a la pregunta ¿por qué hacerlo? se constituye en la justificación del proyecto, que remite necesariamente a una explicación que manifiesta la importancia, significado, viabilidad e interés que tiene el proyecto y el motivo que lo determinó.

Describa la población y/o la zona afectada y población objetivo del proyecto; esta se define como el conjunto de personas o elementos a los cuales se les pretende solucionar el problema o necesidad a través del proyecto. Especifique la zona donde reside esta población, esto es la región, departamento, municipio, y localidad (corregimiento, vereda, barrio, comunidad, inspección de policía o punto reconocido).

Defina los objetivos del proyecto, exprese los resultados esperados en términos de indicadores y sus correspondientes metas (en cantidad, tiempo, y si es posible, calidad). Esta información facilitará la evaluación y posterior verificación del logro de la situación deseada.

A continuación plantee las distintas alternativas para solucionar el problema o satisfacer la necesidad o interés. En el ejemplo anterior se puede plantear la construcción de unas lagunas de oxidación para tratamiento primario o de aguas residuales o, construir una planta de tratamiento de aguas residuales.

El paso siguiente es escoger una de las alternativas. Explique las razones técnicas, sociales, culturales, ambientales, legales, institucionales o de otra índole, por las cuales se selecciona esa alternativa.

En caso de existir una sola alternativa, descríbala e identifique las razones que tiene para considerar que no hay más.

Una vez identificado y descrito el proyecto puede asignársele un nombre, el cual debe responder a las preguntas siguientes: ¿qué se va a hacer? ¿Sobre qué? y ¿dónde?

Ejemplos de proyectos: Dotación de textos para el Colegio José Eusebio Caro de Pedraza-Magdalena; Capacitación de docentes de Educación Básica Primaria del municipio de Puerto Colombia; Arborización del Colegio Mixto de Bachillerato del municipio de Campo de la Cruz.

### **Preparación del proyecto**

#### ***Componentes o actividades***

Describir el producto del proyecto, o sea, el bien, servicio, cambio en calidad, etc., resultantes de los componentes, que permitirá el logro del objetivo del proyecto. Expresar

la unidad de medida del producto y establezca la meta en términos de cantidad, calidad, lugar y tiempo.

Siguiendo con el ejemplo, en el municipio que decide la construcción de una laguna de oxidación para el tratamiento primario de sus aguas negras, y posibilitar la recuperación de los estándares de calidad del agua de la fuente, el producto podría ser los metros cúbicos de agua tratada, su indicador y meta podría ser el número de metros cúbicos de agua tratada, su indicador y meta podría ser el número de metros cúbicos de agua tratada en las lagunas de oxidación.

El producto de un proyecto se logra gracias a la realización de unos o varios componentes. Una vez definido el producto, debe nombrar todos los componentes que se requieren para la realización del proyecto (obras, de infraestructura física, capacitación, dotación, asistencia técnica, operación, etc.).

Siguiendo con el ejemplo, los componentes del proyecto necesarios para obtener el producto (metros cúbicos de agua tratados), podrían ser las obras físicas (adecuación del terreno, construcción de las lagunas de oxidación, canalización de vertimientos, etc) y la operación del sistema de tratamiento. También, se podría tener un componente de apoyo, que incluya estudios de suelo, diseño de obras y educación ambiental.

Determine una unidad de medida que permita cuantificar el componente y la meta esperada, considerando a la vez el tiempo en el que se espera llegar a cumplir con dicha

meta. En el ejemplo, para el componente de obras físicas, el indicador y su meta podría ser el número de lagunas de oxidación construidas.

En todo caso, se debe incluir como componente el mantenimiento y/o la administración (operación) del proyecto.

Relacione cada componente y, de considerarlo necesario, desagreguelos en las actividades más representativas. Recuerde que las actividades son las acciones necesarias para obtener, a partir de los insumos o recursos, los componentes del proyecto.

Para algunos proyectos es difícil la desagregación en componentes y, en cambio, se facilita su desagregación por actividades. En estos casos trabaje la información que se solicita a nivel de actividades.

### ***Costos del proyecto***

Para presentar el flujo anual de costos del proyecto, a cada componente o actividad asígnele el costo total, para uno de los años del proyecto, distribuyéndolo en el año o años requeridos para su realización. Adicione un rubro llamado otros para aquellos costos que no incluyó en los componentes y/o actividades.

Se sugieren las siguientes indicaciones para la determinación de los costos:

- Valores a precios de la fecha en la cual se prepara el proyecto, independientemente del año en el cual se van a realizar las actividades de cada componente.

- No incluya incrementos por inflación, aunque realice las actividades en años futuros.
- Indique todos los costos en miles de pesos.
- Tenga en cuenta todos los insumos, mano de obra calificada, materiales y equipos necesarios para la realización de cada actividad. Es importante asignarle un costo al aporte de la comunidad, bien sea en materiales, mano de obra, equipos, etc.
- Tenga cuidado de no duplicar los costos entre las diferentes actividades o componentes.
- Recuerde incluir como costos del proyecto solo los costos incrementales, es decir, aquellos que no se estaban causando antes y que debido a la realización del proyecto se empiezan a causar. A manera de ejemplo, si el proyecto es una ampliación de la infraestructura de un colegio, solo se incluyen los costos de mantenimiento de la infraestructura nueva y no los de la anterior.
- Cuando sea necesario llevar a cabo diseños o estudios de preinversión, se deben incluir.

### ***Financiación del proyecto***

Presente el nombre de los entes que colaborarán en la financiación del proyecto, especificándolos de acuerdo a los componentes o actividades del proyecto. Tenga en cuenta las condiciones establecidas por estas, en términos de gastos, componentes y/o actividades susceptibles de financiar.

Absténgase de incluir entidades con las que no haya concertado previamente su participación en la financiación del proyecto.

### **Esquema para la realización de un proyecto**

A continuación se presenta una propuesta de los aspectos a desarrollar para la presentación del documento de un proyecto. Es conveniente ser lo más exhaustivos posible, porque de esa manera se podrá vaciar su proyecto en cualquiera de los formatos que requieran las respectivas secretarías de educación para su aval y/o las distintas entidades que puedan ser financiadoras del mismo.

Es importante aclarar, que el esquema aquí presentado no significa que el proyecto se debe diseñar con esta secuencialidad.

1. Denominación o Título
2. Introducción
3. Justificación
4. Marco Institucional o Social
5. Objetivos
  - 5.1 Objetivo General
  - 5.2 Objetivos Específicos
6. Destinatarios
7. Estudio de Alternativas

8. Componentes o Actividades
9. Presupuesto
10. Cronograma
11. Administración
12. Financiación
13. Evaluación

## **1. DENOMINACIÓN O TÍTULO**

Se refiere a la descripción precisa del proyecto, debe dar una idea clara de lo que trata dando respuesta a las preguntas: ¿qué se va a hacer, sobre qué y dónde?

## **2. INTRODUCCIÓN**

Describe cuál es el problema que requiere algún tipo de solución; cuáles son sus causas, los efectos o repercusiones: cómo evolucionará el problema si no se hace nada por resolverlo; qué soluciones anteriores o cercanas han existido; dónde está ubicado el problema geográficamente; describe los principales beneficios del proyecto.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

¿La solución al problema está contemplada en algún plan o política?; ¿por qué es importante solucionar el problema?; ¿a quién le interesa?; en otras palabras, ¿por qué se debe ejecutar el proyecto?

#### **4. MARCO INSTITUCIONAL O SOCIAL**

Si el proyecto es de orden institucional, aporte información sobre la organización responsable del mismo, si forma parte de políticas y prioridades de aquella.

Si es propiciado por personas de una comunidad, o por estudiantes y docentes de un plantel se puede plantear un marco social que se refiera a los aspectos económicos, organizativos, institucionales, políticos, etc., de la comunidad en general, particularmente en el caso en que el proyecto se constituya en una experiencia participativa y compartida por la comunidad.

#### **5. OBJETIVOS**

Los objetivos son los resultados finales esperados mediante las estrategias consideradas y con los recursos previstos. Los objetivos están relacionados con la solución del problema, o sea, con el cambio esperado en la situación general de la población.

##### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Debe indicar claramente lo que espera lograr como resultado de todo el proyecto y bajo qué condiciones (tiempo y estrategia general).

##### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Son los resultados concretos del proyecto que integrados deben conducir al logro del objetivo general y dan pautas para la evaluación del proyecto. Es necesario establecer

relación y coherencia entre el problema identificado y los objetivos generales y específicos.

## **6. DESTINATARIOS**

De las personas o elementos afectados por el problema, ¿a quiénes va orientado el proyecto?, ¿a todos?, ¿a una parte?, ¿cuál? Describe las principales características de la población objetivo, considerando aquellas que sean importantes para aclarar el problema que se está estudiando (situación socioeconómica, características culturales, etc.).

## **7. ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS**

Las alternativas son las diferentes formas de solucionar un problema o de satisfacer una necesidad o un interés.

Describe cuáles serían las principales características de cada una.

## **8. COMPONENTES O ACTIVIDADES**

Describe el producto del proyecto. Expresa la unidad de medida del producto y de ser posible establece su meta esperada en términos de cantidad, calidad, lugar y tiempo. Describe los principales componentes o actividades del proyecto (alternativa seleccionada) estableciendo para cada uno el indicador con el cual se puede realizar el seguimiento de estos.

## **9. PRESUPUESTO**

Determina el costo por componentes o actividades. Para el caso del presupuesto de obra se puede discriminar en obras físicas, maquinaria y equipos, mano de obra no calificada y otros.

El presupuesto de costos de operación se puede especificar en insumos y materiales, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, mantenimiento y administración.

## **10. CRONOGRAMA**

Estima el tiempo necesario para ejecutar cada una de las actividades del proyecto, con el fin de determinar el tiempo total de las diferentes fases del mismo.

## **11. ADMINISTRACIÓN**

Para la ejecución del proyecto, se van a manejar recursos de diferentes características, como de personal, materiales, económicos, de tiempo, etc., por lo tanto se requiere de la utilización de las funciones administrativas de planeación, organización, ejecución y evaluación. Dependiendo de la complejidad del proyecto se especifica el organigrama, el manual de organización, los niveles de autoridad y el manual de procedimientos.

## **12. FINANCIACIÓN**

Es necesario tener en cuenta de dónde y cómo se van a conseguir los fondos para costear el proyecto, estos pueden ser fondos propios, o recursos provenientes de las comunidades, ingresos por servicios que genere el proyecto, prés-

tamos, donaciones, transferencias del presupuesto de la Nación, fondos departamentales o municipales, corporaciones autónomas regionales, organizaciones no gubernamentales, etc.

### 13. EVALUACIÓN

Especificar cómo se va a evaluar cada uno de los componentes o actividades del proyecto.

#### **EJEMPLO DE PROYECTO AMBIENTAL QUE PUEDE SER IMPLEMENTADO POR UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA**

##### **Nombre del proyecto**

Aprendamos a reciclar

##### **Identificación del plantel**

COLEGIO:	
NATURALEZA:	
207aturalm:	
DEPARTAMENTO:	ATLÁNTICO
MUNICIPIO:	BARRANQUILLA
NÚCLEO No.:	
DIRECCIÓN:	
TELÉFONO:	
JORNADA:	
No. DE CURSOS:	
TOTAL ESTUDIANTES:	
AÑO ACADÉMICO:	
RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN No.:	
RECTORA:	
TITULAR DEL PROYECTO:	

## **Introducción**

Este proyecto consiste en brindar una educación ambiental en el Colegio como en sus alrededores; detallando actividades y programas que pretendan sensibilizar a la comunidad educativa de la importancia que tiene vivir en un ambiente sano, donde se permita conservarlo para las generaciones futuras y de esa manera garantizar el mejoramiento de la calidad de vida.

Uno de los problemas más serios de las grandes ciudades es la recolección de los desechos sólidos.

Los desechos sólidos, también conocidos como basuras, pueden estar mezclados desde desperdicios químicos, radiactivos, cenizas, residuos de gas, residuos de alimentos preparados, residuos cerámicos, etc. Y pueden clasificarse en dos grandes grupos: orgánicos o biodegradables e inorgánicos o no biodegradables.

Las basuras orgánicas o biodegradables son las que se reciclan; es decir, son los desechos que se vuelven a integrar al ciclo natural, mediante un proceso cuidadoso que permite convertirlos en un producto útil para los seres vivos; ejemplo de basuras orgánicas tenemos: papel, cartón, residuos de frutas y verduras, residuos de carnes, telas naturales, residuos de plantas, maderas, heces fecales, etc.

Las basuras inorgánicas o no biodegradables son aquellas que son difíciles o no se pueden volver a integrar al ciclo natural; porque la naturaleza no degrada normalmente lo

que ella no ha sintetizado, ejemplo de ello tenemos: tuberías metálicas, el hule, recipientes de aluminio, envases plásticos, los detergentes, recipientes de lata, etc.

### **Justificación**

El proyecto ambiental surge como cumplimiento a la enseñanza de la ecología en la Educación Básica, tal como lo determina la Ley General de Educación, Ley 115, el creado Ministerio del Medioambiente, Ley 99 de 1923 y el Decreto 1793 del 3 de agosto de 1994, quien instituye el Proyecto Ambiental Educativo para todos los niveles de Educación Formal, o informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medioambiente.

Todos ellos primordialmente surgen de la necesidad de buscar soluciones ante las problemáticas ambientales (especialmente en lo que respecta al problema de las basuras) que afronta nuestro país Colombia, nuestro Departamento del Atlántico, nuestra ciudad Barranquilla y aún más específicamente nuestro Plantel educativo.

Es por eso conveniente y necesario la puesta en marcha de un proyecto, que permita buscar alternativas para el cuidado de los recursos naturales a través del reciclaje de papel, el cual evita la propagación de la tala de árboles y por el contrario, fomenta en los estudiantes actividades positivas que le permiten mantener un ambiente limpio de basura en su lugar de trabajo.

## **Objetivos**

### *Objetivo General*

Implementar la educación ambiental en el ámbito institucional como una alternativa de solución a los diferentes problemas detectados en el plantel y su entorno y que han sido generados por las comunidades que lo habitan.

### *Objetivos Específicos*

- Sensibilizar a los estudiantes del plantel ante la problemática ambiental viviente con respecto a la tala de bosques.
- Fomentar actitudes en los estudiantes, que le permitan mantener un ambiente limpio de basuras en su lugar de trabajo.
- Implementar la técnica de reciclaje de papel, como mecanismo de control de los desechos sólidos orgánicos en la Institución.
- Realizar manualidades donde se valore la utilidad del papel reciclado.

## **Actividades programadas a desarrollar**

Dentro de las actividades a desarrollar durante la ejecución de este proyecto “reciclaje de papel” se tienen:

- Conformación del Comité Ecológico, integrado por dos estudiantes de cada grado de educación básica.
- Los integrantes del comité deberán recibir una charla referente al manejo del papel reciclado y la utilización

de este; para lo cual se requiere de la participación de una empresa privada como lo es PAZ VERDE.

- Una vez recibida la charla y las indicaciones pertinentes, cada representante o vocero del comité indicará lo aprendido a sus compañeros de clase.
- Cada grado debe encargarse de reciclar y realizar una actividad en particular, así es, primaria se encargará de la realización de bolsas para regalos como también fól-deres, los de secundaria y media se encargarán de rea-lizar álbumes, esquelas, libretas, tarjetas, revistas, etc.
- Una vez obtenido el producto y de haberle dado múl-tiples usos, se comercializarán los productos dentro y fuera de la Institución, con el fin de recaudar fondos para la realización de otros proyectos ambientales.
- Al finalizar el año lectivo cada curso mostrará a manera de exposición al público los diseños elaborados por cada uno de los niveles y se premiará a los mejores trabajos expuestos.

## **Recursos**

### *Recursos Materiales*

- \* Cajas recolectoras \* Licuadora
- \* Bastidores de madera \* Anjeo Plástico
- \* Pinza para ropa \* Papel Absorbente
- \* Balde \* Anilina
- \* Fécula de maíz \* Tachuelas

### *Recursos Humanos*

- Estudiantes de Básica Primaria, Secundaria y Media.
- Docentes del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Directores de grupo.
- Instructores de Paz Verde.
- Cuerpo Administrativo.
- Padres de Familia.

### *Recursos Institucionales*

- Institución Educativa.
- Entidad de Apoyo.
- Secretaría de Educación

### **Criterios de evaluación**

La evaluación será periódica, basada en las actividades realizadas (recolección del papel, clasificación del papel, elaboración del producto y diseño del producto), utilizando como método evaluativo la observación directa y la participación de la comunidad educativa.

Para cada una de las actividades, el comité ecológico se reunirá en asocio con el docente responsable del proyecto para analizar las falencias o mejoras que presentaron dichas actividades.

Se tendrá como evidencia dentro de los criterios evaluativos la toma de fotos, para realizar posteriormente pósteres, evidenciando así la realización de este proyecto.

## **Elaboración de papel ecológico**

Procedimientos:

- Tomar una cantidad suficiente de papel bond y se corta en cuadritos (diez del más pequeño posible).
- Medir un litro y medio de papel picado (en la licuadora).
- Calentar en la estufa 6 litros de H<sub>2</sub>O con 2 cucharadas de maizena.
- Agregar a la mezcla de maizena el papel picado (se toma la mezcla y se lleva a la licuadora).
- Pasar a un recipiente ancho.
- Agregar la anilina.
- Introducir el bastidor en la mezcla.
- Dejar reposar unos 20 segundos.
- Levantar uniformemente con el fin de filtrar la mezcla.
- Retirar al bastidor los chinchas que sujetan al anjeo.
- Llevar el anjeo sobre una toalla.
- Encima de la pulpa, colocar papel bond y pasar el rodillo, para sacarlo (este procedimiento se realiza hasta que quede seco).
- Retirar el anjeo, y dejar la pulpa sobre el papel bond.
- Dejar secar en un lugar liso.



**Figura 5-7**

Elaboración de papel ecológico. a. Picado del papel. b. Vertido del agua caliente con fécula de maíz. c. preparación de la pulpa, mediante el licuado. d. Vertido de la pulpa. e. Colado de la pulpa a través del tamiz. f. Secado del papel. g. Producto final.

Fuente: Inspiration, 2018

---

# Dinámica de poblaciones

---

## RESUMEN

El estudio de las poblaciones es de un interés especial, en razón de que la población es la unidad principal, más no la única involucrada en evolución.

Una población como cualquier otro nivel de organización, tiene una serie de propiedades importantes que no comparte con los niveles adyacentes (el organismo, por un lado, y la comunidad, por el otro). Los cambios que reciben los efectivos de una población de organismos vivientes a lo largo del tiempo se denominan dinámica de población. Estos cambios se dan en el tamaño (número de individuos que constituyen un abasto de genes), la densidad (número de individuos por unidad de área), la estructura etánea (proporción relativa de individuos de cada edad que se encuentran en una población), la dispersión de población (patrón general según el cual los miembros de una población están dispuestos a través de su hábitat). Las poblaciones presentan fluctuaciones o cambios que pueden ser:

Cambios estacionales en el volumen de la población, regidos en gran parte por los cambios estacionales en los factores del medio o fluctuaciones anuales provocadas por factores extrínsecos (temperatura, lluvias), pero también por factores intrínsecos (depredación, enfermedades, etc.), que a menudo se conocen como oscilaciones o ciclos.

La ecología de poblaciones opera de la manera de una personalidad desdoblada, por virtud de estudiar las poblaciones como agregados de individuos, y se calcula la densidad de población y otros parámetros (ejemplo, cambios en el número de individuos, teniendo en cuenta: natalidad, mortalidad, inmigración y emigración) con base en el supuesto implícito de que todos los individuos son equivalentes.

Los factores que regulan el crecimiento de una población son: factores dependientes de la densidad, en los cuales el efecto sobre la población varía con su densidad, y factores independientes de la densidad, los cuales no dependen de la densidad de la población, por tanto su efecto es constante.

## **DINÁMICA POBLACIONAL**

Las poblaciones sufren cambios en su tamaño, densidad, dispersión y distribución de edad en respuesta a cambios en las condiciones ambientales, como exceso o escasez de alimento u otros nutrientes. Estos cambios en las propiedades de las poblaciones se llaman dinámica poblacional.

## **CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES**

Se denomina población al conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un territorio o espacio determinado. Una población como cualquier otro nivel de organización tiene una serie de propiedades importantes que no comparte con los niveles adyacentes (el organismo, por un lado, y la comunidad por el otro).

Los elementos fundamentales de la población son los organismos individuales, que potencialmente pueden reproducirse. Se puede subdividir a las poblaciones en demes

o poblaciones locales, que son grupos de organismos que se reproducen entre sí, siendo además la unidad colectiva más pequeña de una población animal o vegetal. Los límites de una población, espaciales y temporales, son vagos y en la práctica usualmente los fija arbitrariamente el investigador. La población tiene diversas características de grupo, que son medidas estadísticas no aplicables a los individuos, tales como el tamaño, la densidad, la distribución territorial.

### **Tamaño de la población**

Es el número de individuos que constituyen un abasto de genes de una población. Su tamaño afecta la capacidad de sobrevivencia de una población dada. Las poblaciones muy pequeñas fácilmente pueden llegar a la extinción. Pueden morir más individuos de los que nacen debido a la incapacidad de los integrantes en edad reproductiva para encontrar parejas.

Dichas poblaciones también pueden llegar a la extinción cuando todos o la mayoría de los individuos que quedan, mueran por enfermedad, depredación o algún acontecimiento catastrófico.

Los individuos genéticamente cercanos también pueden cruzarse en las poblaciones pequeñas, lo que puede conducir a elementos débiles o malformados, a una reducción en la diversidad genética necesaria para adaptarse a los cambios en las condiciones ambientales. Por otra parte, cuando el tamaño de la población llega a ser demasiado grande, muchos elementos pueden no ser capaces de

obtener recursos suficientes para sobrevivir a o ser blancos más fáciles para los depredadores.

### **La densidad**

La densidad está definida como el número de individuos por unidad de área o de volumen en un momento dado. Esto puede variar en el tiempo para algunas poblaciones debido a las características sociales, conducta en el apareamiento, cambios en las estaciones y otros factores. La densidad de población afecta también la capacidad de sobrevivencia de la misma. Altas densidades de población, pueden hacer a los individuos más susceptibles a enfermedades. Por otra parte, altas densidades poblacionales, como las encontradas en los bancos de peces y grandes manadas de animales en apareamiento, pueden proporcionar protección para algunos individuos por la seguridad en los números.

La determinación de la densidad es importante, puesto que la influencia de una especie en un ecosistema depende en gran parte de esta.

La densidad se puede expresar de la siguiente manera:

$$D = \frac{N}{E}$$

(N) representa el número de individuos de la población y; (E) el espacio o el volumen, ocupado por los individuos que forman la población

El tamaño de las poblaciones varía en relación con el tiempo. Normalmente puede presentarse un ingreso de

nuevos individuos como consecuencia de nacimientos e inmigraciones, así como una pérdida a causa de la muerte y emigración. Por ejemplo, en un censo realizado sobre la población de garzas, en un área determinada se encontraron, en el año de 1989, mil individuos; diez años más tarde se encontraron 500 individuos.

Como puede observarse el número de individuos varió en relación con el tiempo. Siempre que la cantidad de alguna cosa varía en relación con las unidades de otra, se habla de tasa o rata.

Matemáticamente se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Dónde:

$r$  = cambio de la densidad o de crecimiento

$\Delta N$  = cambio en el número de individuos

$\Delta t$  = cambio en el tiempo

(N) representa el número de individuos de la población y;

(E) el espacio o el volumen, ocupado por los individuos que forman la población.

o sea:

$$r = \frac{500 - 1000 \text{ garzas}}{1999 - 1989}$$

$$r = \frac{-500 \text{ garzas}}{10 \text{ años}}$$

$$r = -50 \text{ garzas/año}$$

Además del concepto de densidad, es importante definir y distinguir los conceptos de densidad bruta y densidad específica o ecológica.

La densidad bruta se refiere al número, a la bioma de individuos de la misma especie por unidad de espacio total.

La densidad específica o ecológica se refiere al número o a la biomasa de los organismos de la misma especie por unidad de espacio o hábitat, es decir, el área realmente apropiada para que viva una especie, la cual podría ser menor que el espacio total, que puede incluir sitios no aptos para que la especie viva, como palos, piedras u otros objetos.

Para determinar la densidad o volumen de una población, se emplean varios métodos dependiendo si se va a identificar la densidad absoluta de una población (p.ej. en números por Km<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>) o la densidad relativa de una población (es decir, que el área x tiene más organismos que el área y).

### ***Medición de la densidad absoluta***

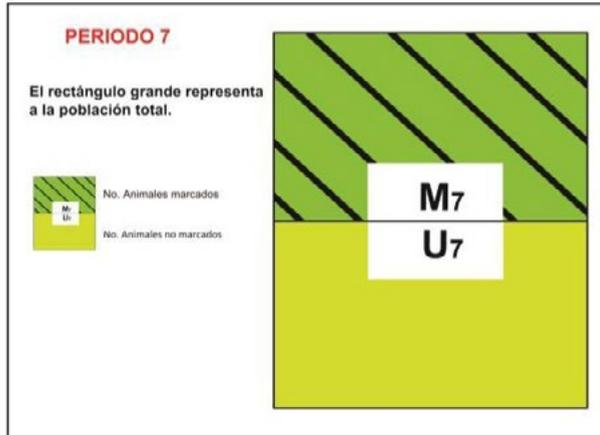
1. Conteos totales. La forma más directa de calcular el número de organismos que viven en un área es contarlos (tal es el caso del censo de población humana). Otros ejemplos adecuados corresponden principalmente a vertebrados; las aves territoriales como es el caso de la bandada de “pisingos” (*Dendrocyna autumnalis discolor*) la especie residente de pato silvestre de la zona del Parque Nacional Natural Isla de Salamanca (Caribe colombiano) son susceptibles de conteo del

número de machos del área.

2. Métodos de muestreo. Es el recuento de una pequeña porción de la población y usar esta muestra para estimar el total. Son dos los métodos generales de muestreo:
  - a. Uso de cuadrantes: se cuentan los individuos de varios cuadrantes de tamaño conocido y se extrapola el promedio al área general. Un cuadrante es simplemente un área de muestreo de cualquier forma. La confiabilidad de esta técnica depende de 3 factores: 1) se debe conocer con exactitud la población de cada cuadrante; 2) hay que saber con precisión el área de cada cuadrante y; 3) los cuadrantes deben ser representativos del área total. Es factible ejemplificar este procedimiento de estimación de la manera siguiente: si se cuentan 19 individuos de una especie de tortuga los “terecayes” (*podocnemis unifilis*) que habita en el Parque Nacional el Tuparrol-Llanos Orientales) en una muestra de suelo de 1/10m<sup>2</sup> es factible extrapolar que hay 190 tercayes /m<sup>2</sup> de superficie de suelo.
  - b. Método de captura-recaptura. La técnica de captura, marcado, liberación y recaptura es importante, ya que permite no solo estimar la densidad sino también el “índice de natalidad” y el “índice de mortalidad” en la población que se estudia.

Hay diversos modelos que se pueden emplear con el método de captura-recaptura pero básicamente dependen del siguiente razonamiento: si se capturan animales, se marcan y liberan en 2 o más, ocasiona en un momento

dado, la población consistirá en algunos animales “marcados” y otros no marcados. Como se ilustra esta situación para un período o intervalo de tiempo arbitrario 7:



Los individuos marcados ( $M$ ) quizás fueron capturados y marcados en el muestreo previo, o en cualquier momento anterior a él. Dada esta situación, es necesario saber dos cosas para estimar el tamaño total de la población: 1) el número de animales que está vivo ( $M$ ); y 2) la proporción de la población total que está marcada (la proporción es:  $M/M + U$ ). Por ejemplo, si hubo 500 animales marcados y son una tercera parte de la población total, esta última debe ser de 1500 individuos.

Para estimar el segundo componente se calcula la proporción de la población total que está marcada mediante un muestreo aleatorio (contendrá la misma proporción de animales marcados que en la población total):

$M_e$  = Animales marcados que se capturan en el periodo 7

$M_m$  = Animales marcados presentes

Pero no capturados en el período 7

Acto seguido, es necesario estimar el tamaño de la población marcada, que disminuye de un período de muestreo al siguiente por virtud de la muerte y la emigración de los individuos marcados. Esto último es más difícil, pero se efectúa en la misma forma general que el cálculo precedente. A continuación se considera únicamente la población marcada ( $M$ ), segmento que incluye dos tipos de animales marcados, como se muestra en las líneas siguientes:



Siempre hay algunos animales marcados a los que no se recaptura y una porción de ellos reaparecerá en muestreos ulteriores. Por ejemplo, en nuestro caso hipotético algunos individuos podrían haber sido marcados en el período 6, no aparecer en el 7 y ser recapturados en el 8. Tales individuos quedarían incluidos en la mitad inferior del rectángulo.

Es necesario saber dos cosas para estimar el tamaño de este rectángulo: 1) el número de animales marcados que realmente se recapturaron ( $M$ ) y, 2) la proporción de ani-

males marcados que realmente fueron recapturados (la relación:  $M_c/M + M_m$ ). Ya se tiene el primer dato, dado que se trata simplemente de conteo de los animales marcados a los que se recapturó. Son diversas las formas en que se puede estimar la proporción (punto 2) y ello da origen a diversos modelos de estimación.

Un tipo sencillo de estimación de la población es el que se conoce como método de Petersen. Este último consiste en solo 2 períodos de muestreo: período 1 = captura, marcado y liberación y período 2 = captura y verificación de marcas. El intervalo transcurrido entre las 2 muestras debe ser breve, ya que este supone que no agregan a la población nuevos individuos entre los períodos 1 y 2.

$$\text{Población estimada} = \frac{\text{tamaño de la población marcada}}{\text{Proporción de la proporción marcada}}$$

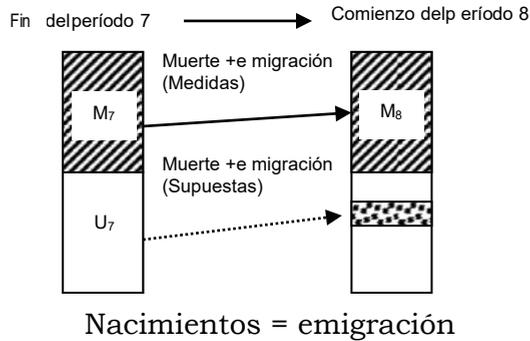
Este procedimiento de censo es sencillo por el simple hecho de que se conoce directamente el tamaño de la proporción marcada.

El método de captura se basa en 3 supuestos decisivos:

1. Se capturan aleatoriamente los animales marcados y no marcados.
2. Los animales marcados están sujetos al mismo índice de mortalidad que los no marcados.
3. No se pierden o pasan por alto las marcas.

Por lo general no se está interesado en una sola estimación de la población, por lo que se pone en práctica el método de marcado y recaptura durante varios meses o años, es decir, se efectúa un censo múltiple.

Es posible estimar el “índice de natalidad” y el “índice de mortalidad” de una población al mismo tiempo que se hace lo propio con su tamaño. La esencia de este procedimiento es la siguiente: se consideran dos muestras de la población, obtenidas mediante la técnica general de estimación recién delineada. Se tienen estimaciones de la población marcada al final del período 7 ( $M_7$ ) y al comienzo del período 8 ( $M_8$ ), y ahora también se conoce el tamaño de la población total en cada uno de estos períodos:



La población marcada si acaso habrá disminuido, como consecuencia de muertes y emigración, entre los períodos 7 y 8. (La población marcada puede aumentar solo durante un período de muestreo cuando se marcan animales que no estaban marcados). Se define al índice de supervivencia como el porcentaje de animales que sobreviven en un intervalo dado:

Índice de supervivencia (%)

$$IS = \frac{M_8}{M_7} \times 100$$

Por ejemplo, supongamos que se estimaron 500 animales marcados al fin del período 7 y 400 al comienzo del período 8. En consecuencia:

$$\begin{aligned} \text{Índice de supervivencia} &= \frac{400}{500} \times 100 \\ &= 80\% \text{ por unidad de tiempo} \end{aligned}$$

Al “índice de mortalidad” (o más correctamente, índice de pérdidas, ya que incluye la emigración) se lo define simplemente como:

Índice de pérdidas = 100 % - índice de supervivencia

Estos índices se aplican al intervalo de tiempo entre los períodos 7 y 8, y si este último es de un año, el índice de supervivencia estimado será de 80 % anual.

Se calcula indirectamente el “índice de nacimientos”, al que más comúnmente se denomina índice de disolución, ya que incluye inmigración y nacimientos. Se supone que el índice de supervivencia estimado para los animales marcados se aplica también a los no marcados, lo cual se muestra en el diagrama y se ejemplifica numéricamente.

A partir de las técnicas recién descritas, se ha obtenido una estimación de población para el período 7 (1500 individuos) y, repitiendo el procedimiento entero, para el período 8 (1400 individuos). Se tiene también una estimación del tamaño de la población marcada al fin del período 7 (500 individuos) y al comienzo del período 8 (400 individuos). En el siguiente cuadro se muestran estos valores:

PERIODO 7 PERIODO 8			
Animales marcados	500	400	Por lo tanto, índice de supervivencia = 0.80
Animales no marcados	1000	(800)	Supervivencia estimada
Estimación de la población total	1500	1400	Por lo tanto, disolución = 200 animales nuevos

Si se emplea el índice de supervivencia observado, se tendrán 1200 animales en el período 8 como sobrevivientes de los que estaban presentes en el período 7. Es evidente que han aparecido 200 animales nuevos por virtud de nacimientos o emigración, y esta es la “disolución”.

El principio empleado aquí se resume en la ecuación siguiente:

Tamaño total de la población = Tamaño total de la disolución - muertes

En el tiempo  $t + 1$

Población en el tiempo  $t$

En el supuesto de que se conozca cualquiera de las tres variables de la ecuación, es factible determinar la cuarta por substracción.

Es posible estimar las poblaciones de algunas especies, como los escarabajos cavadores de túneles, si son susceptibles de estimación mediante el método de los cuadrantes o las técnicas de captura-recaptura. Enumere algunas ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos.

### ***Medición de la densidad relativa***

La característica sobresaliente de todos los métodos de medición de la densidad relativa es la recolección de muestras que representa alguna relación más o menos constante pero desconocida respecto del tamaño total de la población.

En estos términos, no permiten disponer de una estimación de la densidad, sino de un índice de abundancia más o menos preciso. Son muy numerosas las técnicas de este tipo y, a continuación se enumeran solo unas cuantas:

- 1. Trampas:** Incluyen las de ratones, diseminadas por el campo: de luz, para insectos voladores nocturnos, de hoyo en el suelo, para escarabajos; de succión, para insectos voladores, y redes para el plancton. El número de organismos atrapados dependerá no solo de la densidad de población, sino también de su actividad, amplitud de movimientos y la capacidad del investigador para colocar las trampas, de modo que estas últimas pueden ofrecer solo una estimación aproximada de la abundancia.
- 2. Número de mojonos:** Se ha empleado esta técnica para liebres, venados, ratones de campo y conejos. El conocimiento de número de mojonos en un área y el índice promedio de defecación por individuo permite estimar el tamaño de la población.
- 3. Frecuencia de vocalización:** Se puede utilizar el número de cantos de faisán escuchados en un espacio de 15 minutos, temprano por la mañana, como un índice del tamaño de la población de faisanes.

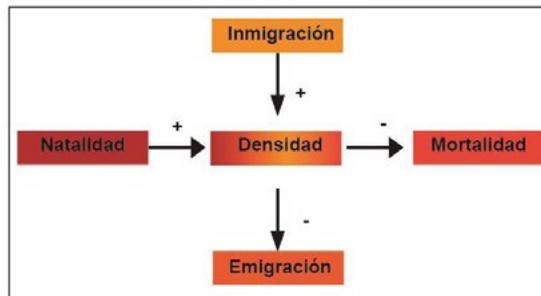
- 4. Registros de las compañías peleteras:** Se han empleado los registros del número de animales capturados por los cazadores para estimar los cambios de población en diversas especies de mamíferos y algunos de estos registros se remontan a siglo y medio.
- 5. Captura por unidad de esfuerzo pesquero:** Se puede emplear esta medida como un indicador de la abundancia de peces, p. Ej., el número de peces capturados por 100 horas de pesca de arrastre.
- 6. Número de dispositivos:** Se puede emplear el conteo para los organismos que dejan huella de sus actividades, p. Ej., las chimeneas de lodo del langostino cavador de túneles, los nidos de las ardillas en los árboles o las envolturas de las pupas de insectos que sufren metamorfosis.
- 7. Cuestionarios:** Se han enviado cuestionarios a cazadores deportivos o profesionales para que estimen de manera subjetiva los cambios en la población. Esta técnica es útil solo cuando resulta necesario detectar grandes cambios de población en animales de tamaño suficiente para que sean advertidos tales cambios.
- 8. Cobertura:** Los botánicos han empleado como medida de la densidad relativa al porcentaje de terreno cubierto por una planta.
- 9. Frecuencia:** Se ha utilizado como medida de la abundancia relativa al porcentaje de cuadrantes que una especie dada está presente.
- 10. Capacidad de alimentación:** Es posible medir la cantidad de cebo que ingieran ratas y ratones antes y después de envenenarlos, a efecto de tener un indicador de cambio de densidad.

**11. Conteos de carretera:** Se puede emplear como indicador de la abundancia el número de aves de rapiña observadas al recorrer una distancia estandarizada.

La utilidad principal de la densidad relativa es ser complemento de los censos directos y detectar cambios de gran cuantía en la densidad de población.

### ***Parámetros de población***

Los parámetros de población vinculados con cambios en la abundancia guardan la interrelación siguiente:



Estos cuatro fenómenos (natalidad, mortalidad, inmigración y emigración) son los parámetros primarios de población. Al preguntar por qué ha disminuido o aumentado la densidad de una especie dada, en realidad se trata de indagar cuál o cuáles de estos parámetros han sufrido modificaciones.

### **Tasa de nacimientos o natalidad**

La tasa de nacimientos o natalidad es el porcentaje al cual los individuos nuevos se agregan a la población mediante la reproducción.

La natalidad de una población es sencillamente el aumento inherente que experimenta por efecto del ritmo normal de reproducción. Es necesario diferenciar dos aspectos de la reproducción. El concepto de fertilidad o nivel real de nacimientos en la población o su número y se le debe diferenciar de fecundidad que es la capacidad potencial o física de reproducción en una población.

La natalidad máxima es la producción teórica máxima, a la cual una población podría llegar en condiciones ideales. Cuando hay factores limitantes, la natalidad ecológica no es más que un aumento de la población en ambiente físico específico.

El ritmo de crecimiento no es constante ya que está limitado por los factores ambientales y no por factores fisiológicos como ocurre con la natalidad máxima.

La natalidad puede medirse y expresarse como el número de individuos producidos en una población, en relación con el tiempo, y se expresa:

$$N = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

o sea:

$$N = \frac{\text{Número de individuos producidos}}{\text{Cambio en el tiempo}}$$

Con un ejemplo sencillo se ilustra la forma como se determina la natalidad. El ritmo de nacimiento para una población de conejos que produce 120 conejos por mes, es de cuatro conejos por día.

$$N = \frac{\text{Número de individuos producidos}}{\text{Cambio en el tiempo}}$$

$$N = \frac{120 \text{ conejos}}{30 \text{ días}}$$

$$N = \text{nacen } 4 \text{ conejos/día}$$

Es factible expresar el índice de natalidad como el número de individuos que nacen de cada hembra por unidad de tiempo. La medición del índice de natalidad o nacimientos depende en gran medida del tipo de organismo que se estudie; algunas especies se aparean una vez al año, otras lo hacen varias veces en el mismo período, y otras más lo efectúan de manera continua. En igual forma, unas producen muchas semillas o huevos, y otras, unos cuantos. Por ejemplo, una sola ostra puede generar 55 a 114 millones de huevos, al tiempo que los peces comúnmente desovan en número de miles, y las ranas en cientos. Es usual que los pájaros depositen entre uno y veinte huevos, y mamíferos pocas veces tienen camadas mayores de diez individuos, y en la mayor parte de los casos incluyen solo uno o dos. La fecundidad guarda relación proporcionalmente inversa con los cuidados que los progenitores prestan a sus descendientes.

### **La mortalidad**

El término mortalidad hace referencia al número de individuos que mueren, por unidad de tiempo. Hay mortalidad mínima teórica cuando el número de individuos que mueren es el que se presenta normalmente cuando las condiciones son ideales y no está presente ningún factor limitante; los individuos mueren por envejecimiento.

La mortalidad ecológica o real –la pérdida de individuos en condiciones ambientales dadas– es, como la natalidad ecológica, un valor variable en función de la población y las condiciones ambientales.

Se reconocen dos tipos de longevidad: la fisiológica y la ecología. Podría definirse la longevidad fisiológica como la longevidad promedio de los individuos de una población que viven bajo condiciones óptimas; en otras palabras, los individuos mueren por virtud de la “senescencia”. Por otra parte, la longevidad ecológica, es la longevidad promedio empírica de los individuos de una población bajo condiciones dadas; y la diferencia respecto de la fisiológica se basa en el hecho de que son pocos los individuos que en realidad llegan a la senectud.

Puesto que la mortalidad varía mucho con la edad, como sucede con la natalidad, sobre todo en los organismos superiores, las mortalidades específicas en todas las etapas de ciclo de vida son de enorme interés, ya que permiten al ecólogo determinar las fuerzas que determinan la mortalidad absoluta, global de la población. El cuadro de vida, proporciona en forma sistemática un panorama completo de la mortalidad en una población; se trata de un instrumento estadístico creado por los estudios de poblaciones humanas.

Raymond Pearl fue el primero que introdujo el cuadro de vida a la biología general, cuando lo aplicó a los datos obtenidos mediante estudios en el laboratorio sobre la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*.

El cuadro de vida consta de varias columnas, cuyos encabezados son algunas anotaciones estándar: ( $l_x$ ), número de individuos que sobreviven de una población (de 1000 individuos o cualquier otro número conveniente) a intervalos regulares (día, mes, año, mismos que se anotan en la columna  $x$ ; ( $d_x$ ) número de organismos que mueren durante las intervalos sucesivos; ( $q_x$ ), tasa de muertes o mortalidad durante los intervalos sucesivos (en términos de población inicial al comienzo del período); y ( $e_x$ ) expectativas de vida al término de cada intervalo.

Edad (años)	Edad como % de desviación respecto a la duración promedio del indiv.	Número de muertos por potencia 1 de edad por cada 1000 indiv.	Número de sobrevivientes	Mortalidad por millar de indiv.	Expectativas de vida
$x$	$x$	$d_x$	$l_x$	$q_x$	$e_x$

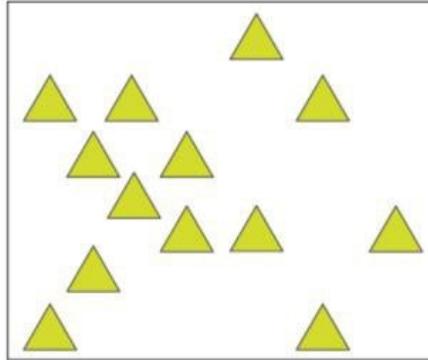
**Figura 6-1**

Cuadro de vida.

### Distribución espacial de los individuos

Los individuos que conforman una población pueden presentar diversos modelos de distribución territorial como respuesta a un conjunto de diversas influencias, tales como la búsqueda de alimento y de condiciones físicas favorables, o las relaciones de competencia. Las distintas maneras en que los individuos se distribuyen en el espacio, por lo general, son las siguientes:

- a. Distribución al azar** en la cual la posibilidad de que un individuo se encuentre en cualquier lugar, es la misma que aquella de que se halle en cualquier otro lugar; este tipo de distribución también se denomina “acumulada en núcleos”.

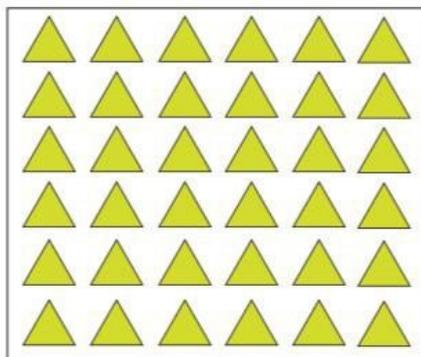


**Figura 6-2**

Distribución al azar.

Fuente: Propia del autor, 2018

- b. Distribución regular** en que los componentes se distribuyen más uniformemente que al azar, tal como el maíz en un maizal.

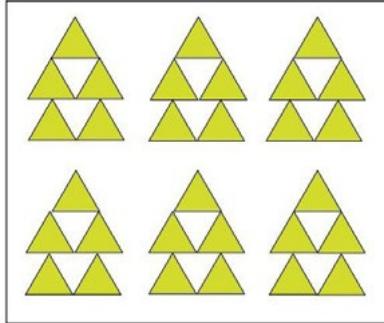


**Figura 6-3**

Distribución regular de la población.

Fuente: Propia del autor, 2018

**c. Distribución agrupada** (la más común de la naturaleza), en que los individuos u otros componentes se distribuyen más irregularmente que al azar, como por ejemplo, un grupo de plantas originada de una reproducción vegetativa, una bandada de aves o la gente de una ciudad.



**Figura 6-4**

Distribución amontonada o agrupada.

Fuente: Propia del autor, 2018

Uno de los criterios para la competencia entre especies es el siguiente: “las especies estrechamente vinculadas que posean áreas mutuamente excluyentes entrarán en competencia en la zona de contacto de dichas áreas”. Analice este criterio con relación a los factores que limitan la distribución.

### **La supervivencia**

Suele definirse supervivencia como la proporción relativa de individuos de cada edad que se encuentran en una población. Con frecuencia, se dividen en las categorías prerreproductivas, reproductiva y posreproductiva. Una población con gran proporción de individuos en las categorías prerreproductiva y reproductiva, posee un potencial alto para un crecimiento rápido, especialmente si la

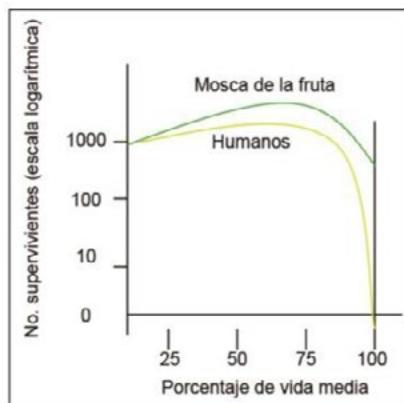
mayoría de los elementos del grupo de edad prerreproductiva sobreviven lo suficiente para reproducirse.

La supervivencia de una especie depende de las presiones ambientales. Si no existieran factores ambientales limitantes, se esperaría una supervivencia del cien por ciento, dentro de su máxima duración de vida.

La supervivencia se puede graficar si se tiene en cuenta el número de supervivientes por mil, contra el tiempo y en esta forma se obtiene la curva de supervivencia.

Desde el punto de vista ecológico, las curvas de supervivencia son de tres tipos principales:

**a. Curvas convexas.** Se caracterizan por cuanto la mayor parte de los individuos tienen una duración de vida aproximadamente igual y mueren, por lo regular, en un intervalo de tiempo corto; por ejemplo, el caso de la mosca de fruta (*Drosophila melanogaster*), el hombre y otros mamíferos.

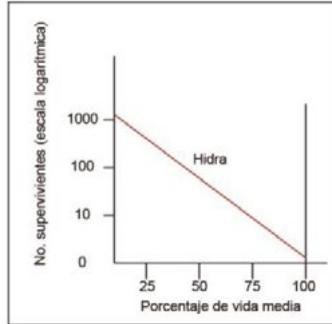


**Figura 6-5**

Ilustración de curvas convexas aplicada a la mosca de la fruta.

Fuente: Propia del autor, 2018

- b. Una recta.** Una curva de este tipo mantiene constante el índice de mortalidad a lo largo de todo el período de vida, como es el caso de la hidra.

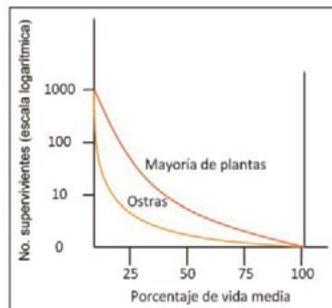


**Figura 6-6**

Índice de mortalidad de la hidra.

Fuente: Propia del autor, 2018

- c. Curvas cóncavas.** Se caracterizan porque sirven para representar a los individuos con alto índice de mortalidad durante las fases juveniles. Se observa este hecho en las ostras, animales vulnerables a la depredación luego de la cría. Por esta causa, la curva de supervivencia baja. Porcentaje de vida media considerablemente al principio, en tanto que las larvas, se fijan al sustrato apropiado y en esta forma sobreviven largo tiempo.



**Figura 6-7**

Proceso de mortalidad de las ostras.

Fuente: Propia del autor, 2018

Lo más importante al hacer el estudio y análisis de las curvas de supervivencia, está en poder conocer la edad en la cual una especie es más vulnerable y establecer al mismo tiempo medidas de control.

### **Dispersión de la población**

La dispersión de población se refiere al patrón general según el cual los miembros de una población están dispuestos a través de su hábitat. El patrón de dispersión más común es el agrupamiento; por ejemplo, una bandada de aves, un banco de peces. Con menos frecuencia, los individuos de una población pueden estar dispersos al azar o regularmente en su hábitat.

La dispersión de los individuos de una población, puede darse hacia adentro o hacia fuera de su hábitat. Cuando el movimiento es hacia fuera se denomina emigración y hacia dentro inmigración. Cuando el desplazamiento se hace en ambos sentidos se denomina migración.

La emigración afecta la forma de crecimiento local de la misma manera que la mortalidad; la inmigración complementa estacionalmente la natalidad y mortalidad.

Es necesario tener presente que cuando la dispersión se hace masivamente, produce efectos sobre el tamaño de las poblaciones, pues estas últimas quedan reducidas al salir un buen porcentaje de los individuos que la integran. Por medio de la dispersión, nuevas áreas despobladas son colonizadas. Esto permite un intercambio genético y la aparición de nuevas especies.

Las aves acuáticas migratorias constituyen ejemplos clásicos. La tortuga de mar también utiliza el desplazamiento a larga distancia, como respuesta a la adaptación, a la abundancia estacional de alimentos y a la puesta de huevos en lugares muy distantes. En el pacífico colombiano, frente a la Isla Gorgona, migran regularmente ballenas de giba (*megaptera novaeangliae*); a menudo hembras con neonatos o lactantes.

Las plantas pueden migrar a otras áreas, pero esto requiere décadas o siglos.

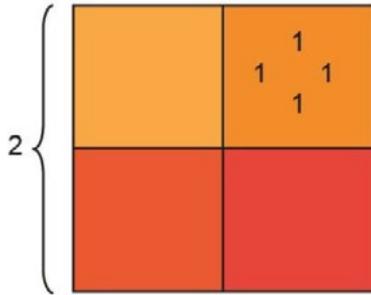
Aparte de la organización social y de los mecanismos evolutivos de la conducta migratoria, la dispersión de un organismo está influida por las barreras naturales como montañas, desiertos o un área acuática muy extensa.

### ***Medición de la dispersión***

Pocas veces se mide la dispersión (inmigración y emigración) en los estudios de población. En la mayor parte de los casos se supone que los dos componentes son iguales o que se trabaja con un hábitat semejante a una isla, en que revisten menor importancia.

Se ha indicado ya al analizar las técnicas de captura-recaptura que es posible medir el índice de pérdidas (muertes + emigración) y el índice de disolución (nacimientos + inmigración). Es factible separar los nacimientos de la inmigración, y la muerte de la emigración, si se muestrea adecuadamente un área, en la forma general que se indica

a continuación (Jackson, 1939). Se dibuja el área muestreada como un gran cuadrado dividido en otros cuatro más pequeños. El tamaño de estos últimos debe ser tal que el índice de dispersión no sea demasiado elevado, lo cual dependerá por supuesto del tipo de organismo que se estudie:



Cuadrado grande: perímetro = 8 unidades

Área = 4 unidades cuadradas

Cuadrados chicos: perímetro = 4 unidades

Área = 1 unidad cuadrada

Los índices de mortalidad y natalidad deben ser los mismos, sujetos a errores de muestreo, en los cuadrados pequeños y grande. Sin embargo, los de inmigración y emigración de los cuadrados pequeños deberán ser el doble de los correspondientes al cuadrado grande, en caso de que la dispersión tenga lugar aleatoriamente en todas direcciones, lo cual se deriva de que el perímetro de los cuadrados pequeños es del doble, respecto a su área, por comparación con el cuadrado grande. En estos términos, se aplican las técnicas descritas antes a efecto de estimar el índice de pérdidas y el de disolución para los dos tamaños de cuadrados, y se termina con dos ecuaciones simultáneas:

Cuadrado grande: índice de mortalidad + índice de emigración (del cuadrado grande) = 15 % mensual (por ejemplo)

Cuadrados pequeños: índice de mortalidad + 2 (índice de emigración = 20 % mensual (del cuadrado grande).

Una vez efectuada la resta, se obtienen las siguientes estimaciones para el cuadrado grande:

Índice de emigración = 5 % mensual.

Índice de mortalidad = 10 % mensual.

Es factible separar el índice de nacimientos del de inmigración, con base en el mismo procedimiento.

De manera menos formal es posible obtener una idea aproximada del monto de la emigración y la inmigración a partir de observaciones en animales marcados de dos áreas adyacentes, por observación del número de ellos que se mueven entre dichas áreas.

**NOTA ILUSTRATIVA. Migración de las aves.**

Las aves que se desplazan a través de largas distancias cuando llega la estación fría se conocen como aves migratorias. En el hemisferio norte, las aves emigran hacia las regiones meridionales cuando se aproxima el invierno y regresan a las septentrionales para criar. En el hemisferio sur esta situación se invierte, debido a la diferencia en la sucesión de las estaciones a lo largo del año.

Las aves migratorias constituyen alrededor de la tercera parte del número total de las especies de aves existentes. Algunas recorren en sus desplazamientos distancias de hasta 15000 kms, como por ejemplo las golondrinas, que llegan en sus vuelos hasta Sudáfrica. Sin embargo, otras como el papamoscas collarino, el zorzal común y el ave fría, realizan vuelos cortos y no se alejan de Europa Occidental. En ciertas especies, en particular algunos zorzales, la migración es parcial y afecta únicamente a determinados individuos o a uno de los sexos (generalmente las hembras).

La fecha de partida de estas aves varía de forma considerable. Las zancudas por lo general lo hacen en julio, mientras que la mayoría de las insectívoras parten en agosto y septiembre, y las granívoras y aves de presa aún más tarde.

Las aves migran fundamentalmente para conseguir alimento, cuando este escasea en las regiones en que habitualmente viven. Por esta razón, se dirigen hacia las zonas cálidas donde la comida abunda y donde la mayor cantidad de horas de luz permite a los animales disponer de más tiempo para buscarla. El estímulo concreto que las impulsa a partir se desconoce, pero se piensa que tal vez sea una combinación de factores hormonales y factores externos (cambios en la temperatura, por ejemplo).

El modo de orientación de estas aves es todavía un misterio, pues aunque parece demostrado que las que vuelan de noche se guían en sus desplazamiento por la

posición de las estrellas y las que no lo hacen de día, por la del sol, quedan todavía numerosos factores por explicar, como por ejemplo, por qué los papamoscas vuelan año tras año a anidar al mismo lugar del que partieron. Los vuelos siguen unas rutas más o menos invariables, que se han determinado mediante el anillamiento de las aves. Este consiste en colocar en la pata del animal un pequeño anillo de aluminio, de 0,1 g de peso, con un número y una dirección o clave. Cuando ese pájaro se captura en un lugar muy alejado, se envía el anillo a la sociedad ornitológica correspondiente con la localidad y fecha de captura del ejemplar y de esta forma se determinan numerosos detalles valiosos, como la ruta que el ave ha seguido, la velocidad de vuelo, la edad, etc. Así se ha estudiado el trayecto de muchos millones de aves y se han confeccionado mapas muy completos con las rutas migratorias de las mismas. Estos métodos de anillamiento comenzaron en el siglo pasado (XX), por lo que la migración de las aves fue durante mucho tiempo considerada como un misterio.

NOTA ILUSTRATIVA. Ballenas jorobadas en los mares del planeta



**Figura 6-8**

Ballena Yubarta o Jorobada (*Megaptera novaeangliae*), frente a la Isla Gorgona. Pacífico colombiano.

• Fuente: Ecoturismo, 2017

Habita todos los mares del planeta, pero de manera estacional. Durante el invierno de las latitudes altas se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales donde se reproduce y en el verano regresa a las regiones polares donde se alimenta. Debido a la oposición de las estaciones climáticas entre los hemisferios, mientras las del sur se reproducen las del norte se alimentan. Entre junio y noviembre llegan a las costas del Pacífico colombiano a reproducirse.

La ballena jorobada es muy fácil de reconocer: tiene un cuerpo robusto, aletas grandes y unas hileras irregulares de conspicuos nudos carnosos, cada uno de los cuales tiene uno o dos pelos erizados, en la trompa y a lo largo de la mandíbula inferior. La forma de su cuerpo difiere de otros baleonópteros, como el de la ballena de aleta: la cabeza es más ancha y su rechoncho y robusto cuerpo se adelgaza abruptamente hacia la cola. Las aletas tienen también una distinción, angostas, y cerca de  $1/3$  del largo total del cuerpo, con ondas irregulares a lo largo del margen frontal.

La ballena jorobada es negra arriba, con cantidades variables de blanco abajo. Las partes inferiores de las aletas y de la cola son casi blancas. Las barbas tienen cerca de tres pies de largo, son negras, con cerdas negras o negro-olivo; hay de 300 a 320 placas a cada lado de la mandíbula superior. La aleta dorsal baja, es triangular, pequeña y se asienta muy abajo en el cuerpo, a cerca de  $2/3$  de la distancia de la cabeza. Los lóbulos tienen un pronunciado corte y una forma irregular en los márgenes traseros. Tiene un par de bufaderos ventosos sobre su

cabeza y una distintiva protección redonda en la punta de su quijada inferior. Hay aproximadamente 20 surcos a todo lo largo de su garganta y pecho. Su chorro es una columna extendida, de alguna manera con forma de globo y acompañada de un resoplido de vapor. El chorro puede elevarse a una altura de 6 metros.

Es considerada la más acrobática de las ballenas. Puede saltar del agua, panza arriba, arquearse hacia atrás y sumergirse de nuevo al agua con la cabeza por delante. Este hábito de abrirse paso es uno de los rasgos más distintivos de la ballena. También golpea la superficie con su cola o le pega al agua con sus aletas, haciendo un fuerte sonido con el aletazo. Cuando se clava a profundidad, arquea fuertemente su lomo y expone su cola sobre la superficie del agua.

También es conocida por su canto. Esta especie es muy vocal y puede crear una amplia variedad de sonidos que son hilados para formar juntos una larga serie de frases repetidas. Cada frase puede durar de cinco a 35 minutos y puede repetirse sin interrupción por varias horas. Las canciones parecen ser específicas para las poblaciones separadas de ballenas y cambian ligeramente de uno a otro año. Las canciones pueden ser escuchadas frecuentemente arriba de la superficie del agua.

### **Las Hembras son más largas**

Esta especie está a un rango de 13 a 16 metros y pesa cerca de 30-40 toneladas. Las hembras son ligeramente más largas que los machos. La ballena, en lugar de

dientes posee unas láminas flexibles llamadas “barbas” o “ballenas”. Con estas barbas filtran su alimento, que consiste en pequeños peces y camarones.

Se alimenta principalmente de un pequeño crustáceo llamado Krill, que hace parte del zooplancton. La jorobada participa de manera importante dentro de la cadena alimentaria de la zona subpolar. Tiene diferentes técnicas para alimentarse, dependiendo del tipo de presa y sus características, y en ocasiones se alimentan de manera cooperativa.

La única agrupación estable se da entre la madre y su ballenato, que permanecen juntos durante un año hasta el destete. En esta especie nadie ha presenciado ni el apareamiento, ni el parto.

### **Rango y Hábitat**

Actualmente hay tres grandes poblaciones de ballena jorobada en el mundo: una en el Atlántico Norte; otra en el Hemisferio Sur, que se mueve por temporada, de los mares del Antártico hacia el océano Pacífico Sur y la tercera en el Pacífico Norte.

Estas poblaciones emigran entre las aguas oceánicas polares, en el verano y los establecimientos tropicales y subtropicales de crianza, en el invierno.

La población del Pacífico Norte veranea en el mar de Bering y pasa el invierno en las aguas tibias cerca de Hawai o en la costa oeste de México. Esta especie se ve frecuentemente a lo largo de la costa de California

durante su migración, principalmente entre abril y noviembre.

La ballena jorobada vive en las costas de los principales océanos, generalmente en la placa continental o en bancos de islas. En ocasiones se encuentran en mar abierto. Aunque no es parte de su hábitat usual, una ballena jorobada puede, a veces, perder su dirección y nadar muy cerca de la playa, inclusive entrando a puertos y río arriba.

### **Amenazas**

La mayor causa de muerte de las ballenas jorobadas fue la industria ballenera, iniciada en el siglo XV y que cazó el 95 % de la población mundial hasta 1966, año en que se prohibió su caza internacionalmente. Se capturaban para utilizar su carne como alimento, la grasa como combustible y materia prima para manufacturas, las barbas para corpiños, entre otros. En Colombia no existió caza comercial, ni de subsistencia.

Actualmente sus amenazas son:

El entallamiento, ya sea durante las faenas de pesca, industriales o artesanales, o por las redes dejadas a la deriva.

- Las colisiones con embarcaciones.
- La perturbación acústica.
- La degradación del hábitat debido a la contaminación.

En Colombia la mayor amenaza podría provenir del acoso por parte de embarcaciones de turismo de observación de ballenas. Este se inició en 1994 y ha tenido un crecimiento exagerado, al igual que la degradación de los ambientes costeros donde se reproducen.

[www.acuariomarino.com.ar](http://www.acuariomarino.com.ar)

### **CAMBIOS EN EL TAMAÑO DE POBLACIÓN: CRECIMIENTO EXPONENCIAL, POTENCIAL BIÓTICO Y CAPACIDAD DE SOSTENIMIENTO**

Los cambios en la tasa de natalidad y en la tasa de mortalidad o ambas, son las principales formas en que las poblaciones de la mayoría de las especies responden (en general involuntariamente) a cambios en la disponibilidad de recursos u otros cambios ambientales. Usualmente, los favorables causan un aumento en el tamaño de la población por medio de más nacimientos que decesos.

Supóngase una población con 1000 miembros o cuyo tamaño es  $N(N = 1000)$  y que durante un año particular, nacen 30 individuos y mueren 10. La tasa de crecimiento ( $r$ ) de la población inicial ( $N$ ) en porcentaje por unidad de tiempo (como un año) sería:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de Crecimiento, } r (\%) &= \frac{\text{nacimientos} - \text{muertes}}{\text{población inicial } (N)} \times 100 \\ &= \frac{30 - 10}{1000} \times 100 = 2\% \end{aligned}$$

En tanto  $r$  permanezca positiva (los nacimientos excedan a los decesos), el tamaño de la población aumentará ex-

ponencialmente en cantidades siempre más grandes por unidad de tiempo. Cada año en que los decesos excedan a los nacimientos, tendrá como resultado una  $r$  negativa y una disminución exponencial del tamaño de la población.

Las poblaciones varían en su capacidad para crecer exponencialmente. El potencial biótico (Fig. 6-8) de una población es la tasa máxima ( $r_{max}$ ) a la que la población de una especie dada puede crecer cuando no hay límites de ninguna clase en su tasa de crecimiento. Las especies tienen diferentes potenciales bióticos debido a las variaciones en (1) cuán pronto se inicia y cuánto dura la reproducción (etapa de la edad reproductiva), (2) con qué frecuencia ocurre la reproducción, (3) cuántos descendientes nacen cada vez, y (4) cuántos de la progenie sobreviven a la edad reproductiva. Para muchas bacterias, el potencial biótico es 100 % cada media hora: para los humanos y otros mamíferos grandes, es entre 2 % y 5 % por año.

Con recursos ilimitados y condiciones ambientales ideales, una especie puede producir descendientes a su tasa máxima. Dicho crecimiento se inicia lentamente y después crece con rapidez para producir una gráfica de crecimiento exponencial, o curva en forma de J que asciende muy inclinadamente con el tiempo. (Fig. 6-9).

No importa cuán rápidamente pueda crecer una población, eventualmente alcanzará un tamaño límite impuesto por la escasez de uno o más factores limitantes, como luz, agua, espacio y nutrientes. El crecimiento infinito no puede ser sostenido indefinidamente en un ambiente con un tamaño y recursos finitos.

La resistencia ambiental (Fig. 6-8) consiste en todos los factores ambientales que actúan conjuntamente para limitar el crecimiento de una población. Determinan la capacidad de sostenimiento ( $K$ ), el número de individuos de una especie dada que puede ser sustentado indefinidamente en un área dada. La capacidad de mantenimiento de una población dada no es fija y puede variar en el tiempo por los cambios en las estaciones y otras condiciones ambientales.

Debido a la resistencia ambiental, en cualquier población en crecimiento exponencial en o por debajo de su potencial biótico, se inicia lentamente, sigue a través de una fase de crecimiento rápido y luego se nivela una vez que alcanza la capacidad de sostenimiento. En la mayoría de los casos, el tamaño de una población que tiene este tipo de crecimiento fluctúa ligeramente arriba y debajo de su capacidad de sustentación. La gráfica de este tipo de crecimiento es una curva en forma de S o sigmoide (Fig. 6-11a).

A veces, una población que tiene un crecimiento rápido excede su capacidad de sostenimiento y sufre una mortandad o disminución brusca de la población (Fig. 6-11b), a menos que grandes números de individuos migren a un área con condiciones más favorables. Cuando se acerca a los límites de los recursos, se requiere tiempo para que la tasa de natalidad decline y la de mortalidad se eleve. Este retraso reproductivo permite a una población exceder temporalmente su capacidad de sostenimiento. Entonces la población puede retroceder a un tamaño que típicamente fluctúa alrededor de la capacidad de sostenimiento del área, o a un nivel inferior si ésta disminuyera por la destrucción y degradación de los recursos durante el período de exceso.

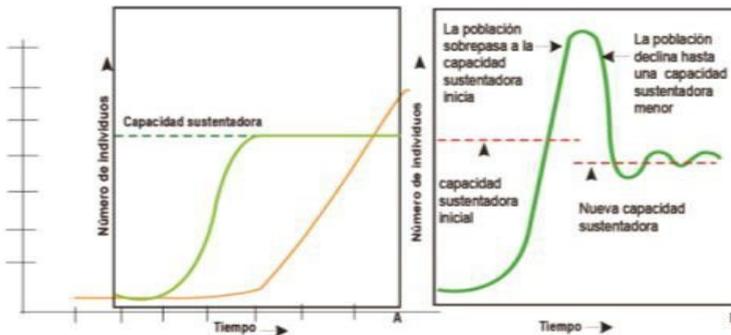
Disminuciones bruscas en las poblaciones humanas han ocurrido en diversos países a través de la historia.

Factores de crecimiento (Potencial Biótico)	Factores de decrecimiento (Resistencia Ambiental)
<b>Abióticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz favorable</li> <li>• Temperatura favorable</li> <li>• Ambiente químico (nivel óptico de nutrientes químicos).</li> </ul>	<b>Abióticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz insuficiente o excesiva.</li> <li>• Temperatura insuficiente o excesiva.</li> <li>• Ambiente químico desfavorable (demasiados o muy pocos nutrientes químicos).</li> </ul>
<b>Bióticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa reproductiva alta</li> <li>• Nicho generalizado</li> <li>• Suministro adecuado de alimento.</li> <li>• Hábitat apropiado</li> <li>• Aptitud para competir por los recursos.</li> <li>• Aptitud para defenderse de los depredadores.</li> <li>• Capacidad para resistir enfermedades y parásitos</li> <li>• Capacidad para migrar y vivir en otro hábitat.</li> <li>• Capacidad de adaptación al cambio ambiental.</li> </ul>	<b>Bióticos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa reproductiva baja</li> <li>• Nicho especializado</li> <li>• Suministro inadecuado de alimento.</li> <li>• Hábitat inconveniente o destruido.</li> <li>• Demasiados competidores.</li> <li>• Aptitud insuficiente para esconderse o defenderse de depredadores.</li> <li>• Incapacidad para resistir enfermedades y parásitos.</li> <li>• Incapacidad para migrar y vivir en otro hábitat.</li> <li>• Incapacidad de adaptación al cambio ambiental.</li> </ul>

**Figura 6-9**

El tamaño de la población es un equilibrio entre los factores que aumentan su número y los factores que la disminuyen.

Fuente: Propia del autor, 2018.



**Figura 6-10**

En la curva en forma de J, la densidad se incrementa con rapidez en forma exponencial y luego se suspende en forma repentina al volverse efectivo la resistencia ambiental o algún otro factor que se manifieste de modo más o menos abrupto.

El exceso y la mortandad ocurren cuando una población que se expande con rapidez, excede temporalmente la capacidad de sostenimiento de su ambiente, o cuando un cambio en las condiciones ambientales disminuye esa capacidad de sostenimiento. El tamaño de la población puede caer bruscamente al tamaño soportado por la capacidad de sostenimiento del área. Si el exceso de población destruyó o degradó la vegetación, el suelo y otros recursos, la capacidad de sostenimiento de un área puede ser disminuida. Entonces la mortandad o disminución brusca de la población, es más severa. Estas gráficas idealizadas solo se aproximan a lo que ocurre en la naturaleza.

### **ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS: ESTRATEGAS R Y ESTRATEGAS K**

Cada especie tiene un modo característico de reproducción. En un extremo están las especies llamadas estrategias r, que se reproducen pronto y producen grandes números de descendientes, generalmente pequeños y de vida breve, en un período corto. Estos descendientes son pequeños, maduran rápidamente y reciben poco o ningún cuidado paternal. Típicamente grandes números de estos descendientes vulnerables e inferiores en su competitividad, mueren antes de llegar a la edad reproductiva, pero algunos sobreviven lo suficiente para reproducirse.

Este modo de reproducción está basado en una especie que tiene capacidad para una alta tasa de crecimiento po-

blacional ( $r$ ), lo que explica por qué a esta especie se le llama estrategia  $r$ . Ejemplos son las algas, bacterias, roedores, plantas anuales, muchos peces y la mayoría de los insectos.

Dichas especies tienden a ser oportunistas que pueden reproducirse velozmente cuando las condiciones son favorables o cuando están disponibles nuevos hábitats o nichos –un bosque talado o un campo recién arado, por ejemplo. Sin embargo, las condiciones ambientales desfavorables pueden causar una disminución brusca en esas poblaciones. Por tanto, las poblaciones de la mayoría de las estrategias  $r$  muestran grandes fluctuaciones en el tamaño, cuando pasan por ciclos de “prosperidad y escasez”.

En el otro extremo están las estrategias  $K$ , especies que producen pocos descendientes, comúnmente grandes, pero invierten una gran cantidad de tiempo y energía para asegurar que la mayoría de ellos lleguen a la edad reproductiva. Estas especies típicamente viven en ambientes muy estables y tienden a mantener el tamaño de su población cerca de la capacidad de sostenimiento de sus hábitats ( $k$ ), lo que explica por qué se les llama estrategias  $K$ . Típicamente, sus poblaciones siguen una curva de crecimiento en forma de  $S$ . Son ejemplos los humanos, ballenas, tiburones, la mayoría de otros mamíferos grandes o moderados, y la mayor parte de las plantas de vida larga, como los algunos cactus.

## **FACTORES QUE REGULAN LA DENSIDAD DE LA POBLACIÓN**

En los ecosistemas de baja densidad físicamente estresados, o en los que están sujetos a perturbaciones extrínsecas irregulares o impredecibles, el tamaño de la población tiende a estar influido principalmente por factores físicos como clima, corrientes de agua, condiciones químicamente limitantes, contaminantes, etc.

En los ecosistemas de alta densidad que se encuentran en ambientes benignos (con bajas probabilidades de estrés físico periódico, como tormentas o incendios), las poblaciones tienden a estar controladas por mecanismos biológicos y, en cierto grado por los menos, su densidad está autorregulada.

Los factores que regulan el crecimiento de una población se agrupan en:

- a. Factores dependientes de la densidad, en los cuales el efecto sobre la población varía con su densidad.
- b. Factores independientes de la densidad, los cuales no dependen de la densidad de la población, por tanto, su efecto es constante.

### **Factores dependientes de la densidad**

Dentro de los factores dependientes de la densidad tenemos la competencia intraespecífica, o sea entre los individuos de la misma especie, los parásitos (bacterias, virus) y los depredadores, quienes actúan en mayor proporción en poblaciones de alta densidad. La emigración y los mecanis-

mos fisiológicos y psicológicos son otros factores dependientes de la densidad. Este último produce tensiones sociales causadas por el hacinamiento, las cuales actúan sobre el sistema endocrino del individuo produciendo inhibición sexual, reducción del número de camadas, absorción fetal y disminución en la producción de leche.

Por lo general, los factores dependientes de la densidad son característicos de organismos mayores como aves y mamíferos, que tienen ciclos de vida más largos y potencial biótico muy bajo (diferencia entre la natalidad y mortalidad de una población).

### **Factores independientes de la densidad**

Estos factores actúan independientemente del número de individuos. La disponibilidad de ciertos nutrientes como fósforo, nitrógeno y sodio, como también los factores climáticos (temperatura, lluvias, humedad, etc.), pueden ser factores limitantes importantes en el funcionamiento de la población.

La radiación solar, el tiempo y la temperatura son factores muy importantes, especialmente en los organismos autótrofos, en el crecimiento de dichas poblaciones.

Otros factores pueden ser las lluvias, sequías, la deforestación, la erosión, las quemadas o inclusive el uso de sustancias químicas como los insecticidas, las cuales actúan sobre el tamaño de la población sin tener en cuenta el número de individuos. Cuando la destrucción del hábitat es muy extensa y severa, como por ejemplo, la tala de

bosques, se puede producir una reducción o extinción de las poblaciones de animales y vegetales. Lo mismo sucede con la utilización de insecticidas como el DDT, con lo cual el grado de mortalidad causado por el tóxico es independiente del tamaño de la población.

En general, los factores independientes de la densidad son más eficientes en la regulación de las poblaciones de organismos pequeños, de ciclos de vida corto y de potenciales bióticos altos. Ejemplo: población de insectos.

## **DEMOGRAFÍA Y POBLACIÓN HUMANA**

El tema del crecimiento de la población humana y los aspectos relacionados con su cuantificación y dinamismo, propició el surgimiento de una nueva disciplina del conocimiento, la demografía, ciencia que pertenece al área de las ciencias sociales. La demografía es, por lo tanto, la ciencia que se encarga de conocer la magnitud de la población humana (cuantificación) en un momento determinado (aspecto estático), su composición por sexo, edad, parentesco, distribución territorial y su evolución en el tiempo (aspecto dinámico).

La historia evolutiva del hombre ha registrado un incremento gradual, desde que este apareció en la faz de la Tierra, con un carácter único no encontrado en el resto de las poblaciones animales. El hombre, de acuerdo con sus características biológicas y ecológicas, debe ser una especie con un crecimiento poblacional regulado por factores denso-dependientes, sin embargo, aunque en su evolución ha mostrado diferentes formas de crecimiento, el antecedente

histórico y la tendencia actual y futura es la de comportarse como una especie con un crecimiento exponencial, y cuya regulación es propia de factores independientes de la densidad. Quizá una explicación a esto sea el “dominio” que ha desarrollado sobre los factores extrínsecos o intrínsecos de regulación de la población, y el incremento de la capacidad de sostenimiento de su hábitat dado por la tecnología; más lo importante aquí, es subrayar que los recursos del hábitat no son infinitos, y que a pesar de los avances de la tecnología siempre existirán límites al crecimiento desmesurado de la población. Conviene señalar también, que en la época actual se está dando un aumento excesivamente rápido en la población humana, característico de la etapa fina de la curva de crecimientos exponencial; esto significa que el siguiente paso será la declinación catastrófica a niveles relativamente bajos de densidad originado por uno o más factores limitantes, sin embargo, es difícil de precisar la ocurrencia de tal fenómeno. En la Figura 6 se observa el crecimiento de la población humana a partir del año 1600, con una aceleración muy fuerte en los dos últimos siglos. Una señal de que el crecimiento de la población humana se está acelerando es que su tiempo de duplicación se reduce cada vez más; por ejemplo, la población mundial en 1930 era de aproximadamente 2000 millones, y su tiempo estimado de duplicación era de 45 años, es decir, que para 1975 debía haber 4000 millones, luego el tiempo de duplicación de estos 4000 millones se estima en 35 años; por lo tanto, para el año 2010 deberá haber 8000 millones de personas en el mundo; dado que para el año de 1995 se calculó un promedio de 6000 millones de habitantes, es muy probable que se cumpla esta predicción.

Las condiciones sociales, económicas y políticas, así como el avance de la ciencia, han sido los determinantes en el aumento progresivo de la población mundial a través del tiempo.

¿Por qué en los estudios de población es importante tomar en cuenta el grado de “dominio” que el hombre ejerce sobre su ambiente?

## **INDICADORES DEMOGRÁFICOS**

La especie humana no está exenta de la aplicación de las leyes que regulan a las poblaciones de otras especies.

La información estadística sobre la población nos permite conocer sus características de manera absoluta y relativa; esto significa que podemos conocer las magnitudes de dichas características en momentos determinados, así como su evolución o dinámica a través del tiempo.

En demografía se utilizan con más frecuencia los números relativos que los números absolutos, con el propósito de lograr una mejor comprensión de los eventos poblacionales. Entre los números relativos más comunes están las razones, las proporciones o porcentajes y las tasas.

Menciona y explica los indicadores demográficos relativos más comunes.

### **Razones**

#### ***Razón de sexos***

Las razones se explican por sí mismas, pues son el cociente de dos números o magnitudes. Enseguida se des-

criben algunas de las razones de mayor uso. La razón de sexos o índice de masculinidad, es un número de hombres con respecto a un número determinado de mujeres, y se expresa como el cociente de la población total masculina sobre la población total femenina multiplicado por 100.

### ***Razón niños-mujeres***

Otro parámetro es la razón niños-mujeres, que consiste en el cociente del total de niños de ambos sexos de la clase de edad 0-4 años, y del total de mujeres en edad reproductora (clase de edad 15-44 años) multiplicado luego por mil. Esta razón indica el número de niños por cada mil mujeres en su etapa fértil y, a falta de otras medias, es un buen indicador de la fecundidad.

### ***Densidad***

La densidad también es un número relativo, y es el cociente resultante de relacionar el total de la población para un año dado, con la superficie territorial ocupada en kilómetros cuadrados.

### ***Proporciones***

Las proporciones son las relaciones existentes entre una parte de la población, representada por diferentes elementos: hombres, mujeres, niños, clase de edad, etc, con respecto a la población total. Por lo general, las proporciones se expresan en porcentajes, y son útiles para describir la distribución de la población en función de la división territorial, clase de edad, sexo, actividad económica, etc. Con la información de la distribución por edades se constru-

yen las pirámides de edad, mediante las cuales se conoce de manera gráfica la diferencia entre una población joven, estable o vieja.

## **Tasas**

Otra forma de usar los números relativos es en la obtención de tasas, o índices o coeficiente. El primer nombre es de uso más común. Las tasas son en realidad razones, sin embargo, se establece una diferencia, pues en las tasas se involucran la variable tiempo. De modo simple, podemos definir que tasa es la frecuencia relativa de un evento en función de un período de tiempo. El uso de las tasas varía en relación a la unidad de tiempo empleada. Así, tenemos que con los datos de dos censos que distan 10 años entre sí, se puede calcular una tasa anual o media anual de crecimiento. Las tasas también se pueden calcular por mes, e incluso de forma instantánea, sin embargo, estas últimas son de uso restringido, pues son más teóricas que prácticas.

Las tasas –llamadas también tasas vitales– describen los nacimientos, las defunciones, los matrimonios, los divorcios, el movimiento de la población, la fecundidad, etc. Entre las tasas más importantes se encuentran las siguientes: la tasa bruta de mortalidad, la específica de mortalidad, la de mortalidad infantil, la de mortalidad por causas; la tasa bruta de natalidad, la de fecundidad general, la específica de fecundidad, la global de fecundidad, bruta y neta de reproducción; la tasa de crecimiento natural, la media anual aritmética intercensal, la media anual geométrica; las tasas bruta y específica de nupcialidad; la tasa bruta, la neta y la específica de actividad.

## **DINÁMICA Y CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN HUMANA**

La población del hombre se sujeta a las leyes naturales, y que además es influida por variables culturales, sociales y económicas propias de la especie humana, de modo que el poblamiento o despoblamiento de territorios y el crecimiento de la población dependen, en primera instancia, de las características básicas de natalidad, mortalidad, migración, composición de edades, velocidad de crecimiento, etc., las cuales se vinculan estrechamente con las condiciones económicas y sociales prevalecientes, que a su vez repercuten en la estructura demográfica e impactan en la demanda de alimentos, empleo, servicios de educación, salud, recreación, etc.

En la década de los veinte, R. Pearl (1921), realizó un experimento clásico sobre población para explicar el crecimiento y la dinámica de la misma, para ello, utilizó a la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*; especie de la cual determinó la forma en que crecía bajo condiciones experimentales, llegando a la conclusión de que la *Drosophila* sigue el tipo de crecimiento logístico similar al que supuestamente debe seguir la especie humana. Con base en sus resultados, Pearl trató de demostrar que la especie humana sigue también el mismo esquema de la curva logística, solo que la población del hombre posee particularidades que la distinguen de la mosca, por ejemplo, los recursos no están igualmente distribuidos entre los individuos humanos, por lo tanto, sus ingresos son diferentes. Otro elemento más es que el hombre ha incrementado hasta ciertos límites el control y la cantidad de los alimentos y de otros recursos,

en cambio, la población de moscas está sujeta a la renovación del recurso por parte del experimentador.

### **Antecedentes y tendencias en el crecimiento de la población**

Cualquiera que sea la escala del crecimiento poblacional –a nivel mundial, regional o local– debe considerarse el grado de “dominio” que el hombre ejerce sobre su ambiente, pues es en función de este dominio que se determinan variables como la capacidad de carga de los sistemas ecológicos, la flexibilización de los mecanismos de retroalimentación negativa para el control de la población y algunas variables más. El crecimiento de la población como un reflejo del dominio sobre el ambiente se evidencia en los números estimados de la densidad del hombre en épocas históricas, donde quizá los ecosistemas poseían un potencial enorme para sostener grandes volúmenes de población; sin embargo, el hombre, como especie, no poseía la capacidad “cultural” para ampliar la capacidad de carga de los sistemas ecológicos, y aun así, es probable que se alcanzaran los límites superiores de la capacidad natural de sostenimiento. Al principio de la era cristiana es cuando el crecimiento de la población humana se comienza a acelerar, esto debido al advenimiento de la agricultura, pues en el milenio VII anterior a la era cristiana se estima que la población mundial oscilaba entre 5 y 10 millones de habitantes. Ya en plena era cristiana la población alcanza valores que van de 200 a 400 millones de habitantes, debido a que surgen mejores técnicas agrícolas, lo cual incrementó nuestra capacidad de carga. Es hacia el año 1650 que la población alcanza entre 470 y 545 millo-

nes, reduciéndose notablemente el tiempo de duplicación, pues para 1850 se llega a los 1000 millones de personas, cifra que se duplica para llegar a los 2000 millones hacia el año de 1930; luego, en un lapso de solo 45 años llega a la cifra de 4000 millones, rebasando la marca de los 5000 millones en el año de 1987; y es precisamente el día 11 de julio cuando se alcanza esta cifra, por lo cual es declarado como el “Día Mundial de la Población”.

De acuerdo con estimaciones bien fundamentadas, la población mundial podría llegar a los 16000 millones de habitantes, o un poco más hacia finales del siglo XXI, siempre y cuando el porcentaje anual de crecimiento se mantenga alrededor del 1 %, valor que se ha rebasado en la actualidad, pues el porcentaje actual de crecimiento mundial es aproximadamente de 1,8 %. Por otra parte, existen opiniones científicas muy diversas en relación con la densidad de población que puede sostener el planeta, algunas opinan que la capacidad de carga de este último ya ha sido excedida, y otros consideran que todavía no se alcanza dicha capacidad límite.

Podemos recurrir a un ejercicio muy sencillo para calcular la capacidad de carga del planeta, considerando para esto únicamente la variable producción de alimentos, en función de la superficie de tierras cultivables y su capacidad de sostenimiento por persona. Se estima que la superficie total de los continentes es de 130 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales entre 31 y 45 millones de kilómetros cuadrados son considerados cultivables; sin embargo, la extensión efectivamente cultivada está entre 13,7 y 15 millones de kilómetros cuadrados. Ahora bien,

el promedio de personas sostenidas por hectárea a nivel mundial es de 3,5, cifra que en algunos países desarrollados llega hasta 24 individuos por hectárea. Debemos aclarar que ahora se cuenta con tecnología más “amigable” hacia el ambiente para la producción de alimentos. Igual ocurre con procesos industriales; es necesaria esta aclaración, porque normalmente la tecnología se correlaciona positivamente con el grado de impacto sobre el ambiente. Retomando los datos estimados de tierra cultivable, si consideramos que hay 15 millones de kilómetros cuadrados útiles en el planeta, y que el número estimado de personas sostenidas por unidad de superficie es de 3,5 personas por hectárea, entonces, obtenemos una capacidad de carga del planeta de 5250 millones de habitantes. Ahora, si consideramos correcta la estimación más alta de tierra cultivable, de 45 millones de kilómetros cuadrados y las mismas 3,5 personas por hectárea, obtendremos una capacidad de carga de 15750 millones de habitantes en el mundo. Por otra parte, existen estimaciones más optimistas con respecto a la capacidad de sostén de nuestro planeta que exceden con mucho las cifras estimadas aquí, algunas llegan a los 300000 millones, y otras hasta los 50000 millones de personas.

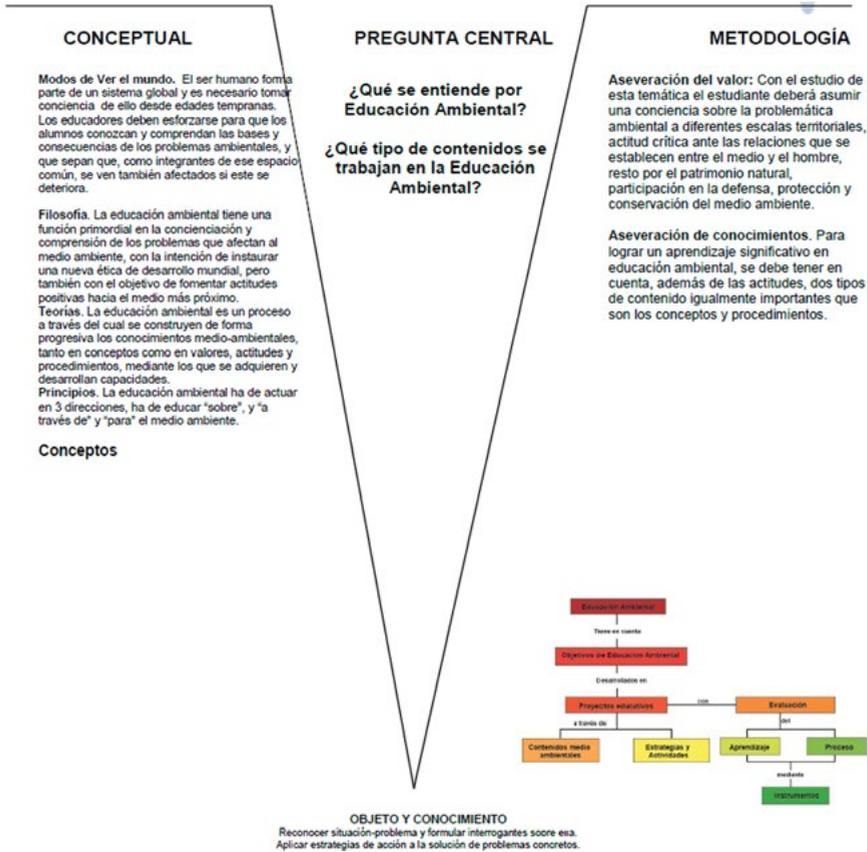
Se debe reconocer que el cálculo de la capacidad de carga del planeta o de cualquier sistema ecológico, con base en una sola variable puede ser sesgado y tendencioso. Tomemos en cuenta que cualquier especie –incluida la nuestra– no solo requiere de alimento y espacio, sino también de un gran número de condiciones climáticas y biológicas. La especie humana necesita todo lo anterior, y además de manera excesiva, el elemento de tipo cultural.

Por lo tanto, creer que podemos calcular la magnitud de la población que puede ser sostenida por diferentes tipos de ecosistemas, únicamente con la variable alimento es un error que debemos evitar. Por eso las estimaciones discutidas aquí deben considerarse solo con propósitos indicativos y comparativos.

El desarrollo sostenible implica –además de aspectos económicos y sociales– aspectos ecológicos, entre los que destaca el crecimiento y control de la población. El crecimiento es altamente variable en los diferentes países; algunos presentan tasas muy altas de crecimiento; principalmente los países no industrializados, en cambio, las tasas muy bajas en aquellos que son industrializados; pero independientemente de cual sea la capacidad de carga global o por país, es necesario estabilizar la densidad de población, lo cual se logra cuando la tasa de crecimiento es igual a cero, y se define por una tasa de natalidad igual a la tasa de mortalidad. Para que se dé un crecimiento cero, la tasa global de fecundidad debe ser igual a la tasa de reemplazo. Para el caso de la especie humana, su tasa teórica de reemplazo es de 2,1 hijos por mujer. La fracción de 0,1 se justifica por las muertes de aquellos individuos que no alcanzan la edad reproductora, y por el hecho de que puedan nacer menos mujeres que hombres. Cuando se llega a la tasa de reemplazo se tiene una condición de cero crecimiento, no obstante, el crecimiento no se detiene inmediatamente, y es necesario que la tasa de reemplazo permanezca durante un buen tiempo para que puedan notarse sus efectos.

El caso de América Latina es interesante porque su dinámica de crecimiento es muy variable, fenómeno que se nota claramente en las proyecciones de crecimiento poblacional elaboradas por Juan Chackiel para el período de 1990 al 2050. Para elaborar sus estimaciones, Chackiel consideró una clasificación de cuatro grupos de acuerdo con la fase del proceso de transición demográfica en que se encuentra los diferentes países latinos. Los grupos son: I. Países con mortalidad y fecundidad altas: Bolivia y Haití. II. Países con fecundidad alta y mortalidad moderada: los países centroamericanos (excepto Costa Rica y Panamá) y Paraguay. III. Países con fecundidad y mortalidad en plena transición: casi todos los países de América Latina incluyendo los más poblados (México, Brasil y Colombia). IV. Países con un gran avance en la disminución de la fecundidad y la mortalidad: Argentina, Cuba y Uruguay.

Actualmente, la tasa global de fecundidad para América Latina es de 3.1 hijos por mujer, y se estima que para el año de 2020 esta tasa se acerque al nivel de reemplazo; sin embargo, los países del grupo I y II alcanzarán la tasa de reemplazo más allá del 2025. Por otra parte, la velocidad de crecimiento en América Latina es de aproximadamente 2 % anual y según las estimaciones se espera que llegue a 1 % en el 2010, y que para el 2050 esté muy cercano al crecimiento cero. La población total de América Latina en 1990 se estimaba en 430 millones de habitantes, y se espera que para el año 2050 alcance una densidad de 785 millones de habitantes.



**Figura 6-12**

UVE heurística que resume aspectos relevantes sobre la Educación

## Glosario general

---

### A

**Abiótico:** se refiere a la parte no viviente; medio conformado por los elementos o sustancias inertes como las rocas, la arena, el agua, el aire.

**Abisal:** comprende todos los fondos oceánicos a más de dos mil metros de profundidad, donde reina la oscuridad; las presiones son muy altas.

**Abono:** materias orgánicas (excrementos de animales, orina, cortezas de frutas, pulpa de café, etc.) o productos químicos y fosfatos.

**Aclimatación:** ajuste a nuevas condiciones que cambian con lentitud.

**Adaptación:** es el resultado de la capacidad que tienen los seres vivos para producir modificaciones que les permitan afrontar circunstancias ambientales particulares.

**Adaptación genética:** cambios en la constitución genética de los organismos de una especie, que les permite que la especie se reproduzca y adquiera una ventaja competitiva bajo condiciones ambientales alteradas.

**Afótico:** zona oceánica por debajo de los 200 metros de profundidad en la cual no llega la luz y por lo tanto los organismos tienen que ser heterótrofos.

**Agregación:** conjunto de animales generalmente de la misma especie que, atraídos por las condiciones ecológicas favorables, se juntan en un gran número como los cardúmenes de peces.

**Agricultura de subsistencia:** labranza y cultivo agrícolas que se realiza para producir el alimento suficiente para el propio sustento y el de la familia; en años buenos, puede quedar suficiente alimento sobrante para vender o guardar para épocas difíciles.

**Agrosilvicultura:** plantación conjunta de árboles y cultivos.

**Agua continental:** se llama así a los fenómenos geográficos acuosos encerrados dentro de las tierras emergidas, tales como ríos, lagos, lagunas, etc.

**Agua de desecho:** es aquella que contiene basuras, detritos o bien otros materiales pútridos que la hacen im potable y mal oliente.

**Agua dulce:** en realidad no existen aguas sin algún contenido de sales, pero aquellas que contienen menos de 0,5 gramos por litro se consideran “dulces”.

**Agua de lluvia:** es la forma más pura del agua natural que contiene, por término medio, 0,0035 % de materia sólida arrastrada o disuelta del aire.

**Aire:** mezcla química fluida gaseosa formada por nitrógeno, oxígeno, argón y otros gases.

**Aislamiento:** acción de los fenómenos, meteorológicos o topográficos, etc., persistentes; llega a producir distintas formas genéticas o fenotípicas que determina con frecuencia características morfológicas y fisiológicas de distribución local.

**Alelopatía:** interacción entre vegetales.

**Algas:** plantas unicelulares o pluricelulares que por lo común efectúan fotosíntesis en corrientes, lagos, pantanos, mares, océanos y otras superficies ácuas.

**Alopátrica:** diferenciación específica en el espacio o aislamiento geográfico.

**Altitud:** altura de un sitio sobre el nivel del mar.

**Ambientalistas:** personas interesadas sobre todo en impedir la contaminación y degradación del aire, suelo, agua y biodiversidad de la tierra.

**Ambiente (o medioambiente):** todas las condiciones y factores externos, vivientes y no vivientes (sustancias y energía), que influyen en un organismo u otro sistema específico durante su período de vida.

**Ambiente:** el entorno exterior de un sitio de la tierra.

**Amensalismo:** relación o coacción ecológica que consiste en que la población A está inhibida por la población B.

**Animales:** los organismos eucarióticos multicelulares, esponjas, medusas, artrópodos (insectos, camarón, langosta), moluscos (caracol, almeja, ostra, pulpo), peces, anfibios (ranas, sapos, salamandras), reptiles (tortugas, lagartijas, caimanes, cocodrilos, serpientes), aves, mamíferos (murciélagos, gatos, conejos, ballenas, delfines, monos, humanos).

**Arborización:** sinónimo de forestación o repoblación forestal que es lo más correcto.

**Aridez:** grado de sequedad extrema de un ambiente.

**Árido:** seco. Un desierto u otra área con un clima árido tienen escasa precipitación acuosa.

**Arrecife:** formaciones calcáreas originadas por el metabolismo de diversas especies distribuidas en familias del orden de los exacorarios.

**Asentamiento biológico:** se llama así cuando las especies invasoras, merced a la correlación existente con las condiciones de un lugar, logran establecerse permanentemente y realizar en él sus actividades vitales favorablemente.

**Asentamiento humano:** ubicación física permanente de un grupo de seres humanos en forma organizada. Incluye desde los pequeños caseríos hasta las grandes aldeas.

**Atmósfera:** capa gaseosa que cubre la superficie de la tierra. Está conformada por una mezcla de oxígeno y nitrógeno como componentes mayores.

**Autoecología:** es el estudio de las relaciones de los individuos o especies aisladas con el ambiente.

**Autótrofo:** capaz de alimentarse a sí mismo merced a la capacidad de realizar la fotosíntesis como los vegetales clorofilados.

## **B**

**Bacterias:** organismos procarióticos unicelulares. Algunos transmiten enfermedades. La mayor parte actúa como descomponedores o degradadores y obtienen los nutrimentos que necesitan degradando los compuestos orgánicos complejos residentes en los tejidos de organismos vivos o muertos, en compuestos nutritivos inorgánicos más simples.

**Banco:** en oceanografía, una extensión de material mineral que forma un bajo, o sea una elevación del fondo que disminuye la profundidad. Dícese también de un conjunto de peces que viajan juntos. (ver cardumen). Se llama banco de hielo (no banquisa, que es galicismo) a una gran extensión de mar helado.

**Bandada:** se dice de un gran número de aves que vuelan juntas.

**Barrera:** límites notorios que se oponen a la dispersión de las especies.

**Basura:** lo que ya no tiene uso directo, como las cáscaras, los envoltorios, los restos de comida, huesos, etc., todo lo cual se convierte en material de desecho que los seres humanos apartan de sus lugares de vivienda y actividades. Su volumen es tal que constituye tal vez el más importante factor de contaminación terrestre, no solo por el lugar que ocupan sino porque entran en descomposición produciendo gases, olores desagradables, etc., que son perjudiciales a los seres humanos. Cuando no son susceptibles de descomposición se constituyen en contaminación acumulable que desplaza el lugar mismo de los seres vivos,

como es el caso de los recipientes de plástico, envolturas, etc., que por no ser biodegradables, ocasionan una grave contaminación de volumen.

Batial: todo el fondo marino comprendido entre los 200 y los 2.000 m de profundidad, aunque este dato es variable según los autores.

Batipelágica: zona de la masa de agua que corresponde al 90 % del volumen total de los océanos con oscuridad completa y siempre fría, donde viven animales altamente especializados repartidos en toda la cuenca oceánica profunda, entre 200 y 3.000 m de profundidad..

Béntico: que pertenece a bentos (ver bentónico)

Bentónico: organismos que viven en el bentos. Debe aclararse que, con anterioridad, no se distinguía en la denominación bentos al fondo marino de los seres que lo habitan. Hoy la palabra bentos se refiere al sitio y la denominación bentonte señala lo indicado al principio de esta definición.

Bentos: fondo de la cuenca oceánica, desde la costa hasta las mayores profundidades. Con fines de estudio se distinguen las regiones: eulitoral, abisal y hadal o ultrabisal. También se usa el término con igual sentido en limnología.

Biocenosis: para muchos autores es la comunidad viva que constituye la parte biótica de un ecosistema. Mobius (1877), el autor de la palabra dice: “Una comunidad cuyo conjunto de especies e individuos –estando mutuamente limitados y seleccionados bajo unas condiciones medidas de vida– se mantienen en posesión de un territorio determinado en virtud de su propia producción”. Según Dreux (1974), es: “El conjunto de seres vivos que habitan en un biotopo”.

Biodiversidad: véase diversidad biológica.

Biogeografía: estudio de la estructura de los ecosistemas existentes en las diversas regiones geográficas o biomas. Se dice zoo-

geografía cuando se concentra en los animales, y fitogeografía cuando se dirige al estudio de los vegetales.

**Bioma:** regiones terrestres habitadas por ciertos tipos de vida, en especial vegetación. Ejemplos de estas zonas vegetadas son los diversos tipos de desiertos, pastizales y bosques.

**Biomasa:** es el peso seco de materia viva, incluido el alimento almacenado, presente en una población determinada y expresado en términos de volumen o de áreas de la residencia ecológica.

**Biosfera:** zona de la Tierra en donde existe vida. Se compone de partes de la atmósfera (la troposfera), la hidrosfera (sobre todo el agua superficial y la subterránea) y la litosfera (en especial, suelo y rocas superficiales y sedimentos localizados en los fondos marinos u oceánicos y, de otros cuerpos de agua) en donde hay vida. Véase también ecosfera.

**Biotemperatura:** concepto de Holdrige (1967) para expresar el promedio de temperatura favorable para la fotosíntesis neta positiva, según el cual por debajo de 0°C y por encima de 30°C la temperatura del aire no es propicia para el crecimiento de las plantas. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, IGAC, Vol. XIII, No. II Colombia, p.13.

**Biótico:** que tiene vida. Se aplica a todo el conjunto de organismos vivos que participan en el ecosistema.

**Biotopo:** ambiente físico coextensivo con una biocenosis.

**Bosque:** bioma con precipitación media anual suficiente (al menos de 76 cm) para sostener el crecimiento de varias especies de árboles y formas de vegetación más pequeñas.

## C

**Cabecera:** lugar donde se origina un río.

**Cadena alimentaria o trófica:** serie o sucesión de organismos, cada uno de los cuales come o degrada al precedente. Compárese con red alimentaria.

**Caducifolio:** que cae. Se aplica a los órganos que se secan y caen en ciertas épocas del año.

**Calor:** es la cantidad de energía térmica que se expresa en calorías.

**Cambio:** aspectos temporarios del ambiente debido a las modificaciones estacionales.

**Capa de ozono:** región con gas ozono (O<sub>3</sub>) en la estratosfera, que protege la vida en la tierra a filtrar y eliminar la peligrosa radiación ultravioleta que llega del Sol.

**Capacidad sustentadora (K):** máxima población de una especie en particular, a la que un hábitat determinado puede sustentar o sostener por un período o tiempo determinado.

**Cardumen:** conjunto de peces que viajan juntos.

**Carnívoro:** animal que se alimenta de otros animales, compárese con herbívoro, omnívoro.

**Carroñero:** organismo que se alimenta de organismos muertos por otros organismos, o que murieron por causas naturales. Ejemplos son los buitres, moscas y cuervos. Compárese con detritívoro.

**Caudal:** es la cantidad de agua que lleva un río.

**CFC:** véase clorofluorocarburos.

**Ciclo biogeoquímico:** procesos naturales que reciclan nutrimentos de diversas formas químicas desde el ambiente no vivo hasta los seres vivos, y después de regreso, hacia el ambiente no vivo. Ejemplos son carbonos, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y los ciclos hidrológicos.

**Ciclo del carbono:** movimiento cíclico del carbono en diferentes formas químicas, del medioambiente a los organismos, y luego al ambiente.

**Ciclo del fósforo:** traslado cíclico del fósforo, en diferentes formas químicas, desde el ambiente, a los organismos, y luego de regreso al medioambiente.

**Ciclo del nitrógeno:** traslado cíclico del nitrógeno, en diferentes formas químicas, al pasar del medioambiente a los organismos, y luego de regreso al ambiente.

**Circulación:** es el recorrido que hacen los materiales a través de los niveles tróficos y del substrato mineral.

**Clima:** conjunto de factores meteorológicos que afectan a una región. Cuando se aplica a una región amplia se dice macroclima y las condiciones particulares a nivel de organismos, microclima.

**Clímax:** concepto sobre la etapa final de la sucesión ecológica que describe la comunidad cuya estabilidad, equilibrio biológico y consecuente permanencia permite considerarla como el paso último del desarrollo de la misma.

**Clorofila:** sustancia de color verde o amarillo verdoso que se halla en los vegetales dentro de los cloroplastos, cuya presencia es indispensable para la realización de la fotosíntesis.

**Clorofluorocarburos (CFC):** compuestos orgánicos consistentes de átomos de carbono, cloro y flúor. Un ejemplo es el Freón 12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>), utilizado como medio refrigerante en refrigeradores y acondicionadores de aire, así como en la elaboración de plásticos, como el hule espuma. Los CFC gaseosos pueden afectar la capa de ozono cuando suben con lentitud por la estratosfera y sus átomos de cloro reaccionan con moléculas de ozono.

**Coacción:** en ecología las acciones que realizan mutuamente las especies como el parasitismo, el mutualismo, la simbiosis, la depredación y causan diversos efectos en los participantes.

**Coevolución:** evolución que ocurre cuando dos o más especies interactúan y ejercen presiones selectivas entre sí, que pueden conducir a que cada especie experimente diversas adaptaciones. Véase evolución, selección natural.

**Comensalismo:** interacción entre organismos de distintas especies, en la cual se beneficia un tipo de organismo, mientras que otro no recibe beneficio ni daño alguno en alto grado.

**Competición:** dos o más organismos de una misma especie (competición intraespecífica), o dos o más individuos de especies diferentes (competición interespecífica), en el intento de hacer uso de los mismos recursos escasos o limitados en el mismo ecosistema.

**Comunidad:** conjunto de poblaciones de todas las especies que viven e interactúan en un área dada en un tiempo en particular.

**Consumidor:** organismo que no puede sintetizar los nutrientes orgánicos que necesita y los obtiene alimentándose con los tejidos de productores o de otros consumidores; por lo general, los consumidores se dividen en consumidores primarios (herbívoros), consumidores secundarios (carnívoros), consumidores terciarios y de orden mayor, omnívoros y detritívoros (descomponedores y los que se alimentan de detritos).

**Contaminación:** un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas de aire, agua, suelo o alimentos y que puede influir de manera diversa en la salud, sobrevivencia o actividades de seres humanos u otros organismos vivos.

**Contaminación del agua:** cualquier cambio físico o químico en las aguas superficiales o en las subterráneas, capaz de causar daño a los organismos o volver al agua inapropiada para determinados usos.

**Contaminación del aire:** Presencia de una o más sustancias en el aire atmosférico en concentraciones lo bastante elevadas para dañar a los humanos, a otros animales, a la vegetación y a los materiales expuestos. El exceso de calor o ruido también pueden considerarse formas de contaminación del aire. Tales compuestos o condiciones físicas se conocen como agentes contaminantes del aire.

Contaminación por ruido: todo sonido indeseado, molesto o peligroso, que deteriora o interfiere con la audición, es causa de estrés, perturba la concentración mental y la eficiencia en el trabajo, o causa accidentes.

Crecimiento exponencial: crecimiento en el que una cantidad, como el tamaño poblacional o la producción económica, se incrementa sucesivamente en un porcentaje fijo en un período de tiempo dado; cuando se grafica el incremento de la cantidad a través del tiempo, se obtiene una curva de crecimiento llamada “en J”, por su forma.

Curva en “J”: gráfica con forma parecida a la de la letra J, y que representa un crecimiento de tipo exponencial (rápida multiplicación).

Curva en “S”: nivelación de una gráfica de crecimiento exponencial, curva en “J” cuando una población en rápido crecimiento rebasa la capacidad sustentadora de su medioambiente y cesa de aumentar.

## D

DDT: símbolo del diclorodifeniltricloroetano, un hidrocarburo clorado que se ha usado mucho como plaguicida nocivo.

Deciduo: se dice de los vegetales que pierden algunos de sus órganos en ciertas épocas del año.

Deforestación (o desforestación): acción de talar y retirar árboles de un área forestal o boscosa, sin hacer después una adecuada replantación.

Demografía: estudio de características y cambios en el tamaño y estructura de la población humana en todo el mundo, o en alguna área geográfica.

Densidad de población: número de organismos de una población en particular que se encuentran en un área determinada.

**Depredación:** situación en la que un organismo de una especie (depredador) captura y se alimenta con partes o todo un organismo de otra especie (presa o depredado).

**Desarrollo económico sustentable:** formas de crecimiento económico y actividades que no agotan o degradan recursos naturales de los que depende el crecimiento económico actual y futuro.

**Desarrollo sustentable (o sustentador):** véase desarrollo económico sustentable.

**Desertificación:** conversión en pastizal, tierras cultivadas con riego de estación, o tierras irrigadas en terreno desértico, con una caída en la productividad agrícola del 10 % o más. Por lo general se debe a una combinación de sobrepastoreo, erosión del suelo, sequía prolongada y cambio del clima.

**Desierto:** bioma en donde la evaporación supera a la precipitación, y la precipitación media es menor de 25 cm al año. Tales áreas tienen poca vegetación o esta se halla muy dispersa y es en gran parte de escasa altura.

**Detritívoro:** organismo consumidor que se alimenta de detritos, o sea restos de organismos muertos y otros fragmentos y desechos de organismos vivos. Los dos tipos principales son los degradadores y los saprobiontes.

**Dinámica poblacional:** principales factores bióticos y abióticos que tienden a hacer que aumente o disminuya el tamaño de una población, así como su composición por sexo y edad de una especie.

**Dispersión poblacional:** patrón general según el cual se ordenan los miembros de una población en su hábitat.

**Diversidad biológica (o biodiversidad):** variedad de especies (diversidad de especies), variabilidad genética entre individuos dentro de cada especie (diversidad ecológica).

**Dulceacuicola:** ecosistema de aguas dulces o continentales formado por ríos, lagos, pantanos y arroyos.

## **E**

**Ecología:** el estudio de las interacciones de los seres vivos entre sí y con su ambiente inanimado o no vivo de materia y energía; el estudio de la estructura y funciones de la naturaleza.

**Ecosfera:** gama terrestre de seres vivos (que se encuentran en la biosfera) que interactúan entre sí y con su medioambiente inanimado (materia y energía) en todo el mundo; el conjunto de todos los ecosistemas de la tierra.

**Ecosistemas:** comunidad de diferentes especies que interactúan entre sí y con los factores físicos y químicos que conforman su entorno no vivo.

**Edáfico:** relativo al suelo.

**Efecto de invernadero:** fenómeno natural que retiene calor en la atmósfera (en su troposfera), cerca de la superficie terrestre. Parte del calor que fluye desde la superficie de vuelta hacia el espacio es absorbido por vapor de agua, dióxido de carbono, ozono y muchos otros gases que hay en la atmósfera, y que después se vuelve a irradiar de vuelta hacia la superficie. Si aumentan las concentraciones atmosféricas de estos gases de invernadero, la temperatura promedio de la baja atmósfera aumentará de manera gradual.

**Emigración:** migración hacia afuera de un país o región para establecerse de manera permanente en otro país o región. Compárese con inmigración.

**Endoparásito:** organismo que vive en el interior de otro a expensas de él.

**Energía:** capacidad de hacer un trabajo físico a partir de acciones mecánicas, térmicas, químicas o eléctricas, o de causar una transferencia de calor entre dos objetos que se hallen a distintas temperaturas.

**Energía solar:** energía radiante directa proveniente del Sol, y cierto número de formas indirectas de energía que se producen

a partir de la radiación directa. Las principales formas indirectas de energía solar incluyen la del viento, del flujo y caída de agua (hidroenergía) y de la biomasa (energía solar convertida en energía química almacenada en los enlaces de compuestos orgánicos de árboles y otras plantas).

Eólico: relativo al viento.

Epífita: planta que vive sobre otra sin sacarle elementos nutrientes.

Erosión: procesos o grupos de procesos por los que los materiales térreos, sueltos o consolidados, se disuelven disgregan y desgastan, pasando de un lugar a otro.

Esmog (o neblumo): originalmente se designó como smog una combinación de humo (*smoke*) y niebla (*fog*), pero en la actualidad se utiliza para describir otras mezclas de contaminantes en la atmósfera.

Especie: grupo de organismos semejantes en apariencia, comportamiento, constitución y procesos químicos y estructura genética. Los organismos que se reproducen sexualmente se clasifican como miembros de la misma especie solo si son capaces, de hecho o potencialmente, de entrecruzarse y tener descendencia fecunda o fértil.

Especies especialistas: especies con un nicho ecológico estrecho. Solo pueden vivir en un tipo de hábitat, tolerar una variedad restringida de condiciones climáticas, u otras condiciones del ambiente, o utilizar solo unos pocos tipos de alimento.

Especies generalistas: especies con un nicho ecológico amplio. Pueden vivir en muchos lugares distintos, alimentarse de una gran variedad de alimentos y tolerar un amplio espectro de condiciones ambientales. Ejemplos de esto son las moscas, cucarachas, ratas y seres humanos.

Estrategas K: especies que tienen camadas escasas, con frecuencia más bien grandes, y que invierten gran cantidad de tiempo

y energía para asegurar que la mayor parte de la descendencia alcance la edad reproductiva.

Estrategias r: especies que se reproducen temprano en su período de vida y que producen grandes números de descendientes, por lo común pequeños y de vida corta, en un intervalo de tiempo breve.

Eutroficación: cambios físicos, químicos, y biológicos que tienen lugar después de que un lago, un estuario o una corriente fluvial de flujo lento, reciben nutrimentos vegetales, en su mayor parte nitratos y fosfatos por la erosión natural y los escurrimientos desde la cuenca circundante.

Evolución: cambios en la composición genética (acervo de genes) de una población, expuesta a nuevas condiciones ambientales, como resultado de una reproducción diferencial. La evolución puede dar lugar a que de una misma especie se originen dos o más especies distintas.

Extinción: completa desaparición de una especie en la tierra. Esto ocurre cuando una especie no se puede adaptar y reproducir con éxito bajo nuevas condiciones ambientales, o bien evoluciona para dar origen a una o más especies nuevas.

## **F**

Factor limitante: factor que limita el crecimiento, abundancia o distribución de la población de una especie en un ecosistema.

Fertilizante: sustancia química que enriquece los componentes químicos del suelo con el consiguiente aumento de su rendimiento.

Fitoplancton: pequeñas plantas, en su mayor parte algas y bacterias, y que se encuentran en los ecosistemas acuáticos.

Fotosíntesis: proceso mediante el cual las células vegetales con clorofila elaboran compuestos orgánicos a partir del agua, del gas carbónico, valiéndose de la energía solar.

## H

**Hábitat:** lugar o tipo de lugar en donde vive un organismo o una población de organismos.

**Herbívoro:** organismo que se alimenta de plantas. Ejemplos son venados, ovejas, grillos y zooplancton.

**Herbicida:** compuesto químico para matar una planta o inhibir su crecimiento.

**Heterotróficos:** organismos que requieren un suministro de material orgánico (alimento del medio en que viven).

**Hidrocarburo:** compuesto orgánico de átomos de carbono e hidrógeno.

**Hidrosfera:** conjunto de aguas que ocupan la superficie de la tierra y saturan el suelo y las rocas.

**Humus:** residuo ligeramente soluble de material orgánico no digerido o parcialmente descompuesto, que se encuentra en el suprasuelo (o suelo superficial). Este material ayuda a retener agua y nutrientes solubles en agua, los cuales pueden entonces ser capturados por las raíces de plantas.

## I

**Inmigración:** migración de pobladores hacia un país o región para establecer ahí su residencia permanente.

**Insecticida:** compuesto químico para matar insectos.

**Intemperización:** procesos físicos y químicos en los que la roca sólida que se encuentra expuesta en la superficie terrestre experimenta cambios que separan las partículas sólidas y materiales disueltos, los que posteriormente pueden ser llevados a otro lugar en forma de sedimento.

**Intervalo de tolerancia:** variedad de condiciones físicas y químicas que se deben mantener para que poblaciones de una especie

en particular permanezcan vivas y crezcan, se desarrollen y funcionen de manera normal.

**Inversión térmica:** colocación de una capa de aire frío y denso, como atrapada bajo una capa de aire caliente menos denso. Esto impide el desarrollo de corrientes de aire ascendentes. En una inversión térmica prolongada, la contaminación en la capa de aire atrapada puede llegar a niveles peligrosos.

## **K**

**Kilocaloría (kcal):** unidad de energía térmica igual a 100 calorías (cal.).

## **L**

**Lago:** gran cuerpo natural de agua dulce estática que se forma cuando agua procedente de precipitación, escurrimientos superficiales y flujo de agua subterránea llena una depresión creada en la superficie de la tierra por glaciación, movimiento de tierras, actividad volcánica o por un meteorito gigantesco.

**Latitud:** distancia angular sobre la superficie terrestre medida a partir del Ecuador (hacia el norte o hacia el sur).

**Litosfera:** capa estructural sólida externa del globo terráqueo.

**Lixiviación:** proceso en el que diversas sustancias de las capas superiores del suelo son disueltas y arrastradas hacia las capas inferiores y, en algunos casos, hasta el agua subterránea.

**Lluvia ácida:** depositación ácida, que hace referencia a la depositación en gotas de ácidos y de precursores de estos.

## **M**

**Macronutriente:** elementos que una planta o un animal necesita para permanecer vivo y saludable. Ejemplos son el carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio.

**Meteorización:** proceso geológico de desintegración que sufren las rocas hasta convertirse en arena.

**Micronutriente:** elementos que una planta o un animal necesita, en cantidades pequeñas o trazas, para seguir vivo y saludable. Ejemplos son el hierro, cobre, zinc, cloro y yodo.

**Micorrizas:** combinación de las hifas de algunos hongos con la raíz de una planta con semilla.

**Mineral:** cualquier sustancia inorgánica natural que se encuentra en la corteza terrestre en forma de sólido cristalino.

**Mutualismo:** tipo de interacción especiaria en la que se benefician dos especies participantes en general.

## N

**Nicho ecológico:** modo de vida o función total de una especie en un ecosistema. Incluye todas las condiciones físicas, químicas y biológicas que necesita una especie para vivir y reproducirse en un ecosistema.

**Nivel trófico:** todos los organismos que se sitúan al mismo número de niveles de transferencia de energía más allá de la fuente energética original (por ejemplo, la luz solar) que ingresa en un ecosistema. Así todos los productores pertenecen al primer nivel trófico y todos los herbívoros al segundo nivel trófico, de una cadena o de una red alimentaria.

**Nutriente:** cualquier elemento que necesita un organismo para vivir, crecer y reproducirse.

## O

**Omnívoro:** organismo animal capaz de utilizar tanto plantas como animales como fuentes de alimento. Ejemplos son los cerdos, ratas, cucarachas y los humanos.

**Organismo:** cualquier sistema vivo (o forma de vida).

**P**

País subdesarrollado (PSD): país con un grado de industrialización, bajo a moderado y con un PNB por persona de bajo a moderado. La mayor parte de estos países se encuentran principalmente en el hemisferio sur, en África, Asia y América Latina.

País desarrollado (PD): país altamente industrializado y con un PNB elevado per cápita.

Parásito: organismo consumidor (huésped) que vive sobre o dentro, y se alimenta de una planta o animal vivos, conocidos como hospedantes durante un tiempo prolongado. El parásito extrae nutrimento de su hospedante, el cual se debilita de manera gradual. Esto puede llegar a matar o no al hospedante.

Perenne: planta que crece a partir de las raíces ya existentes cada año, y que no necesita ser sembrada o replantada.

Pesticida: sinónimo de plaguicida.

Petróleo crudo: líquido viscoso compuesto sobre todo por compuestos hidrocarbónicos, así como por pequeñas cantidades de compuestos que contienen oxígeno, azufre y nitrógeno. Después de ser extraído de yacimientos del subsuelo, se envía a refinerías de petróleo, en donde se transforma en aceite diesel, gasolina, alquitrán, aceite y otros materiales.

Pirámide de biomasa: diagrama que representa la biomasa, o peso en seco total, de todos los organismos vivos que pueden ser sostenidos en cada nivel trófico de una cadena o red alimentaria.

Pirámide de cantidades: diagrama que representa las cantidades (o números) de organismos de un tipo particular que son sostenibles, en cada nivel trófico, con un ingreso dado de energía solar en el nivel trófico, productor de una cadena o red alimentaria.

Pirámide de flujo de energía: diagrama que representa el flujo de energía a través de cada nivel trófico en una cadena o red alimentaria. Con cada transferencia de energía, solo una pequeña parte (casi siempre un 10 %) de la energía utilizable que entra a

un nivel trófico se transfiere a los organismos del siguiente nivel trófico.

Plaguicida: cualquier sustancia elaborada para matar o inhibir el crecimiento de un organismo que se considera indeseable.

Plancton: pequeños organismos vegetales (fitoplancton) y animales (zooplancton) que flotan y residen en los ecosistemas acuáticos.

Plantas: organismos eucarióticos, en su mayor parte multicelulares, como algas (rojas, azules y verdes), musgos, helechos, flores, cactus, pastos, frijol, trigo, árboles. Hacen uso de la fotosíntesis para producir nutrientes orgánicos para sí mismas y para los organismos que se alimentan de ellas. El agua y otros nutrientes inorgánicos se obtienen del suelo en el caso de las plantas terrestres, y del agua, para las acuáticas.

Plantas caducas: árboles, como robles, maples y otras especies arbóreas, que sobreviven a temporadas secas o frías, desprendiéndose de sus hojas en el otoño (caducifolias).

Plantas coníferas (o coníferas): árboles portadores de conos, en su mayor parte de verdor perenne (o siempreverdes), con hojas en forma de aguja o escamosas. Producen el maderamen que comercialmente se conoce como madera blanda.

Plantas perennes: plantas (“siempre verdes”) que mantienen parte de sus hojas o agujas durante todo el año (*perennifolias*). Ejemplos son los helechos, al igual que árboles coníferos (coníferas) tales como pinos.

Plantas suculares: plantas, como los cactus del desierto, que sobreviven en climas secos al no tener hojas, con lo que reducen la pérdida del agua, recurso escaso. Acumulan agua y utilizan la luz del sol para producir el alimento que necesitan en el grueso tejido carnoso de sus ramas y tallos verdes.

Población: grupo de organismos de la misma especie que viven en un área o región en particular.

Potencial biótico: tasa máxima a la que la población de una especie determinada puede aumentar cuando no hay límites de ningún tipo sobre su tasa de crecimiento.

Pradera: tierra que proporciona forraje o vegetación (dominan pastos, otras gramíneas, y arbustos) para pastura y ramoneo de animales, y que no se explota de manera intensa.

Presa: organismo (depredado) que es capturado y sirve como fuente de alimento para un organismo de otra especie (el depredador).

Principio de exclusión competitiva: dos especies no pueden ocupar exactamente el mismo recinto o nicho fundamental, de manera indefinida, en un hábitat en donde no hay la cantidad suficiente de un recurso en particular para satisfacer las necesidades de ambas especies.

Productividad: medida de la producción total de bienes económicos y servicios que produce el consumo de los factores de producción (recursos naturales, bienes de capital, mano de obra). Incrementar la productividad económica significa obtener mayor producción con menor inversión de los factores de producción.

Productividad primaria: la tasa a la cual los productores de un ecosistema capturan y almacenan una cantidad de energía química en forma de biomasa en un período o tiempo dado.

Productividad primaria neta: tasa con la que todas las plantas en un ecosistema producen energía química útil. Es igual a la diferencia entre la tasa con la que las plantas de un ecosistema producen energía química útil (productividad primaria) y la tasa con la que utilizan parte de esta energía en la respiración celular.

Productor: organismo que utiliza energía solar (plantas verdes) o energía química (algunas bacterias) para fabricar los compuestos orgánicos que necesita como nutrientes, a partir de compuestos inorgánicos más simples que obtiene de su entorno o ambiente.

## Q

Quimiosíntesis: proceso en el que ciertos organismos (en su mayor parte bacterias especializadas) extraen compuestos inorgánicos de su ambiente y los convierten en compuestos orgánicos nutritivos, sin la presencia de la luz solar.

## R

Radiación: flujo de partículas de rápido movimiento (radiación corpuscular) u ondas electromagnéticas de energía (energía radiante).

Reciclado (o reciclaje): acopio y reprocesamiento de un recurso, de modo que pueda transformarse en nuevos productos. Un ejemplo es la recolección de latas de aluminio, su fundición y empleo del metal para hacer latas nuevas u otros productos a base de aluminio.

Recursos naturales: extensión de la superficie sólida de la tierra, minerales y nutrientes del suelo, y capas más profundas de la corteza terrestre, agua, plantas, animales silvestres y domesticados, aire y otros recursos producidos por los procesos naturales de la tierra.

Red alimentaria: trama compleja formada por muchas cadenas alimentarias y relaciones de alimentación interconectadas.

Relación depredador-presa: interacción entre dos organismos de diferentes especies en la que un organismo, denominado depredador, captura y se alimenta de partes o de todo un organismo de otra especie, designado por presa.

Relación simbiótica: interacción entre especies en la que dos tipos de organismos viven juntos en asociación estrecha, con beneficios para miembros de una o de ambas especies.

Resistencia del ambiente: todos los factores limitantes que actúan en conjunto para restringir o limitar el crecimiento de una población.

Revolución industrial: el uso extendido de nuevas fuentes de energía proveniente de combustibles fósiles, y después también de “combustibles” nucleares, así como de nuevas tecnologías para cultivo de alimentos y manufactura de productos.

Río: cuerpo fluyente de agua superficial.

Roca: cualquier material pétreo del cual se forma una gran parte, natural y continua, de la corteza terrestre.

Ruta de migración: ruta, por lo general fija, a lo largo de la cual migran aves acuáticas de una región a otra en ciertas épocas del año.

## S

Salinidad: cantidad de diversas sales disueltas en un volumen dado de agua.

Selección natural: proceso en el cual algunos genes y combinaciones de genes en una población de una especie, se reproducen más que otros cuando la población se expone a un cambio o apremio sobre el ambiente. Cuando ciertos organismos de una población mueren en el transcurso del tiempo a causa de que no pueden tolerar un nuevo apremio (o estrés), son reemplazados por otros cuyos rasgos genéticos les permiten arreglárselas mejor con tal estrés. Cuando estos individuos mejor adaptados se reproducen, transmiten sus características adaptativas a su descendencia.

Sucesión ecológica: procesos en los que comunidades de especies animales y vegetales de un área en particular se ven reemplazadas a lo largo del tiempo por una serie de comunidades distintas y casi siempre más complejas.

Suelo: mezcla compleja de minerales inorgánicos (arcilla, limo, guijarros y arena), materia orgánica en descomposición, agua, aire y organismos vivos.

Sustancia química: uno de los millones de diferentes elementos y compuestos naturales y sinterizados por humanos.

Sustancia tóxica: sustancia que resulta mortal para seres humanos en dosis bajas, o mortal en más del 50 % de animales de prueba en concentraciones controladas. La mayor parte son neurotoxinas, las cuales atacan las células nerviosas.

## T

Tasa cruda de mortalidad: número anual de decesos por cada 1000 personas en la población de un área geográfica determinada a mediados de un cierto año.

Tasa cruda de natalidad: número anual de nacimientos de niños vivos por cada 1000 personas en la población de un área geográfica determinada a mediados de un cierto año.

Tasa de crecimiento: incremento en el tamaño de una población por unidad de tiempo (por ejemplo, año).

Tectónica de placas: teoría de los procesos geofísicos que explica los movimientos de las placas telúricas y los procesos que ocurren en los límites de estas.

Temperatura: medida de la velocidad media del movimiento de átomos, iones o moléculas, en una sustancia o combinación de sustancias en un momento determinado.

Trabajo: en física, lo que ocurre cuando se utiliza una fuerza para hacer mover una masa o cuerpo material en una cierta distancia, o comprimirla para elevar su temperatura. La energía se define como la capacidad de efectuar trabajo (físico o mecánico).

## Z

Zooplankton: plancton animal. Pequeños herbívoros flotantes que se alimentan de plancton vegetal (fitoplankton).

## Referencias bibliográficas

---

- ATLAS DE BIOLOGÍA. Cultural de Ediciones S.A.; Barcelona-España, 1990.
- ATLAS DE ECOLOGÍA. Nuestro planeta. Cultural de ediciones S.A.; Madrid-España, 1996.
- AULA. Ciencias Naturales. Cultural de Ediciones S.A.; Madrid-España, 1999.
- CASTAÑO URIBE, Carlos. Sierras y Serranías de Colombia. I/M Editores, Santiago de Cali-Colombia, 1999.
- CASTAÑO URIBE, Carlos. Colombia universo submarino. I/M Editores; Santiago de Cali-Colombia, 2000.
- CASTAÑO URIBE, Carlos. Selva húmeda de Colombia. Villegas Editores; Bogotá-Colombia, 1990.
- COLINVAUX, Paul. Introducción a la ecología. Editorial Limusa, S.A de C.V. México, D.F., 1991.
- CHACKIEL, Juan. "La población de América Latina, dinámica demográfica de 1990 a 2050". Revista Demos, 1994.
- COLOMBIA. PARQUES NACIONALES. Editorial FEN Colombia. Inderena, 1986.
- ENCICLOPEDIA GENERAL DE EDUCACIÓN. Tomo III. Editorial Océano; Barcelona-España, 1999.
- ENCICLOPEDIA VISUAL EDUCATIVA. Ciencias Naturales. Tomos I y II.. Océano grupo editorial; Barcelona-España, 1997.
- ENKERLIN, Ernesto. CARO, Jerónimo. GARZA, Raúl y VOGEL, Enrique. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thomson Editores S.A. de C.V.; México, 1997.
- GISPERT, Carlos. Enciclopedia Océano de la Ecología. Tomo I. Océano grupo editorial S.A.; Barcelona-España, 1995.

- GISPERT, Carlos. Gran enciclopedia de la ciencia y de la técnica. Volumen 2. Grupo editorial Océano; Barcelona-España, 1998.
- GUTIERREZ PÉREZ, José. La educación ambiental. Fundamentos teóricos, propuestas de transversalidad y orientaciones extracurriculares. Editorial La Muralla S.A.; Madrid-España, 1995.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, Jorge. Sabanas naturales de Colombia. Diego Samper Ediciones; Santafé de Bogotá, 1994.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, Jorge. Desiertos. Zonas áridas y semiáridas de Colombia. Diego Samper Ediciones; Santafé de Bogotá, 1994. [http://www.bede\\_asso.org/interface/encyclo/fiches/421\\_6dph.htm\\_9k](http://www.bede_asso.org/interface/encyclo/fiches/421_6dph.htm_9k).
- <http://usuarios.lycos.es/ambiental/atmosfer.htm/>.
- [http://www.wwf.org\\_co/colombia/noticias/articulos/saulo.php](http://www.wwf.org_co/colombia/noticias/articulos/saulo.php)
- <http://edafologia.ugr.es conta/tema11/concep.htm>.
- KREBS, Charles. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Editorial Harla S.A. de C.V.; México D.F., 1990.
- LÓPEZ SANTOS, Antonio. World Resources. La guía global del medioambiente. Población y medioambiente. Editorial Ecoespaña; Madrid, 1996.
- MÉNDEZ MENDOZA, José. Ecología. Editorial Universidad Santo Tomás-USTA; Santafé de Bogotá D.C., 1998.
- MIRACLE, María. Ecología. Colección Salvat, Tomo 65. 1995.
- MONTENEGRO TRUJILLO, Armando. El Caribe colombiano. Realidad ambiental y desarrollo. Editor CORPES; Santafé de Bogotá, 1992.
- ODUM, Eugene. Fundamentos de ecología. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V.; México D.F., 1986.
- OROZCO GÓMEZ, Martha. LORA FIGUEROA, Edgard y PÉREZ DÍAZ, Libardo. Fundamentos de educación ecológica. Universidad del Atlántico, 1995.
- PÉREZ PRECIADO, Alfonso. Ecología para todos. Una introducción a los problemas ecológicos colombianos. Segunda Edición. Editorial Banco de la República; Santafé de Bogotá, 1990.

- STOCKLEY, Corinne. Diccionario de Biología. Grupo Editorial Norma; Santafé de Bogotá, 1993.
- SUTTON, B. Y HARMON, P. Fundamentos de ecología. Editorial Limusa, S.A. de C.V.; México, 1985.
- TOLA, José. Atlas de Ecología. Editorial Programa Educativo Visual – IATROS; Santafé de Bogotá-Colombia, 1995.
- TRATADO UNIVERSAL DEL Medioambiente. Volumen 1. Rezza Editores; México, 1993.
- TYLER, E. Y MILLER Jr. Ecología y medioambiente. Editorial Iberoamérica S.A. de C.V.; México D.F., 1994.
- VON PRAHL., Henry. Manglares de Colombia. Villegas Editores; Santafé de Bogotá, 1990.
- [Webpages.ull.es/users/amedina/intro.htm\\_4k](http://Webpages.ull.es/users/amedina/intro.htm_4k)