

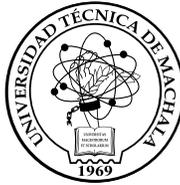
Principios de la Ecología General

Silvio Granda V, Víctor Hugo Gonzalez C, Marcelo Isaias López B



Universidad Técnica de Machala

Principios de la Ecología General



Ing. César Quezada Abad, MBA

RECTOR

Ing. Amarilis Borja Herrera, Mg. Sc.

VICERRECTORA ACADÉMICA

Soc. Ramiro Ordóñez Morejón, Mg. Sc.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

COORDINACIÓN EDITORIAL
VICERRECTORADO ACADÉMICO

Tomás Fontaines-Ruiz, PhD.

INVESTIGADOR BECARIO PROMETEO-UTMACH

ASESOR DEL PROGRAMA DE REINGENIERÍA

Ing. Karina Lozano Zambrano

COORDINADORA EDITORIAL

Ing. Jorge Maza Córdova, Ms.

Ing. Cyndi Aguilar

EQUIPO DE PUBLICACIONES

Principios de la Ecología General

Silvio Granda Velepucha

Victor González Carrasco

Marcelo López Bravo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
2016

Primera edición 2015

ISBN: 978-9978-316-95-5

D.R. © 2015, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Ediciones UTMACH
Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje
www.utmachala.edu.ec

ESTE TEXTO HA SIDO SOMETIDO A UN PROCESO DE EVALUACIÓN POR PARES EXTERNOS
CON BASE EN LA NORMATIVA EDITORIAL DE LA UTMACH.

Portada:

Concepto editorial: Jorge Maza Córdova
Samanta Cabezas (Est. de Comunicación Social)

Diseño, montaje y producción editorial: UTMACH

Impreso y hecho en Ecuador
Printed and made in Ecuador

Advertencia: “Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, existente o por existir, sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos correspondientes”.

Dedicatoria

*A mis hijos y nietos A mis hermanos
Especialmente a quienes me enseñaron que la única
libertad del ser humano, está en su superación personal
e intelectual.*

*A ellos, a los seres que amaré por siempre..... a mis
padres.*

Silvio

*A la memoria de mi padre, a mi madre, esposa, a mis
hijas y nieta, hermana/os
Que me apoyaron y han estado a mi lado todo el tiempo.*

Victor Hugo

*A mi esposa que cambio el argumento de mi vida, a
Marcela, Gabriela, Bertha, Marcelo y Thiago que son
mi inspiración y la continuación de mi existencia para
seguir soñando en un mundo mejor.*

Marcelo

Índice

Recomendaciones generales para el uso del libro	19
Objetivos Generales	21
Nociones básicas de la ecología	23
Importancia de la Ecología	25
Historia de la Ecología	26
Relación con otras ciencias	27
Espectro biológico de la Ecología	28
Dinámica poblacional	29
Concepto de población	29
Características de la población Biomasa	29
Densidad	30
Valoración de la densidad	31
Natalidad	38
Mortalidad	39
Crecimiento	41
Estructura	46
Heterogeneidad	52
Acciones recíprocas entre las poblaciones	53
Preguntas de autocontrol	56
Bibliografía Consultada	59

Conceptos del sistema biológico y de la comunidad	61
Concepto de Comunidad	62
Características de la comunidad	62
Tamaño y límites	62
Diversidad	63
Estructura	65
Biomasa	66
Biomasa y tipos	67
Tundra	68
Taiga	70
Bosque templado caducifolio	71
Bosque tropical húmedo	72
Pastizal	73
Desierto	74
Dehesa	76
Impacto Ecológico en nuestro medio	77
Generalidades	77
Impacto en las aguas	79
Impacto del suelo	81
Impacto del aire	86
Preguntas de autocontrol	89
 Bibliografía consultada	 91
 Características del ecosistema y su flujo energético	 93
¿Qué son los ecosistemas?	94
Ecotonos	97
Estructura de los ecosistemas: bióticos y su categoría; abióticos	99
Estructura biótica	
Factores abióticos	
Categoría de los organismos	100
Consumidores y descomponedores	
Saprófitos	
Asociaciones alimentarias	108

Niveles tróficos	
Relaciones no alimentarias	111
Factores abióticos	
Ley de factores limitantes	117
Relaciones entre autótrofos y heterótrofos	120
Clima y Microclima	121
Implicaciones para el hombre	126
Elementos vida y energía	132
Organización de los elementos en los seres vivos e inertes: la molécula.	133
Consideraciones energéticas: materia y energía	136
Leyes de la energía: leyes de la termodinámica.	139
Flujo de energía y circulación de la materia, tipos de energías	141
Cambios de materia y energía en los ecosistemas	145
Fotosíntesis	145
Fases de la fotosíntesis	147
Respiración celular	149
Función nutricional de los alimentos	150
Principios del funcionamiento de los ecosistemas	153
Los ciclos de los nutrientes: carbono, nitrógeno y fósforo	153
Modelos de ecosistemas	
Principales tipos de ecosistemas en base a fuente y energía	170
Normas de la acuicultura orgánica	175
Preguntas de repaso	184
 Bibliografía	 187
 Biodiversidad y calentamiento global	 189
¿Qué es Biodiversidad?	190
Los tres niveles de la Biodiversidad	192
Componentes de la biodiversidad	194
¿Cuál es el valor de la biodiversidad?	194

Ecuador megadiverso	199
La diversidad de los ecosistemas del Ecuador	200
¿Cómo se conserva la biodiversidad en el Ecuador?	203
El Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP	205
Centros de tenencia de fauna	206
Estado de conservación y amenazas a la biodiversidad del Ecuador	213
Uso sustentable de la biodiversidad	213
Calentamiento global.	218
¿Cuáles son los efectos del calentamiento global?	219
¿Qué ocurre a nuestro clima?	220
¿Cuál es el efecto del calentamiento global sobre la salud humana?	221
Calentamiento global: causas y soluciones	223
Efecto Invernadero	223
La Niña y el Calentamiento Global	228
Clima fluctuante	229
El rol de los océanos	235
El micro plancton como herramienta paleo climática	237
El flujo de sedimentos	243
Rol de los Bosques	247
Nube Negra: contaminación empresas Internet	248
Preguntas de autocontrol	250
 Bibliografía	 251
 Índice de cuadros, graficas, imágenes y fotografías	 253
 Biografía	 257

Albert Einstein: La Crisis

“No pretendamos que las cosas cambien, si siempre hacemos lo mismo. La crisis es la mejor bendición que puede sucederle a las personas y países, porque la crisis trae progresos. La creatividad nace de la angustia, como el día nace de la noche oscura.

En la crisis nace la inventiva, los descubrimientos y las grandes estrategias. Quien supera la crisis, se supera a si mismo sin quedar superado. Quien atribuye a la crisis sus fracasos y penurias, violenta su propio talento y respeta más a los problemas que a las soluciones. La verdadera crisis, es la crisis de la incompetencia.

El inconveniente de las personas y los países es la pereza para encontrar las salidas y las soluciones.

Sin crisis no hay desafíos, sin desafíos la vida es una rutina, una lenta agonía. Sin crisis no hay méritos. Es la crisis donde aflora lo mejor de cada uno, porque sin crisis todo viento es caricia.

Hablar de crisis es promoverla, y callar en la crisis es exaltar el conformismo. En vez de esto trabajemos duro. Acabemos de una vez con la única crisis amenazadora que es la tragedia de no luchar por superarla “

Presentación

Hacer la presentación de una obra de interés en el campo educativo, implica no sólo hacer una síntesis sobre la importancia del contenido de la misma; sino, de una manera muy concreta revisar los méritos que resultan la personalidad del autor.

Al revisar la hoja de vida de los autores que desde las aulas de la Universidad Técnica de Machala, demostraron su apego a la naturaleza y a la preservación de su entorno donde habita, esto se reafirma porque han ejercido durante su estancia en este centro superior cátedras a fines al medio ambiente.

Luego gracias al deseo ferviente de nuestra Universidad por apoyarnos y prepararnos en estudios de Postgrado en diferentes instituciones de educación superior en diferentes países.

Hoy, desde una nueva perspectiva, a través de la multiplicación de sus conocimientos, experiencias e investigación constante, presentan la restructuración de la obra: PRINCIPIOS DE LA ECOLOGÍA GENERAL, que, sin lugar a dudas se constituirá en una herramienta básica de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje en las aulas de la Universidad.

La obra está diseñada en cuatro capítulos: el primero se refiere a los conocimientos básicos de la Ecología, el segundo a los conceptos del sistema biológico y de la comunidad, el tercero a las características del ecosistema y su flujo energético y el cuarto a la biodiversidad y el calentamiento global.

Por su contenido, la obra amerita ser acogida como texto docente en el nivel superior de la Universidad y consulta a nivel profesional; en donde el tratamiento de los conocimientos sobre la Ecología y

la Preservación del Medio Ambiente determinará un mejor control del entorno.

Ing. Ac. Cesar Quezada Abad, MBA.

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA

Introducción

En este acápite introductorio se hace referencia del proceso seguido para el desarrollo del texto docente “Principios de la Ecología General”.

La selección del tema se justificó, entre otras razones por la necesidad de contar con un documento de consulta, con la finalidad de esclarecer los problemas que se presentan a diario en el campo productivo acuícola y agropecuario; ya que no existe por el momento un texto en forma tan explícita y rápida para dilucidar cualquier inconveniente que se presentare en los ecosistemas naturales de nuestro entorno.

El objetivo fundamental ha sido elaborar un texto didáctico que facilite el proceso enseñanza-aprendizaje y sirva de auxiliar tanto para el profesor cuanto para el alumno.

Si bien es cierto, no ha sido producto de una investigación pura, ha sido necesario cumplir con algunas tareas que han demandado investigación bibliográfica e incorporación de trabajos profesionales y ejercicios de aplicación desde la cátedra.

Las tareas previas para la elaboración de este texto han sido:

- Sistematización de contenidos teóricos de diversos textos que se ha utilizado en la Cátedra, de los cuales se elaboraron fichas bibliográficas.

- Incorporación de experiencias prácticas del ejercicio profesional en diferentes áreas profesionales como acuícola, agropecuaria y química.

- Aprovechamiento de las prácticas de campo con los alumnos desde tareas elementales como la utilización de técnicas y otros elementos del ecosistema, hasta cálculos estadísticos para valorar las poblaciones de estos naturales y análisis de laboratorio. Experiencias que se hacen constar en los contenidos teórico-prácticos del texto.

- Análisis de los diferentes programas en cada una de las mallas curriculares de las áreas a cargo de los docentes, y la relación de los contenidos con el perfil profesional de las carreras profesionales, con la finalidad de actualizar los contenidos con información pertinente.

- Consultas a colegas de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Química y de la salud, especializados en diferentes áreas de actividad biológica.

Para la elaboración del texto se ha considerado algunas teorías, de enseñanza-aprendizaje con la finalidad de que el proceso educativo se logren aprendizajes significativos y funcionales; es decir, que a más de ser temas motivadores sean un aporte real para el desarrollo del perfil profesional de los estudiantes y sean asimilados de manera comprensiva para que al alumno les de la importancia debida; y, funcionales porque realmente van a tener utilidad práctica en su desempeño profesional.

La estructura del texto se ha concebido bajo la metodología del texto docente, es decir su función específica, es de hacer del conocimiento científico enseñable y aprendible; de allí que en su estructura, se hace constar en cada unidad los siguientes elementos:

- Preguntas de reflexión.
- Objetivos.
- Contenidos.
- Preguntas de autocontrol.
- Bibliografía consultada.

Recomendaciones generales para el uso del libro texto

Es necesario después de conocer el libro-texto, usarlo en forma correcta para comprender y obtener información.

A. Examinar los títulos y subtítulos de cada una de las unidades a fin de responder a la siguiente pregunta: ¿Qué conozco realmente de este tópico?

- Después de leer todos los títulos y subtítulos, preguntarse: Cómo se relacionan entre sí. Escribir las palabras claves de estos títulos que podrían proveer conexiones entre sí.

- Lea el texto, ahora, regrese al primer título y lea su contenido. Ponga atención en las ideas que expresan información importante acerca del título, y si desea hay que marcarlos. Antes de pasar asegúrese de que entiende las ideas principales.

- Realizar un bosquejo de estas ideas importantes, enunciando el título y escribiendo sin mirar la información más relevante del mismo.

- Revisar y mirar nuevamente el texto y así verificar con precisión las ideas que se escribió. Corrija de ser necesario.

B. Las actividades prácticas se realizan por medio de guías y ejercicios. Ejemplo: determinación de la densidad de una población en un ecosistema utilizando cálculos biológicos y luego estadísticos.

- El desarrollo de las destrezas básicas frente al ecosistema, por parte del alumno, está en determinar en forma segura la necesidad de la sociedad de una preservación de la naturaleza, mediante diversos tipos de diagnósticos a fin de evaluar taxonómica, cualitativa y cuantitativamente la flora y fauna del ecosistema a estudiarse.

C. Insistir en la importancia de la búsqueda de la información científica actualizada, de acuerdo al tema a tratarse.

D. Cada unidad de la asignatura consta: Título de la Unidad, Didáctica, Objetivos, Contenidos, Metodología de trabajo, Preguntas de autocontrol y Bibliografía consultada.

E. Para el tratamiento de estos contenidos los estudiantes deben, como prerequisite tener conocimientos básicos sobre elementos de matemáticas y estadística.

Objetivo general

Proporcionar un texto guía, útil para la enseñanza- aprendizaje de la Ecología general, y en particular el funcionamiento de los ecosistemas y los factores que lo alteran, a través de la información presentada.

Objetivos específicos

Aplicar los conocimientos adquiridos de la Ecología en la vida diaria práctica de cada ser humano, con la finalidad de tratar de comprender a la naturaleza y así cuidar el ecosistema.

Establecer en forma práctica mediante una hoja de campo, el conocimiento y evaluación general del ecosistema estudiado.

Mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ecología general, frente al uso irracional de la naturaleza; y aplicar técnicas para el mantenimiento y conservación del entorno.

Nociones básicas de la ecología

Debemos preservar la naturaleza como el hábitat de las especies en general y particularmente del hombre.

Preguntas de reflexión

- ¿Qué criterio tiene sobre la Ecología?
- ¿Cómo la Ecología influye a la conservación de su entorno?
- ¿Qué es la población en Ecología?
- ¿Qué relación hay entre los índices de población y los ecosistemas?
- ¿Qué tipo de acciones recíprocas se dan entre las poblaciones?

Objetivos:

- Utilizar adecuadamente los conceptos básicos de la Ecología a fin de prever el daño irreversible del ecosistema.
- Manejar las herramientas adecuadas para cuidar la naturaleza.

Contenidos:

Nociones básicas de la Ecología
Importancia de la Ecología
Historia de la Ecología
Relación con otras ciencias

- Espectro biológico de la Ecología
- Dinámica poblacional
- Concepto de población
- Características de la población Biomasa
- Densidad
- Natalidad
- Mortalidad
- Crecimiento
- Estructura
- Heterogeneidad
- Acciones recíprocas entre las poblaciones

Nociones básicas de la Ecología

Concepto.- La Ecología es la ciencia que estudia las interrelaciones de los organismos y su ambiente natural; entendido como la combinación de los factores abióticos y los factores bióticos. su nombre proviene del griego *Oikos*, que significa casa o lugar donde se vive y *Logos*, estudio o tratado.

La Ecología intenta explicar por qué, cómo se establecen y desarrollan los seres vivos dentro de un ecosistema, pues en la actualidad se da gran importancia al conocimiento y estudio de la ecología, pues desafortunadamente estamos destruyendo nuestro ambiente y extinguiendo especies animales.

De tal manera que literalmente hablando, la Ecología se refiere al estudio de los pobladores de la tierra, incluyendo plantas, animales, microorganismos y el género humano; quienes conviven a manera de componentes dependientes entre sí. La Ecología no solo tiene relación con los organismos sino con flujos de energía y con los ciclos de la materia en todos los hábitats; por ello, también puede considerarse como el estudio de “la estructura y función de la naturaleza” entendiendo que la humanidad es parte de esta última. De aquí aparece la Ecología humana, que es el estudio de los ecosistemas desde el punto de vista de la forma en que afectan a los seres humanos y en la que resultan afectados por ellos.

La Ecología humana incluye conocimientos de muchas ramas del saber: aspectos químicos, económicos, políticos, sociales, éticos, y también estrictamente biológicos. A medida que las interacciones del

hombre con el ambiente se hacen más drásticas, mayor número de personas se preocupan de la Ecología humana (estudios ambientales). En la actualidad, un comité que trabaje sobre un problema particular de Ecología humana, está formado por físicos, analistas de sistemas, urbanistas, biólogos, químicos, economistas, historiadores, políticos, ejecutivos, líderes sindicales y científicos de la conducta. Cada uno contribuye con sus conocimientos específicos para resolver el problema.

Importancia de la Ecología

Actualmente la especie humana ha quedado expuesta a muchos peligros gracias a la creciente explotación de los recursos naturales y la degradación de los ecosistemas, la ecología es una ciencia que tiene que ver con todo lo relacionado con la “salud” del planeta es decir: aguas limpias, incendios forestales, cambio climático, sustancias tóxicas, centrales nucleares, alimentos transgénicos, consumismo etc.

Es importante cuidar nuestro planeta, nuestro ambiente donde vivimos, nuestro mundo para mejorar nuestro presente, nuestra vida, nuestro futuro y el de nuestros descendientes.

Es muy triste que por causa de la contaminación global se hayan perdido tantas especies animales y partes de territorios a nivel mundial.

Por ello creemos que es fundamental concienciar a la humanidad (culpables en mayor parte) para que estén informados de lo que ocurre realmente y que tomen medidas urgentes.

Por lo tanto la ecología es la rama de la biología que se encarga de estudiar las relaciones de los seres vivos con su ambiente y su importancia radica en que nos ayuda a comprender cuál es el papel de un organismo en un ambiente dado, y cuáles serían las consecuencias de su desaparición o por el contrario de su aumento de forma incontrolada (plagas), su uso principal es para determinar si un área puede ser explotada por el hombre, cuanto, cuando, como y para que, así también se encarga de determinar cuáles áreas no deben de ser desarrolladas debido a su importancia.

En Ecología no es preciso detenerse a estudiar la organización y funcionamiento de los seres vivos que forman los ecosistemas, ni la biosfera entera; para ello, existen ciencias como la botánica, la zoología, la bacteriología, la fisiología, entre otras.

Historia de la Ecología

La relación entre los organismos y el ambiente se remonta a más de 3500 millones de años, cuando los primeros organismos vivos hicieron su aparición sobre la Tierra. A partir de este momento empezó la interacción de éstos con el medio, en su lucha por la existencia.

A pesar de las ideas ecológicas que aparecen en los escritos de los filósofos griegos, fue hasta principios del siglo XIX que la Ecología se consideró una ciencia por derecho propio. Se aceptó como una rama de las ciencias biológicas debido a que se desarrolló dentro de la historia natural. A menudo se la denomina biología ambiental.

Los conceptos ecológicos varían a través del tiempo; en 1805 Alexander Von Humbolt en su “ensayo sobre la geografía de las plantas”; luego Grisebach en 1838 con el concepto de “formación fitogeográfica” ha tomado un curso en la historia en aspectos ecológicos, término que en particular fue propuesto por el biólogo alemán Ernest Haeckel en 1879 quien indicaba que la Ecología estudia las relaciones de un organismo con su ambiente inorgánico u orgánico, experimentando un verdadero y decidido desarrollo hasta las últimas décadas del siglo XX (Margalef, R. 1977).

Algunos de los conceptos habían ido surgiendo con anterioridad, esporádicamente y de forma aislada en las obras de algunos científicos y naturalistas. Por ejemplo, en el siglo XVII Antón Van Leewenhock, un ingenioso comerciante holandés, constructor de microscopios hace interesantes observaciones y estudia las “cadenas alimenticias” y la “regulación de las poblaciones”.

Charles Darwin en 1882 en su obra sobre “el origen de las especies” extendió esta misma idea al mundo animal, los conceptos “lucha por la existencia” y “supervivencia del más apto”, tienen en realidad un alto significado ecológico para llegar a comprender de forma unitaria y evolucionista la naturaleza.

Wallace, en 1913, autor junto con Darwin de la teoría evolucionista de la selección natural aparece como el fundador de la zoogeografía. Después aparecen otros científicos; Forbes, Hengen, Wegner,... etc. que aportan nuevos enfoques ecológicos en sus estudios respectivos (Margalef, R. 1977).

A pesar de las notables contribuciones científicas, coexistían por entonces varios conceptos ecológicos: la animal y la vegetal, la terrestre y la acuática. A partir de 1930 se puede decir que se estructura una Ecología general que abarca todos los sectores y establece principios generales y una metodología aplicable a todos los organismos vivos, además del estudio de las relaciones entre sí y con el medio en que habitan.

Relación con otras ciencias

La ecología experimentó un gran desarrollo, pues, la Ecología no solo sigue despertando el interés de los estudiosos y científicos, sino que día a día ha interesado a una buena parte de la sociedad. El rápido crecimiento demográfico con la consiguiente demanda de recursos, la progresiva industrialización, las nuevas energías, el creciente uso y abuso de los abonos y pesticidas, la alarmante contaminación de las aguas, etc., en fin el deterioro del medio ambiente; los ecólogos tratan de organizar el conocimiento humano acerca de las interacciones que se presentan en la naturaleza. En este interactuar, los organismos nacen, crecen, se relacionan, se reproducen y mueren. Por lo mismo, además de recurrir a las ciencias biológicas básicas, la ecología requiere de disciplinas y ciencias auxiliares que expliquen estos fundamentos propios de los seres vivos. Bajo esta perspectiva, la visión de la Ecología respecto a la naturaleza tiene un nuevo enfoque de análisis y de síntesis. Hacia la ecología se enfocan conceptos biológicos básicos que, en conjunto, generan un nuevo concepto biológico integrador que explica los eventos de la naturaleza, cómo está formada y como funciona. Con todos estos antecedentes, nació la ecología como una ciencia integradora de muchas disciplinas y de otras ciencias, con lo cual se pudo explicar claramente cómo es que los organismos viven en diferentes hábitats del planeta, su distribución y entre otras cosas su abundancia. Por lo que la Ecología está profunda e inseparablemente relacionada con otras disciplinas, como la zoología, la geografía, la botánica, la edafología, la estadística, las matemáticas, física, química, la salud pública, la sociología, etc.,... Los conocimientos por estas ramas del saber le permiten elaborar, aplicando sus propios métodos

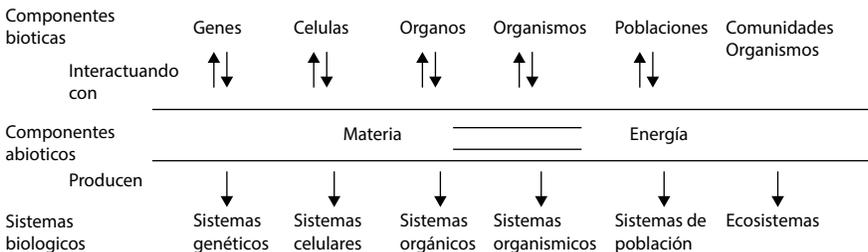
una versión específica de la naturaleza y una formulación de nuevos principios biológicos. Se trata, pues, más bien de una ciencia de síntesis más que de análisis. No obstante, la conexión profunda entre la Ecología y otras ciencias biológicas, no desdibujan los límites propios que la configuran.

Práctica de campo con los estudiantes: La ecología y su relación con otras ciencias (La meteorología y su incidencia con los cultivos agropecuarios) .Valoración de factores abióticos.

Espectro biológico de la Ecología

La mejor manera de delimitar la Ecología moderna consiste en considerarla en términos del concepto de “niveles de organización”, vistos como un espectro biológico. Para explicarlo Odum, utiliza básicamente la figura 1.2.

Figura 1.2: Espectro de los niveles de organización de Odum



Interpretación:

Cada nivel de organización (de izquierda a derecha) incluye un componente biótico que interactúa con un componente abiótico, a través de un intercambio de materia y energía. Cada uno de los niveles que interactúan, a su vez produce un sistema biológico funcional que resulta distinto.

En este espectro, parece, a simple vista, que los componentes pequeños y simples se presentan a la izquierda y que los grandes y complejos aparecen a la derecha, cada uno de los componentes bióticos representa un nivel de organización con sus complejidades propias, tanto en lo que se refiere a estructura como a funcionamiento. Cada

nivel tiene sus características propias, ya que, conocer los problemas de organización de un nivel por parte del científico, no ayuda necesariamente a resolver problemas principales de otro nivel. Pues, la Ecología se ocupa, en gran parte, de los niveles de organización situados en el extremo derecho del espectro, esto es, de los niveles más allá del organismo: población, comunidad y ecosistema.

Dinámica Poblacional

Concepto de población

En Ecología el término población se aplica a un grupo de individuos de una misma especie (que procrean entre sí) o personas que habitan en un área geográfica determinada o concreta. Ejemplo, población de gaviotas, cabras, camarones, delfines, plantas de maíz, etc.

Ahora bien, el arreglo diverso de especies no es estático ya que las poblaciones de organismos cambian continuamente tanto en tamaño como en complejidad genética, en respuesta a los cambios producidos dentro de su ambiente. Las poblaciones de plantas, animales y microorganismos forman una comunidad biológica y ésta, a su vez, mantiene su unión por medio de una intrincada red de relaciones. No está de más recordar, que esta red de seres vivos se encuentra inmerso en un ambiente físico con el que interacciona y al cual modifica. Estos cambios se presentan como resultado de una selección natural.

La población presenta una serie de atributos biológicos o características que comparte con los organismos que la forman, pero al mismo tiempo, posee otra serie de propiedades de grupo que le son propios y exclusivos. Estas propiedades son: biomasa, densidad, natalidad, mortalidad y un patrón de dispersión en el tiempo y en el espacio.

Características de la población

Biomasa.- Es el peso de la materia fresca o seca de los organismos que forman la población por unidad de superficie o volumen. Ejemplo: 500 t/ha de madera; 1500 kg/ha de camarón ,4000 lb/100 m² de

galpón de pollos. Prácticas realizadas con estudiantes de la Esc. de Acuicultura, Veterinaria y Economía Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, como ejercicio de la cátedra.

La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal con fines eminentemente energéticos, energía que almacenan los seres vivos. Primero los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas; después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. Desde principios de la historia de la humanidad, la biomasa ha sido una fuente energética esencial para el hombre, con la llegada de los combustibles fósiles este recurso energético perdió importancia en el mundo industrial, en la actualidad los principales usos que tiene son domésticos. De aquí que encontramos tres tipos de biomasa:

- Biomasa Natural, aquella que produce la naturaleza sin intervención humana.
- Biomasa Residual, es la que genera cualquier actividad humana, principalmente en los procesos productivos: agricultura, acuicultura, ganadería, aguas residuales, basura, etc.
- Biomasa Producida, es la que se cultiva con el propósito de obtener biomasa transformable, por ej. en combustible, en vez de producir alimentos (ethanol).

Densidad.- Es la magnitud de la población en relación con alguna unidad de espacio. Esta magnitud puede ser expresada: en número de individuos, en biomasa o en contenido energético. La unidad de espacio puede ser superficie o volumen (en algunos casos también se utiliza unidad de masa) por ejemplo, la densidad de algunas poblaciones se puede expresar como: 200 pinos por hectárea, 13 cangrejos por metro cuadrado, dos cabezas de ganado/ha (trabajo realizado en la Prov. de El Oro – Ecuador, con los estudiantes de la Escuela de Acuicultura, Veterinaria, Economía Agropecuaria de la Universidad Técnica de Machala), 600 000 bacterias por gramo de suelo, 100 camarones por metro cuadrado, (práctica efectuada al calcular la densidad poblacional en las camaronerías Marecuador - Prov. de El Oro - Ecuador, con los estudiantes de la Escuela de Acuicultura de la Universidad Técnica de Machala).

Clases de densidades y sus expresiones son: densidad bruta y densidad específica o ecológica.

Densidad bruta, es el número de organismos o la biomasa de la población por unidad de espacio real. Su ecuación es la siguiente:

$$Db = \frac{\text{No. de organismos}}{\text{Unidad de espacio}}$$

(1)

Donde,

Db = densidad bruta (especie/área)

No. Org = cantidad de organismos capturados

(n=100)

Unidad de esp. = área de muestreo

Ejemplos:

$$\frac{\text{No. de larvas}}{\text{litro de agua}} \cdot \frac{\text{peso de tilapias}}{\text{metro cúbico}} \cdot \frac{\text{No. de malezas}}{\text{metro cuadrado}}$$

Densidad específica o ecológica, también denominada neta y económica; es el número de organismos o la biomasa de la población por unidad de superficie o volumen que la población puede efectivamente habitar.

$$D = \frac{\text{Número de organismo}}{\text{Unidad de espacio (capacidad de sostenimiento del hábitat)}}$$

(2) Donde, De = densidad específica (especie/área)

La valoración de la densidad de una población no siempre resulta una tarea sencilla, de ahí que exista una serie de métodos diferentes entre los cabe señalar:

1) Censo directo o conteo; aplicable a zonas concretas en el caso organismos grandes, muy visibles o agregados en colonias, como, por ejemplo, los árboles de un bosque, los grandes mamíferos que forman grandes grupos en áreas muy concretas.

2) Método de caza, marcado y nueva captura; utilizado en el caso de animales móviles, consiste en capturar una muestra de la población, marcarla y volverla a soltar. En una nueva captura de individuos se observa la proporción de individuos marcados de la muestra, pudiendo calcularse la densidad de la población total. Así por ejemplo, si se

capturan y marcan 1000 de una población, se sueltan y una segunda captura de otros 1000 individuos, aparecen 500 marcados, la estimación de la población total sería:

$$\frac{Im\ l}{P} = \frac{Im\ r}{Im\ l}$$

$$(Imr) (P) = (Iml) (Iml)$$

$$P = \frac{(Im\ l)^2}{Im\ r} *$$

(3)

$$P = \frac{(1.000)^2}{500} = \frac{1.000.000}{500}$$

$$P = 2.000$$

Donde, P = Población estimada (unidades)

Iml = Individuos marcados y liberados (unidades)

Imr = individuos marcados y recapturados (unidades)

• Calcular la densidad poblacional de camarones por hectárea, mediante lances de atarraya. Para realizar este trabajo se procede con la utilización de la siguiente fórmula:

a. Se Determina el área efectiva de la atarraya:

$$Aef. = \pi \cdot r^2 \cdot K$$

(4)

Donde,

Aef. = Área efectiva de la atarraya

π = constante 3.1416

r = radio de la atarraya, que se tomará desde el centro hasta la línea de plomos.

K = constante de error de trabajo*, que se establece de acuerdo a la profundidad de la piscina. Este trabajo se realizó en la camaronera del señor Miguel Aguilar Coello, Machala-Ecuador. Para una profundidad de 1.10 a 1.29 m. el coeficiente de variación del área de captura es 0.60; con una profundidad de 0.90 a 1.09 m. el coeficiente de variación del área de captura es 0.70 y a una profundidad entre 0.60 a 0.89 m. el coeficiente de variación del área de captura es de 0.80. Esto

significa que habrá que sacar una profundidad promedio de la piscina a muestrear, puesto que la atarraya en la superficie, muestra su área completa, y a medida que se profundiza se reduce.

b. Muestreo Estratificado.

El muestreo tiene que ser estratificado, para lo cual se divide la piscina camaronera en sectores que deben ser señalizados de alguna manera con la finalidad que la muestra se representativa de toda la población. Las muestras se tomarán de cada uno de los sustratos en un número que será calculado en base a la fórmula siguiente:

$$n = \frac{4S^2}{L^2} *$$

(5)

Donde,

n = número de muestras a tomarse.

S² = varianza determinada en muestreos previos

L = límite de error aceptado en el muestreo.

En el Anexo 2 se incluye ejemplo.

c. Estimación de la media general, en base a la siguiente fórmula:

$$V = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + f_3 m_3 + \dots + f_x m_x}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_x} **$$

(6)

d. Cálculo de la Densidad Poblacional.

Se obtiene dividiendo el valor promedio de individuos por unidad de muestras, dividido para el área efectiva de la unidad muestral (atarraya); en base a la siguiente fórmula:

$$D = \frac{X}{Aef} ***$$

(7)

Donde,

D = densidad poblacional (especies/área)

X = media aritmética (número de especies)

Aef = área efectiva de la atarraya

* Los valores de la constante K fueron investigados por el autor.

*** Esta fórmula es el resultado de la investigación del autor.

El resultado es el número de individuos por unidad de superficie (camarones por metro cuadrado), para luego llevar a determinar organismos por hectárea y finalmente la población total de la piscina camaronera o del área a muestrearse.

e. Cálculo de la supervivencia.

Este tipo de cálculo se logra considerando la población inicial y la población actual, en base a la siguiente fórmula:

$$S_p = \frac{P_{ac}}{P_{in}} \times 100$$

(8)

Donde,

Sp = supervivencia en porcentaje

Pac = población actual

Pin = población inicial

Práctica de campo: Cálculo de densidad poblacional de una camaronera con los estudiantes



Consideraciones generales del porqué del muestreo estratificado. Según González Bahamonde Germán, el muestreo proporcional de una población estratificada da una estimación más precisa que la medida poblacional global. La idea fundamental de este tipo de muestreo es la de dividir a la población total en subpoblaciones, con la condición de que existan diferencias entre las medidas de las subpoblaciones y si, dentro de éstas, existe relativa homogeneidad.

• Además estadísticamente se calcula:

- La media aritmética: $X = \Sigma \frac{X_i}{n}$

(9)

Donde,

X = media aritmética (especies)

 Σ = sumatoria

Xi = datos de la muestra

- La desviación estándar: $Ds = \sqrt{\frac{\Sigma(x - X)^2}{n-1}}$

(10)

Donde,

Ds = Desviación estándar

Xi = datos de la muestra

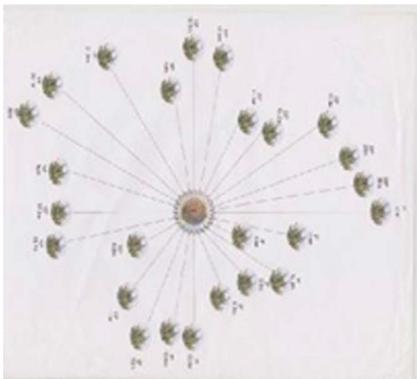
X = media aritmética

Para en base a estas variables mostrar los gráficos respectivos.

Métodos de Muestreo:

3) Método de muestreo por parcelas utilizado en el caso de organismos sésiles, como la vegetación o móviles en pequeñas distancias, como la fauna del suelo. Consiste en contar y pesar los organismos en un número de parcelas de tamaño adecuado, para obtener una evaluación de la densidad de la población en el área de muestra. En términos ingleses se denomina standing crops. Practica de campo

4) Método sin parcelas; aplicable a organismos sésiles, como los árboles. De una serie de puntos al azar se mide la distancia del individuo más cercano en cada uno de los cuarteles distintos. La densidad por unidad de área se evalúa a partir del promedio de las distancias. Trabajo práctico de esta metodología con los estudiantes.



$$\text{Ejercicio: } N = \left(\frac{-O}{(E. Ex) (X)} \right)^2$$

N = Número de muestras a tomar

O = Desviación estándar

E.Ex = Error experimental (puede ser de 0.01 a 0.05)

X = Media aritmética

5) Método indirecto es más impreciso, pero puede dar una idea aproximada de la densidad de una población determinada. Así, se han estudiado las madrigueras de los conejos, los restos de micro mamíferos, o las cápsulas cefálicas de las exuvias en los insectos o en el número de orificios de salida en los troncos atacados por insectos xilófagos. La distribución y estimación del tamaño de la población a partir de la densidad se aclara en el anexo 3.

Tipos de índices para cálculos de población:

- Índices de porcentaje, (muy utilizado en poblaciones vegetales) como la Frecuencia y la Espesura. Frecuencia es el porcentaje con que aparece una especie en un número de parcelas muestra. Espesura es la proporción de superficie de suelo cubierta por la proyección de las copas de los árboles.

Ejemplo, si tomamos varias parcelas (4) de un metro cuadrado cada una con muchas malezas de diferentes especies; deseo calcular el índice de frecuencia de leguminosas. Contabilizo el número total de malezas en cada una de las parcelas, ej. 80 por parcela; establezco la relación entre las 80 plantas, cuántas plantas de leguminosas hay, si existen en tres parcelas. Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{\text{No. PM}_2}{\text{No. P}_t} \times 100$$

(11)

Donde:

PM₂ = Número de parcelas con malezas

P_t = Parcelas total

$$Fr = \frac{3}{4} \times 100 = 75\%$$

Para el caso del índice de espesura se determina el cálculo del área de sombra que hace la copa de un árbol durante el día, por medio de cuadrículas. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_{sp} = \frac{\text{Área de sombra}}{S \text{ proyectada}} \times 100$$

(12)

Dónde:

E_{sp} = Espesura (%)

S = Sombra proyectada

$$E_{sp} = \frac{8}{14} \times 100 = 57\%$$

- Índice de abundancia relativa, puede utilizarse en grandes áreas, y son relativos en cuanto al tiempo. Por ejemplo, se desea encontrar el índice de abundancia en el siguiente muestreo de insectos acuáticos: 10 Coleópteros, 5 Hemípteros, 4 Odonatos y 1 Neuróptero. Práctica de campo efectuado en el Río Arenillas – Ecuador, con los estudiantes de la Escuela de Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala tomando un transecto (1 Km) en la parte alta de la represa Tahuín (Zaracay) y otro transecto

(1 Km) en la parte baja de la represa Tahuín; se utilizó mallas acuáticas y aéreas para captura de insectos.

Para resolver se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ab_r = \frac{\text{No. org. sp. que se estudia}}{\text{No. de individuos total}} \times 100$$

(13)

$$Ab_r = \frac{10 \text{ coleop}}{20} \times 100 = 50\%$$

- Índice o ritmo de crecimiento, se obtiene dividiendo el cambio experimentado en el número de organismos añadidos a la población por el período de tiempo transcurrido durante el mismo.

La notación usual es: $\Delta N / \Delta t$

(14)

Donde,

N = número inicial de organismos de esa población.

Δ (delta) = es el incremento en el número de N organismos

t = Tiempo

Ejemplo: la población de carboneros de un parque es de 50 y su aumento en un mes es el doble. Calcular el ritmo de crecimiento:

N = (número inicial) 50

ΔN = (cambio en el número) 50

$\Delta N / \Delta T$ = (índice promedio de cambio/ tiempo) 50 por mes

$\Delta N / (N \Delta t)$ = (índice promedio de cambio por tiempo y por individuo)
1 por mes y por individuo (un aumento de 100 por 100 por mes)

Natalidad

Es la propiedad de aumento intrínseco a una población. Es decir, es la aparición de nuevos organismos en una población, ya sea por nacimiento, eclosión, germinación o división. Es, por tanto, una propiedad referida a la población y no a los organismos aislados.

La natalidad máxima (absoluta o fisiológica), es la producción teórica máxima de nuevos individuos, sin que intervenga ningún factor ambiental, limitante, excepto los propios factores fisiológicos. Representa el límite superior teórico, al que la población o la parte reproductiva llegarían en condiciones ideales. Para una población determinada la natalidad máxima es una constante.

La natalidad ecológica (o realizada), es el aumento de organismos de una población en condiciones reales o específicas. No es una constante, ya que puede variar con los factores ambientales y con la composición misma de la población.

La natalidad de una población suele expresarse como un índice, índice de natalidad, que se obtiene dividiendo el número de organismos añadido a la población (ΔN) por el tiempo (Δt) o por el tiempo y unidad de población.

Ej. En una población de 4250 gallinas, se incrementan por natalidad después de 3 años a 5000; indicar cuál es el incremento por año?

Así:

ΔN = producción de nuevos organismos en la población siendo N , bien la población total o la parte reproductora de la población.

$$I_n = \frac{\Delta N_n}{\Delta t} = \frac{5000 - 4250}{3} = 250g/3años$$

(15)

Donde,

 I_n = índice de natalidad (unidad/tiempo). ΔN_n = nuevos organismos (unidades) Δt = tiempo (períodos días, meses, años)

Ejemplo: Calcular el número de conejos que se incrementan en tres años, si la población inicial es de 20 animales (10 hembras y 10 machos), con un incremento de 140 organismos.

Pob. final - Pob. inicial

$$\Delta N_n = 140 - 20 = 120$$

$$\frac{\Delta N_n}{\Delta t} = \frac{120}{3} = 40 \text{ conejos / año}$$

Mortalidad

Es la desaparición, por muerte, de los individuos de una población. Análogamente a lo que ocurría con la natalidad, se puede hablar de una:

Mortalidad mínima o teórica, cuando la desaparición, por muerte, de los organismos de una población se realiza en condiciones ideales, es decir, sin ningún factor ambiental limitante, excepto los propios factores fisiológicos de la especie. Es también un constante.

Mortalidad ecológica o realizada, es la pérdida, por muerte, de los individuos de una población en condiciones reales. Es una variable que depende de la población y de los factores ambientales.

La mortalidad de una población se expresa también mediante índices:

- Índice de mortalidad, o número de organismos que mueren por unidad de tiempo.

- Índice de mortalidad específico, o número de organismos que mueren por unidad de tiempo y unidad de población.

La expresión matemática vendría expresada por:

$$M = \frac{\Delta N_m}{\Delta t}$$

(16)

Donde,

M = índice de mortalidad (número/tiempo)

 N_m = disminución de organismos

T = variación del tiempo

Ejemplo: de la población de conejos se contabiliza semanalmente animales muertos, y se determina que en el transcurso de 50 semanas hay 25 conejos muertos.

$$M = \frac{25}{50} = 0.5 \text{ conejos / semana}$$

En muchas ocasiones en vez de número de organismos muertos de una población se prefiere señalar el número de supervivientes, y se establece el Índice de supervivencia, que es igual a. $1-M$, siendo M el índice de mortalidad.

Ejemplo: en una piscina camaronera se siembra 1.000.000 de camarones en 10 ha.; a los 30 días de la siembra se realiza un muestreo para determinar la densidad de la población, estableciéndose que la población actual es de 800.000 camarones. Calcular el índice de supervivencia.

$$\text{Ind. Sup.} = (1 - M) \quad (17)$$

Donde, 1 = índice de mortalidad + índice de natalidad (100% de la pob)

M = índice de mortalidad

Desarrollo del ejercicio:

$$M = \text{Pob. inicial} - \text{Pob. final} \quad 800.000 = 200$$

$$= 1.000.000 - 800.000 = 200$$

$$\text{Ind. Sup.} = \frac{\text{Pob. final}}{\text{Pob. Inicial}} = 0,8$$

Otra forma de calcular sería:

$$\text{Ind. Mort.} = \frac{\text{Pob. inicial} - \text{Pob. final}}{\text{Pob. Inicial}} = \frac{1.000.000 - 800.000}{1.000.000}$$

$$\text{Ind. Mort.} = 0.2 \text{ Finalmente: } 0.8 + 0.2 = 1$$



Trabajos de campo con estudiantes de Economía Agropecuaria.

Crecimiento

Es el aumento, o disminución, del número de organismos de una población como resultado no sólo de la natalidad y mortalidad, sino también de la emigración y de la inmigración.

Se expresa por el índice de crecimiento, cuyo valor puede ser positivo, negativo según el número de organismos de la población aumente, disminuya o se mantenga estacionario.

El potencial biótico o potencial reproductivo se define como la capacidad máxima de los organismos para reproducirse en condiciones óptimas.

La resistencia ambiental es el conjunto de factores limitantes bióticos y abióticos del medio, que impiden a los organismos alcanzar su potencial biótico o continuar con él.

Según esto, el crecimiento poblacional también podría también expresarse en los siguientes términos: es el aumento o la disminución del número de organismos de una población, debido a la interacción entre el potencial biótico y la resistencia ambiental.

Existen características inherentes a la población que no son aplicables a los organismos que la componen; algunas de éstas son la densidad, mortalidad, natalidad, distribución, etc. Y a pesar de la importancia que tienen, son incapaces de decirnos mucho por sí solas. El crecimiento poblacional, por ejemplo, es el resultado del balance entre la natalidad y la mortalidad principalmente:

$$r = (n - m) \quad (18)$$

Donde,

r = tasa instantánea de crecimiento

n = tasa instantánea de natalidad

m = tasa instantánea de mortalidad

Las formas de crecimiento de la población, son los modos característicos de crecimiento que puede presentar una población concreta, según las peculiaridades de los diversos organismos y de sus medios.

Una población biológica se define como el conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un lugar determinado y que tienen un conjunto de propiedades como: natalidad, mortalidad, velocidad de incremento, estructura por edades, etc., que son específicas de su nivel de organización. El tamaño de la población depende del equilibrio entre las tasas de incremento y las de decremento (figura 1.3)

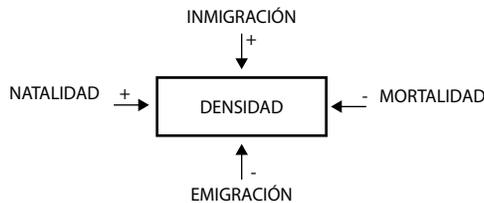


Figura 1.3: Equilibrio entre las tasas de incremento y las de decremento en el tamaño de la población.

La velocidad del crecimiento poblacional per cápita está en función de las tasas de incremento per cápita, esto es:

$$(n-m) =$$

(19)

Donde,

$$\frac{1}{N} \frac{dN}{dt} = \text{velocidad de crecimiento per cápita}$$

n = tasa de incremento (natalidad + inmigración)

m = tasa de decremento (mortalidad + emigración)

Si tomamos en cuenta que en general son más importantes los efectos de la natalidad (n) y la mortalidad (m) que los de inmigración y asignamos a r el valor de $n-m$, la ecuación 19 se convierte en:

$$(n-m) = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} - r$$

Donde,

r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional o potencial biótico de la población.

Es claro que en las poblaciones naturales r no es un valor constante puesto que la natalidad y la mortalidad son parámetros poblacionales que cambian en función de la densidad y de los factores ambientales, pero se puede asumir que en algunos casos específicos r es constante (poblaciones seleccionadas en sus fases tempranas de desarrollo, experimentos de laboratorio con incremento constante de recursos, etc.).

Siendo entonces:
$$r = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt}$$

Si graficamos esta ecuación encontramos una relación exponencial (figura 1.4a), y también puede expresarse en forma lineal, que tiene la forma general de una recta (figura 1.4b).

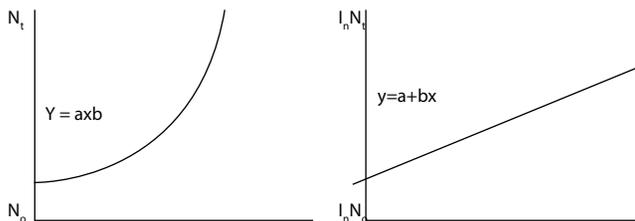


Figura 1.4a y 1.4b: Crecimiento poblacional exponencial. Fuente: Franco López, J. 1985. Reformado por Granda S. (2 002).

N_t = población en un tiempo t (miles de organismos)

N_0 = población inicial (miles de organismos)

t = tiempo desde que se inició el crecimiento (días)

La población como unidad biológica está influenciada en mayor o menor grado por el medio ambiente (Franco López, 1985), y esto se manifiesta tanto en el tamaño como en el crecimiento de dicha población.

Si se consideran los recursos en términos de disponibilidad de energía y nutrientes; se encuentra que dicha disponibilidad es más bien limitada y que el medio sólo puede soportar cierta densidad máxima de

una población, denominada capacidad de carga del ambiente (K). Esta capacidad es importante porque determina la manifestación de factores que regulan la población, como son el aumento de la competencia intraespecífica y la mortalidad, disminución de la natalidad y de la tasa de crecimiento poblacional, etc. Las curvas de crecimiento en un medio limitado en recursos muestran una característica forma en S (sigmoide); una de ellas es la curva logística en la cual puede reconocerse tres fases (figura 1.5).

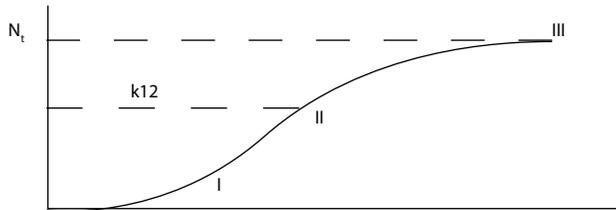


Figura 1.5: Crecimiento poblacional en forma de S o sigmoides

I. Los individuos se están ajustando a las nuevas condiciones y pueden presentar un retraso en el crecimiento.

II. Hay un crecimiento exponencial sin limitaciones en espacio y alimento hasta $K/2$ que representa la máxima velocidad de crecimiento, a partir de él comienza a manifestarse la presión del medio ambiente a través de los factores dependientes de la densidad. El punto $K/2$ también se llama punto de inflexión y se llama así porque la curva cambia de concavidad.

III. Cuando $N_t - K$ la curva se hace asintótica. Típicamente, sin embargo, una población no mantiene una N_t máxima constante sino que presenta cierta fluctuación, y la K debe calcularse como la media geométrica de varias estimaciones en el tiempo.

La ecuación que describe el modelo logístico de crecimiento es:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right)$$

(20)

Donde,

si $N = 0$; $dN/dt = rN$ (crecimiento exponencial)

si $N = K$; $dN/dt = 0$ (no hay crecimiento)

Colonización.

Es típico de los organismos que colonizan un ambiente nuevo. Al principio la población presenta un crecimiento lento, luego un crecimiento rápido o exponencial, para, al final alcanzar un nivel más o menos equilibrado. Puede representarse gráficamente con tres fases perfectamente visibles:

1) Fase lenta, que es período inicial de crecimiento lento, en la que los organismos se acomodan a ese ambiente nuevo. La resistencia ambiental puede ser pequeña, pero existen pocos individuos reproductores,

2) Fase logarítmica, que es período de crecimiento exponencial rápido, cuando los organismos se han adaptado perfectamente al medio; y,

3) Fase de equilibrio, o de estabilización gradual, en la que la resistencia ambiental se va manifestando gradualmente, hasta que se mantiene a un nivel de equilibrio. Este nivel superior, indicado por la constante K , no puede ser rebasado, representando la asíntota superior de una curva sigmoide, llamada logística.

Cuando una población ha alcanzado su nivel máximo, su futuro puede acontecer en alguna de las cuatro formas siguientes:

- 1) Mantenerse al mismo nivel durante largo tiempo,
- 2) Aumentar lentamente, por una mejor adaptación al medio,
- 3) Declinar, de forma progresiva, hasta, en algunos casos, llegar a la extinción; y,
- 4) Fluctuar regular o irregularmente.

Las fluctuaciones son debidas a cambios en el medio físico (factores extrínsecos) o a las acciones recíprocas de los organismos que modifican la población (factores intrínsecos).

Las que dependen de los factores limitantes físicos, como temperatura, lluvia, alimento,..... suelen ser irregulares, mientras que las que dependen de los factores intrínsecos suelen presentar una gran regularidad. Estas fluctuaciones se clasifican de acuerdo al período de tiempo, en,

Fluctuaciones:

Fluctuaciones estacionales, que se presentan sobre todo en aquellas poblaciones de individuos que tienen estaciones de cría limitada y especialmente entre los ciclos de vida muy corta.

Fluctuaciones anuales, que se caracterizan porque el ciclo de cada especie se desarrolla de la misma forma cada año, pero con una gran diferencia en cuanto al número de individuos que componen la población de un año a otro. Ejemplo, plagas de insectos.

Fluctuaciones cíclicas, se producen cada cierto período de tiempo; este tipo de fluctuaciones es quizás el menos conocido y el más espectacular, ya que no está relacionado con cambios estacionales o anuales, pero a menudo se producen con tal regularidad que pueden predecirse cuando volverán a repetirse. Ejemplo de ciertas poblaciones de peces: truchas.

Estructura

La estructura de una población indica la distribución de los organismos que la componen. Como características estructurales de las poblaciones son importantes, por ser factores que influyen poderosamente en su evolución, el censo de la distribución de sexos (sex ratio) y de edades (pirámides de edad).

La relación de sexos raramente es igual a la unidad. Lo más frecuente es que uno de los sexos esté mejor representado que el otro. En vertebrados, generalmente, existe una predominancia de machos en el momento del nacimiento.

Respecto a la edad, el porcentaje de las diferentes clases de edad entre los componentes de una población afecta mucho a las posibilidades de multiplicación y por tanto, a su desarrollo evolutivo.

En la vida de un organismo se pueden distinguir tres períodos: el pre reproductivo, el de reproducción y el post – reproductivo. La duración relativa de cada uno de ellos varía según las especies, aunque, por lo general, el primero suele ser el más largo.

Al realizar el censo por edad de los individuos de una determinada población, se pueden construir las pirámides de edad, que básicamente son de tres tipos:

- El primero, es el que presenta una base amplia con una proporción elevada de individuos jóvenes ; este tipo es característico de las poblaciones de crecimiento rápido,

- El segundo es de tipo intermedio con un porcentaje moderado de jóvenes, propio de poblaciones estacionarias; y,

- El tercero, es el que presenta una base estrecha, con mayor cantidad de individuos viejos que jóvenes, característicos de poblaciones declinantes.

Dado, por otro lado, que la población guarda una estrecha relación con el área que ocupa, las relaciones espaciales pueden ser estudiadas desde un punto de vista dinámico o estático.

Relaciones espaciales de la población.

1) Relaciones con el espacio desde un punto de vista dinámico.- En toda población ciertos individuos se desplazan, modificando constantemente la distribución de la población en el espacio. Este desplazamiento de los individuos o de sus elementos de diseminación (esporas, semillas, huevos) se denomina dispersión tiene un carácter pasivo, siendo diseminada tan solo una parte del individuo por acción del viento, el agua, los animales o el hombre.

Para que se dé un cambio real en la distribución de la población, es preciso que después de la dispersión se produzca un establecimiento de los individuos o de la parte diseminada.

El establecimiento se inicia, generalmente, por un individuo, pareja o grupo de individuos (o partes diseminadas), que posteriormente se multiplican. De esta forma la población se extiende de una forma vaga y progresiva (propagación) o bien por el contrario de un modo preciso entre dos puntos distintos, bien delimitados y distantes (migración).

El sentido del desplazamiento puede realizarse hacia el interior de la población, inmigración o hacia fuera, emigración.

La inmigración masiva de una población a una región nueva para ella, puede construir una invasión, si ejerce efectos negativos sobre las poblaciones autóctonas allí establecidas.

Frente a los medios de dispersión o de diseminación, se alcanzan los factores limitantes externos del medio (luz, temperatura, humedad, sustrato) que tienden a producir una fragmentación de la población en el área de establecimiento. Y también son freno de la extensión de la población la competencia intra-específica, que se origina en su lucha por la vida entre los individuos de la misma población con distinto grado de adaptación al medio y la competencia inter-específica que frecuentemente se establece con los organismos de otras poblaciones que ocupan ya esa área determinada.

Los organismos que presentan márgenes amplios de tolerancia para la mayoría de los factores, son los que poseen mayor posibilidad de estar ampliamente distribuidos, ya que pueden adaptarse a distintos medios.

Se denomina valencia ecológica de una especie a la posibilidad que tiene ésta de habitar diversos medios, cada uno de los cuales presentará variaciones más o menos grandes de sus factores ecológicos. Una especie de baja valencia ecológica sólo podrá aguantar pequeñas variaciones de esos factores, será una especie eurinoica que presenta márgenes amplios de tolerancia y puede habitar medios muy diferentes.

La dispersión, junto con la natalidad y la mortalidad configuran el crecimiento y la densidad de la población. Si la población se encuentra en el nivel estacionario de su crecimiento, las emigraciones e inmigraciones no producirán ningún efecto en la población pero si ésta se halla muy por debajo o muy por encima de ese nivel, la dispersión si podrá alterar a la población.

La competencia entre los integrantes de una población es una característica universal, ausente sólo en los estadios iniciales de colonización o establecimiento, cuando los organismos permanecen alejados unos de otros. La competencia se origina cuando aumenta la densidad y la demanda de espacio, agua, luz y alimento, por parte de los organismos, y sobrepasa lo que el medio puede ofrecerles.

De ahí que dentro de un área de establecimiento los individuos de una población tiendan a distribuirse espacialmente de una forma determinada.

2) Relaciones con el espacio desde un punto de vista estático.- La distribución de los individuos de una población en un área que ocupan es raro que sea homogénea y de acuerdo a esto se pueden observar dos comportamientos:

- Cuando los organismos están confinados a sitios habitables específicos, por ejemplo, orugas en el tallo de una planta, isópodos terrestres debajo de piedras o troncos caídos, etc., se dice que el espacio habitable es discontinuo o discreto.

- Cuando todo el hábitat ofrece condiciones apropiadas para la presencia de los organismos, por ejemplo, plancton de agua dulce, roedores en un pastizal, camarones en el río, et., se considera al espacio habitable como continuo.

Con base a lo dicho y cuando menos para el segundo comportamiento, es posible explicar la distribución al azar ya que se considera que todos los puntos en un espacio tienen la misma probabilidad, por un organismo, no afecta la ubicación del otro.

La distribución al azar es muy rara en la naturaleza, ya que necesitaría un medio totalmente homogéneo y que los individuos no mostrarán ninguna tendencia a la agregación (Figura 1. 6).

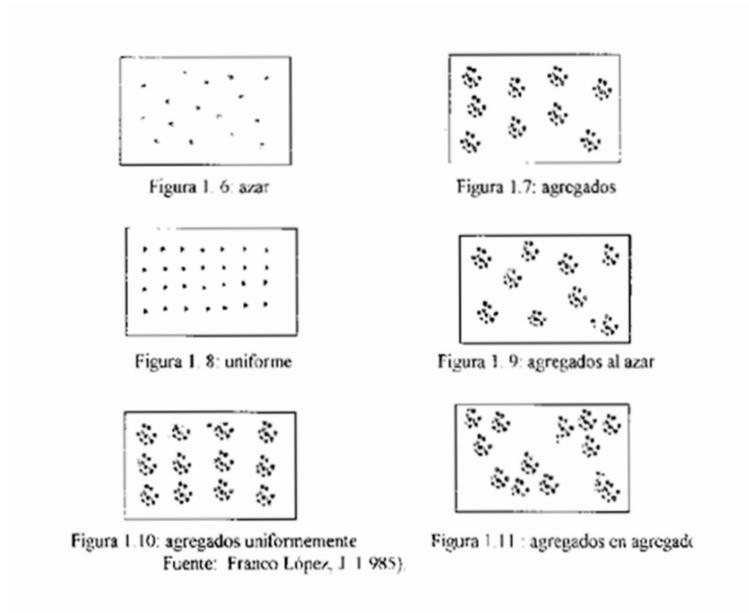
La distribución uniforme ocurre cuando existe una fuerte competencia entre los individuos o cuando hay un antagonismo que obliga a una separación regular entre ellos (Figura 1.7).

La distribución en agregados es la más frecuente en la naturaleza, y se produce por la tendencia a la agregación que hay en los individuos, así tanto las plantas como los animales tienden a esparcir sus semillas o a colocar sus nidos o sus crías en sus proximidades o en el mismo lugar habitado por ellos. En este caso, hay además una tendencia social a agruparse (congregación) (Figura 1.8).

Este tipo de distribución en agregados, puede ser de tamaño muy variable y, a su vez, estar también distribuido de tres formas distintas:

1. Agregados al azar (Figura 1.9).
2. Agregados uniformemente (Figura 1.10).
3. Agregados en agregados (Figura 1.11)

A continuación se hace una representación gráfica de cada una de las seis formas de distribución de una población:



Causas de la Distribución:

La tendencia de las poblaciones a distribuirse en agregados en la naturaleza, se debe a diferentes causas, como son:

1) El tipo de reproducción de la especie que forma la población. En las plantas en general y tal vez también en algunos grupos de animales inferiores, la agregación es inversamente proporcional a la movilidad de los elementos de diseminación como, semillas, esporas, huevos, larvas,

2) Las diferencias locales en el espacio, que producen una discontinuidad en la zona habitable, obligando a los individuos a vivir en un área más reducida,

3) Variaciones climáticas diarias o estacionales, que ocasionan la agregación de los organismos para resistir mejor los cambios de temperatura, humedad, viento,

4) Factores bióticos adversos que conducen a una agrupación de los individuos para protegerse mejor contra los peligros externos; y,

5) Atracción social de los organismos, sobre todo en animales superiores.

La agregación puede aumentar la competencia entre los individuos de la población por, el espacio, el alimento, el agua, la luz, pero esto se ve compensado por una mayor supervivencia del grupo. Los individuos agrupados presentan frecuentemente un índice de supervivencia mucho mayor que los individuos aislados, frente a cualquier agresión externa a la que se vean sometidos. Esto es debido a que la superficie expuesta al medio es proporcionalmente más escasa en relación a la masa, ya que el grupo puede modificar favorablemente el espacio y el clima.

Una agregación demasiada intensa puede llevar a la superpoblación y perjudicar a la población.

El grado de agregación, lo mismo que densidad, significa una superficie y desarrollo óptimo de la población que depende de las especies y las condiciones, por lo tanto, la falta, o el exceso de agregación, puede ser un factor limitante. Principio o regla de Allée.

Existe un tipo de agregación voluntaria que proporciona a los organismos ciertas ventajas con respecto a los que viven aislados y otro tipo de agregación que obedece al fuerte instinto social de los organismos. A estos tipos de agregación se les denomina Congregación.

Las agregaciones sociales como la de los insectos y vertebrados, en contraste a las agregaciones producidas por algún factor ambiental, poseen una organización perfectamente estructurada en jerarquías sociales y división del trabajo con especialización de los organismos. Así se pasa de una población no organizada a otra organización más o menos alta, llamada sociedad. Ejemplos son las hormigas, termitas, abejas, un pueblo, una ciudad.

En las poblaciones se producen unas fuerzas que ocasionan un aislamiento o dispersión de los individuos, parejas o pequeños grupos, y que son importantes. Esto suele ser el resultado de: una competencia entre individuos por ciertos recursos que escasean o antagonismo entre ellos.

En los animales, las fuerzas que producen aislamiento o distanciamiento, pueden ser una ventaja por disminuir la competencia. En los vertebrados e invertebrados superiores, sus actividades suelen restringirse a un área limitada, llamada ámbito doméstico, y si esta área vital es efectivamente defendida se llama territorio; que éste

puede ser defendido como territorio de alimentación, reproducción, reposo o área de nidificación.

Territorialidad, es todo mecanismo activo que separa a los organismos o los grupos unos de otros. Este aspecto se da tanto en las plantas como en los animales. En las plantas y microorganismos se produce por emisión de antibióticos o sustancias que impiden la proximidad de otros individuos, y en los animales se debe a un comportamiento nervioso. La territorialidad mantiene a las poblaciones por debajo de la saturación. Previene el agotamiento de los recursos y reduce la competencia.

Heterogeneidad

Es otra de las características de la población que comprende las peculiaridades fisiológicas y morfológicas de los organismos que forman la población. Estas diferencias son causadas por la distinta formación que presenta cada uno de los componentes de la población, y que se traduce en una gran variabilidad dentro del conjunto.

La variabilidad en el interior de las poblaciones es el punto de partida para la evolución. Los más aptos para un determinado ambiente pueden ser seleccionados de un modo natural, y de esta forma puede iniciarse el camino para la formación de una nueva especie.

Conforme a sus propias características y aptitudes, los individuos tienden a ocupar un número variado de espacios (biotopos) dentro del área general de la población. Estos diferentes biotopos son una de las causas de la discontinuidad fisiológica y morfológica que existe dentro de las poblaciones y entre poblaciones distintas, ya que en cada biotopo se reúnen aquellos organismos o poblaciones que mejor se adaptan a sus características. Las causas principales de este hecho son dos:

Causas de la Heterogeneidad:

1. La acomodación, que es la capacidad que poseen los organismos de una población para establecerse en un nuevo lugar, desarrollando una serie de caracteres no hereditarios o modificaciones, llamada ecofenos; y,

2. La adaptación, que es la adquisición de una serie de caracteres hereditarios, a partir de la mutación. Estas poblaciones se hallan por tanto genéticamente adaptadas a las especiales condiciones del medio y se denominan ecotipos.

Acciones recíprocas entre poblaciones

La proximidad de las poblaciones distintas da lugar a una serie de acciones recíprocas entre ellas. Estas acciones se producen entre dos organismos, pertenecientes cada uno de ellos a una de las poblaciones, pudiendo ser el resultado de la interacción positivo, negativo o nulo sobre cada una de las especies. Los posibles tipos de combinación son:

Neutralismo: cuando dos poblaciones son independientes entre sí, y ninguna de ellas resulta afectada por la asociación.

Competición: las dos poblaciones actúan negativamente una sobre la otra compitiendo por el alimento, luz, espacio, agua, etc. Existe, por tanto, una inhibición directa de cada población por la otra.

Mutualismo: las dos poblaciones resultan beneficiadas por su asociación, hasta el extremo de no poder vivir, crecer y reproducirse por separado. Las dos especies viven en simbiosis.

Cooperación o protooperación: ocurre entre dos poblaciones que se asocian para obtener cada una de ellas un beneficio, pero ambas pueden vivir por separado ya que las relaciones no son obligadas.

Comensalismo: una de las poblaciones, llamada comensal, se beneficia en la otra, llamada huésped, sin que esta última se vea afectada. Los organismos comensales ejercen entre sí una tolerancia recíproca.

Amensalismo o antibiosis: donde una de las poblaciones, llamada amensal resulta inhibida en su crecimiento o reproducción, mientras que la otra, inhibidora, no se ve afectada.

Parasitismo: una de las poblaciones generalmente la de talla más pequeña, parásito, inhibe el crecimiento o reproducción de la otra, huésped, de la que depende directamente para sobrevivir. El parásito puede producir, o no, la muerte del huésped.

Depredación: una población, la depredadora, ataca a otra población de distinta especie, presa, para alimentarse de ella.

Todas estas acciones recíprocas entre poblaciones se realizan como prácticas de campo, con los estudiantes y profesores de Ecología de la Universidad Técnica de Machala, en los diferentes ecosistemas de la provincia de El Oro – Ecuador;

(Playas de Jambelí, Manglar de Jambelí, Manglares de Bajo Alto, Playa de Bajo –Alto y otros ecosistemas de la provincia).

El Comensalismo, representa un tipo simple de interacción positiva y quizás en primer paso en el desarrollo de las relaciones beneficiosas para dos poblaciones de especies distintas. Este tipo de relación es muy frecuente entre las plantas y los animales fijos por una parte y organismos móviles por otra.

El comensalismo se ha observado sobre todo en los organismos marinos. Muchas esponjas, corales y moluscos, contienen comensales que se favorecen de esa asociación sin que produzcan ningún efecto sobre el organismo huésped. En general, las especies comensales no están asociadas específicamente a una especie huésped. Ejemplos de esta combinación son, la rémora y el tiburón; las almejas y los gusanos poliquetos, etc.

El Mutualismo o simbiosis representa un paso más en la asociación al hacerse cada una de las poblaciones totalmente dependientes de la otra. Suele ser el resultado de un largo período evolutivo que se ha convertido en una necesidad para la supervivencia de ambas poblaciones. Normalmente este tipo de interacción se produce entre organismos muy diferentes uno del otro, en cuanto a sus requerimientos para sobrevivir.

Los ejemplos más claros e importantes de mutualismo se dan entre organismos autótrofos y heterótrofos, esto puede ser debido a una necesidad de equilibrio entre estas dos clases de organismos. Generalmente, la asociación se produce entre dos poblaciones específicas, necesitando una clase particular de heterótrofo, el cual, a su vez, se hace totalmente dependiente de protección, ciclo de minerales u otras funciones vitales suministradas por el heterótrofo.

La simbiosis más conocida es la que se da entre un alga y un hongo para dar un único “organismo”, llamado líquen. En este caso, las algas fotosintéticas (autótrofas) proporcionan a los hongos (heterótrofos) el material orgánico necesario para su subsistencia y los hongos proveen

de un soporte estructural, además de agua y minerales que absorben del ambiente. Esto da lugar a que se encuentren líquenes en zonas donde no podrían vivir ni las algas ni los hongos por separado. La simbiosis puede tener un papel ecológico muy importante como en el caso de las plantas leguminosas y las bacterias fijadoras de nitrógeno.

La protocooperación es cuando ambos organismos obtienen un beneficio de su asociación. Cada especie es independiente, pudiendo sobrevivir las dos por separado, pero su cooperación aumenta la tasa de crecimiento en ambas poblaciones. Como ejemplo tenemos los cangrejos y las anémonas de mar, donde los primeros proporcionan alimento y transporte a las anémonas y éstas, a su vez, sirven de camuflaje a los cangrejos.

La depredación es una acción entre dos poblaciones que tiene efectos negativos sobre el desarrollo y supervivencia de una de las dos. Se puede definir como un organismo libre, llamado predador o depredador, que busca un alimento vivo, animal o vegetal, llamado presa. El depredador ha de matar a su presa para poder alimentarse de ella.

El parasitismo es otra de las acciones negativas entre dos poblaciones. El parásito presenta la característica de carecer de vida libre, está al menos en algún estado de su desarrollo, ligado a la superficie (ectoparásito) o al interior (endoparásito) de otro organismo que es la especie huésped. Normalmente el parásito no mata al huésped, aunque existen algunas excepciones, como en el caso de los insectos de metamorfosis compleja, donde existen algunos parasitoides que actúan como parásitos respecto a los órganos vitales de su huésped, y que después de terminado su desarrollo pueden matar a su huésped. Realmente esto es un caso intermedio entre el parasitismo y la depredación, pero el parasitoide se comporta como ambos. No obstante, tanto el parasitismo como la depredación, hay que enfocarlos desde el punto de vista del conjunto de las poblaciones y no con una perspectiva meramente individual.

Los parásitos y depredadores efectivamente producen una disminución en el desarrollo de las poblaciones y en su volumen, pero al mismo tiempo desempeñan un papel muy importante controlando esas poblaciones, huéspedes o presas, de una excesiva densidad (superpoblación), que les podría llevar a la extinción de la población entera. También actúan como un control de calidad, eliminando los

individuos enfermos o poco dotados. Normalmente, entre el parásito y su huésped y entre el depredador y su presa, existe un equilibrio y cualquier alteración de ese equilibrio, podría llevar a la desaparición de sus poblaciones respectivas.

La separación entre depredador y parásito es difícil de establecer. Las principales diferencias son la desigualdad en el tamaño (el parásito suele ser pequeño), el potencial biótico es generalmente mayor que el de los depredadores, se hallan a menudo más especializados los parásitos respecto a su estructura, metabolismo, especificidad del huésped y ciclo vital, que los depredadores.

El amensalismo o antibiosis consiste en la inhibición del crecimiento de una especie, amensal, por los productos de secreción elaborados por otra especie. Este tipo de interacción se ha observado sobre todo en el reino vegetal.

Existen varias plantas que segregan sustancias tóxicas que impiden el crecimiento de otras plantas en un círculo alrededor de ellas. Algunos hongos y ciertas bacterias también elaboran unas sustancias antibióticas que inhiben el crecimiento de alguna bacteria.

Un ejemplo muy conocido es el hongo *Penicillium* que produce la penicilina. Entre los organismos marinos también existen varios casos, como las mareas roja producida por dinoflagelados, que son fuertemente tóxicas para otras especies, ocasionando la muerte de toda la fauna en grandes extensiones. Estas sustancias tóxicas que segregan suelen ser de naturaleza química, y se les llama sustancias ecotoxinas.

Preguntas de autocontrol

Los resultados les permitirán a los estudiantes evaluar sus conocimientos con respecto al contenido de este capítulo.

1. ¿Defina la Ecología en términos generales?
2. ¿Qué es la Ecología humana?
3. ¿Por qué los científicos se preocupan de construir modelos?
4. ¿En qué niveles del “espectro de organización” de Odum están integrados principalmente los ecólogos?
5. ¿Qué es el “espectro de organización” según “Odum”?

6. ¿En lo referente a la historia de Ecología, quién la designa como el estudio de las relaciones de un organismo con su ambiente inorgánico u orgánico?

7. ¿Qué es población?

8. ¿Indique las características de la población?

9. ¿A qué se refiere la biomasa?

10. Calcular la densidad de una población y demostrar estadísticamente, con los siguientes datos:

Camarones	12	23	45	32	21
Peces	46	57	34	67	15
Otros	87	89	89	50	123

11. ¿Establezca la diferencia entre la densidad bruta y la densidad ecológica?

12. ¿Qué métodos se emplean para valorar la densidad?

13. ¿En la natalidad, la aparición de nuevos organismos, por qué aspectos se da?

14. ¿Indique los índices a que se refiere la mortalidad en una población?

15. ¿A qué se refiere el crecimiento exponencial en una población?

16. ¿En relación a la capacidad de soporte o límite de hábitat en las poblaciones, qué características pueden darse en éstas?

17. ¿Respecto a la estructura de la población y al efectuarse el censo, qué pirámides de edad básicamente se dan?

18. ¿Qué tipos de combinaciones existen entre los individuos de las poblaciones, al referirse a las acciones recíprocas entre ellas?

Bibliografía consultada

- BOUGHEY, A.S. 2007. Ecology of populations, 2da Ed. New York Macmillan. pp. 64-72.
- BENNOFOUS, E. 1973. El hombre o la Naturaleza. México. Ed. Limusa pp. 38-42.
- COLINVAUX, P. 2002. Introducción a la Ecología. Ed. Limusa. México pp. 146-162.
- DASSMAN, R. F. 2008. Environmental conservations. New York: John y Sons. pp. 345-382.
- FRANCO LÓPEZ, J. 2009. Manual de Ecología. Ed. Trillas. México. pp. 84-96.
- GONZÁLEZ BAHAMONDE, Germán. 2002. Estadística Elemental. pp. 174-189.
- MARGALEF, R. 2002. Ecología: La Ecología, la tierra y la vida. 4ta Ed. Ed. Planeta. Barcelona pp. 129-138.
- ODUM, E. 2002. Ecología: Vínculo entre las Ciencias Naturales y Sociales. Ed. Continental. México. Pp. 156-162.
- ONDARZA, R. 2008. El hombre y su ambiente. Ed. Trillas. pp 86-98.
- SMITH, R. L. 2009. The ecology of man: an ecosystem approach. New York Macmillan. pp. 64-78.
- SUTTON, B Y HARMON, P. 2009 Fundamentos de Ecología. Ed. Limusa. México. pp. 220-238.
- SUTTON, S; WITHMORE, C CHADWICK, A. 2009. Tropical rain forest: Ecology and management. Ed. Limusa Londres. pp. 45-58.

Conceptos del sistema biológico y de la comunidad

La depredación es parte del sistema de supervivencia en Ecología, entre los animales; pero el hombre, ser racional debe evitar su acción depredadora.

Preguntas de reflexión

- ¿Qué es una comunidad en Ecología?
- ¿Cuáles son las características intrínsecas de la comunidad?
- ¿Haga un listado de las amenazas más importantes de los biomas en la Provincia de El Oro – Ecuador?
- ¿En qué forma ha afectado el monocultivo en la Provincia de El Oro, en cuanto a los ecosistemas?

Objetivos:

Diferenciar conceptos entre comunidad, población y ecosistema con la finalidad de comprender a su entorno.

Valorar en base a los conocimientos adquiridos el porqué de las cosas y su importancia en la naturaleza.

Contenidos:

Concepto de Comunidad
Características de la comunidad

Tamaño y límites
Diversidad
Estructura
Biomasa
Bioma
Tundra
Taiga
Bosque templado caducifolio
Bosque tropical húmedo
Pastizales
Desiertos
Impacto Ecológico en nuestro medio
Generalidades
Impacto en las aguas
Impacto del suelo
Impacto del aire
Mejoramiento ambiental

Concepto de Comunidad

La comunidad o Biocenosis se define como un conjunto de poblaciones ordenadas e interrelacionadas que habitan un área determinada en una época concreta.

La comunidad, lo mismo que ocurre con la población, presenta una serie de características propias como son: tamaño y límites, diversidad, estructuras y biomasa.

Características de la Comunidad

Tamaño y Límites

Los conjuntos de poblaciones naturales pueden dar lugar a unidades de tamaño muy diversos así se habla de comunidades mayores, cuando el tamaño y la organización que poseen tales comunidades les permite ser relativamente autosuficientes y por tanto independientes de las

comunidades vecinas y de comunidades menores, que son aquellas que dependen necesariamente de otras adyacentes. Práctica de campo realizada en Jambelí (Prov. de El Oro) con los estudiantes de la Esc. de Acuicultura, Veterinaria y Economía Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Con frecuencia no pueden establecer límites precisos en una comunidad, excepto en aquellos casos en que exista una clara discontinuidad entre comunidad próxima o en los casos de exclusión competitiva, simbiosis o coevolución de grupos de especies. Exclusión competitiva es la que se produce entre especies muy parecidas, ocasionando una separación ecológica entre ellas

Existen también algunos otros factores como el fuego y los antibióticos que pueden producir límites claros entre las comunidades.

Las comunidades, por tanto, pueden cambiar en forma brusca. En este último caso, se podría ocasionar una fuerte tensión en una zona, entre las dos comunidades en competición. Esta zona de transición entre dos o más comunidades distintas, se denomina Ecotono.

La zona ecotonal suele contener a muchos de los organismos de ambas comunidades en lucha. Frecuentemente, el número de especies y la densidad de poblaciones de alguna de estas zonas ecotonales, es mayor que en las comunidades que le rodean. Esta tendencia hacia una mayor diversidad y densidad en las uniones de las comunidades es lo que se denominan efecto de borde los organismos que se encuentran en gran número o pasan la mayor parte de su vida e el Ecotono, se denominan especies de borde. Un ejemplo del efecto de borde es el de las aves de zonas húmedas que prefieren aquellas áreas donde se unen varias comunidades vegetales.

Diversidad

La comunidad está compuesta por una gran multiplicidad y diversidad de organismos, que no son todos ellos igualmente importantes desde el punto de vista de la caracterización de esa comunidad entera. Existen algunos grupos de organismos, que son los que ejercen una mayor influencia en el control y estabilidad de la comunidad debido a su número, tamaño y biomasa. Estos grupos que caracterizan a la

comunidad, se llaman dominantes ecológicos. El resto de los organismos que forman parte de esa comunidad, no carecen de importancia puesto que le proporcionan diversidad que es una característica estructural de toda la comunidad. Pero lógicamente, no significa lo mismo para la comunidad la eliminación de esos dominantes ecológicos que si desaparece cualquiera de los otros organismos o grupo de organismos no dominantes. La desaparición de las especies dominantes ecológicas, se traducirán en una alteración grave y a veces drástica de la misma comunidad, no así la desaparición de algunas de las especies no dominantes.

Una diversidad alta supone una cadena trófica más larga y un mayor número de interrelaciones entre sus componentes, reduciendo de este modo los cambios bruscos y aumentando, por tanto su estabilidad.

La diversidad suele ser alta en comunidades viejas y baja en comunidades nuevas.

La razón entre el número de especies y la biomasa o productividad de sus componentes se denomina índice de diversidad de especie.

Los índices de diversidad proporcionan uno de los mejores métodos para descubrir y calcular la contaminación de una zona, ya que por ejemplo, estos tendrán un valor en aguas muy contaminadas y alcanzarán en cambio, un valor alto en aguas poco contaminadas o limpias.

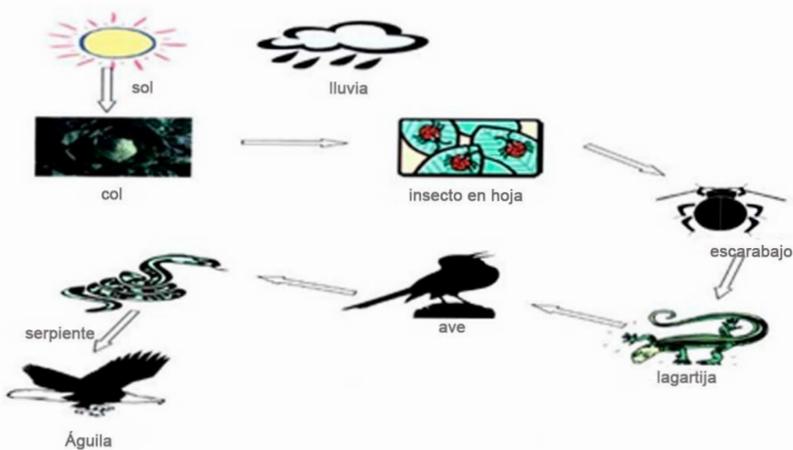
No solamente la diversidad de especies y su abundancia relativa, contribuyen a la diversidad de una comunidad, sino que también proporciona diversidad la distribución de los organismos en un medio y su actividad recíproca con dicho medio. Es decir los organismos muestran una especial predilección por ciertas capas de la comunidad, o bien por determinadas zonas dentro de cada capa o por una forma concreta de actividad alimentaria, reproductora o social.

De ahí que, para una mejor comprensión y clasificación de los organismos dentro de la comunidad, no es suficiente una simple enumeración de especies o inventario taxonómico sino que resulta más conveniente intentar establecer unos niveles funcionales; es decir, el papel que cada especie representa dentro de la comunidad. Así se tiene que las plantas verdes son los productores autótrofos primarios y ocupan el primer nivel trófico, y los animales los consumidores heterótrofos que a su vez, pueden subdividirse en: consumidores de

primer orden, que ocupan el segundo nivel trófico o nivel primario de los consumidores , como los herbívoros y fitófagos; consumidores de segundo orden, que ocupan el tercer nivel trófico o nivel secundario de los consumidores como los carnívoros comedores de herbívoros y consumidores de tercer orden, que ocupan el cuarto nivel trófico o el nivel terciario de los consumidores, como los carnívoros comedores de carnívoros.

La transferencia en energía alimentaria desde su origen en las plantas verdes a través de una serie de organismos, se denomina cadena alimenticia o cadena trófica. Existen también otros organismos heterótrofos que cierran esta cadena trófica, como son las bacterias y los hongos que tienen la misión de descomponer y remineralizar la materia orgánica de los restos de los seres vivos, en materias solubles, que pueden servir de alimento de nuevo, a los productores (Figura 2. 12)

Figura 2. 12: Cadena trófica terrestre



Estructura

La comunidad posee también una estructura definida, ya que los organismos se distribuyen en el espacio y en el tiempo de la manera más idónea para un mejor aprovechamiento de las condiciones que le ofrece el medio. Lo que conduce a una estructuración de la biocenosis en el espacio, en estratos y en el tiempo, en fenofases. Dentro de esos estratos más o menos relacionados entre sí, cada especie tiene una

función determinada y una serie de necesidades que necesita cubrir para su supervivencia; al conjunto de características que describen los recursos precisos y a la función del organismo en la comunidad, se le da el nombre de nicho ecológico.

Con este término se designa no solamente la localización física de una especie (el hábitat), sino también la función que desempeña esa especie dentro de la comunidad. El nicho ecológico de una especie depende, pues, no solo de dónde vive, sino también de lo que esa especie hace en respuesta al medio físico y biótico en que se encuentra. Una simplificación, ya aceptada, sería designar el hábitat como el “domicilio” de la especie, mientras que el nicho ecológico sería su “profesión”.

Dos especies pueden ocupar el mismo nicho ecológico, ya que sus necesidades ambientales y tolerancias no son exactamente iguales, pero sí podría tener sus nichos solapados y, en este caso, las dos especies competirán entre sí por un recurso determinado.

El nicho ecológico concreto de una especie es en cierto grado, el resultado de la competencia en que ha precipitado dicha especie a través de su historia evolutiva.

Las comunidades, por tanto, pueden ser calificadas según sus características estructurales principales, dominantes ecológicos: especies indicadoras:

- a. Por el hábitat, o espacio físico ocupado en cada caso,
- b. Por sus funciones, en actuaciones de sus componentes.

La mejor de todas sea quizás la clasificación por funciones, ya que permite la posibilidad de comparar a las comunidades que habitan en lugares muy diferentes, como las comunidades de agua salada, dulce o terrestre o entre aquellas comunidades que viven en un hábitat semejante.

Biomasa

Es otra de las características de la comunidad o biocenosis. Cada comunidad posee una biomasa determinada, capaz de modificarse a lo largo del tiempo. En este paso del tiempo puede haber una sucesión de comunidades cada vez más complejas y con una biomasa mayor, hasta llegar a una comunidad final, más o menos fija, y con la máxima biomasa alcanzable en estas condiciones concretas, llamada comunidad clímax.

Esta comunidad es, en principio, la más estable, compleja y diversificada de la sucesión dinámica primaria. Puede haber una sucesión dinámica secundaria cuando ha sido destruida o profundamente modificada esta comunidad primaria. La sucesión dinámica secundaria puede también llegar a una comunidad clímax muy parecida a la primitiva, pero nunca idéntica, debido a que las condiciones no serán las mismas.

En este aspecto la comunidad o biocenosis puede clasificarse en:

- Biocenosis ideal u original, que es la que se daría en el caso de que no hubiera intervenido jamás la mano del hombre sobre ella.
- Biocenosis potencial, es la que en caso de que el hombre hubiera dejado de actuar sobre ella durante un largo período de tiempo, y sin que durante todo ese tiempo no haya existido un cambio sustancial en el medio.
- Biocenosis real, es la que existe en la actualidad y soporta, en mayor o menor grado, las acciones del hombre sobre ella.

Bioma.

El bioma es una biocenosis en su sentido amplio y el resultado de una serie de interacciones entre el clima, los factores bióticos y el sustrato donde se asientan. Es una comunidad de plantas y animales con formas de vida y condiciones ambientales similares e incluye varias comunidades y estados de desarrollo. También se dice, que es la superficie controlada en la tierra por el clima y caracterizada por el predominio de ciertas plantas o animales.

Los biomas están distribuidos aunque de manera más o menos irregular, como fajas alrededor del mundo. Sin embargo, no suele haber una línea de demarcación precisa entre biomas adyacentes, sino más bien de una vasta zona de transición donde los biomas se superponen.

En un bioma es uniforme el tipo de vegetación culminante (hierbas, coníferas, árboles caducifolios...) que constituyen la clave para su reconocimiento y clasificación. Esta clase de vegetación, culminante, depende del medio físico y ambos, vegetación y medio físico, condicionan el tipo de animales presentes.

Los biomas más populares son los bosques, las praderas, los desiertos, las tundras, los océanos y las aguas dulces. En lo referente a biomas terrestres, podemos distinguir:

Tundra



Existen dos grandes biomas de tundra, de distribución circumpolar, una que va desde el Océano Ártico al casquete del Polo Norte (región peleártica), y otra desde los bosques situados al sur, la Taiga, hasta el casquete del Polo Sur (región neártica). Existen también unos ecosistemas que poseen sus mismas características en latitudes inferiores, como sucede en las cumbres de las altas montañas.

La tundra se caracteriza por un frío intenso, lo que determina un desarrollo escaso de arbolado, ya que los periodos vegetativos son muy breves (aproximadamente 60 días). Estas bajas temperaturas también condicionan la escasez de animales.

La precipitación pluvial es escasa, pero el agua no suele ser un factor limitante, al ser muy bajo el ritmo de evaporación.

El suelo está casi siempre congelado, excepto en los 10 o 20 cm. superiores, que se deshielan durante la breve temporada estival. La capa más profunda se halla permanentemente congelada e impide que el agua percole. Estas zonas pantanosas son ideales para el desarrollo de insectos, que en verano recubren la tundra, gigantescas nubes de mosquitos.

Existen 75 especies de musgos y por lo menos 20 especies de hepáticas.

La tundra es esencialmente una tierra desprovista de árboles. Su vegetación suele ser herbácea, rastrera, de tamaño muy pequeño y crecimiento lento, como por ejemplo: musgo, líquenes, gramíneas, juncos y algunos sauces y abedules enanos que florecen y toman vida

en verano, al desaparecer la nieve. Los animales que se han adaptado a vivir en la tundra, es pobre en relación a su área. No existen anfibios ni reptiles en estas latitudes, sin embargo las moscas y mosquitos son muy abundantes en verano.

Este bioma está formado por un mosaico de ecosistemas cuya composición botánica está condicionada por factores edáficos y climáticos.

La brevedad de la estación vegetativa (sesenta días de media) y la parquedad de las temperaturas estivales (debajo de 100C) constituyen sus principales factores limitantes.

La composición florística de estos ecosistemas es poco diversificada, y varía localmente según la latitud, las precipitaciones y otros factores ecológicos. Las plantas arbustivas como: brezos, sauces y abedules aparecen en zonas menos septentrionales y frías. Las plantas herbáceas como gramíneas sirven de alimento a los herbívoros como los renos y caribús. Su biomasa es pequeña, alrededor de 30 T/ha, apenas un poco superior a los desiertos.

La tundra es el bioma más alejado del ecuador, toma el nombre de la palabra siberiana que significa “al norte del límite de la vegetación”, comprende el 10 % de la superficie de la Tierra. Se encuentra en un estrecho cinturón que rodea el océano Ártico en áreas como Canadá, Siberia y Alaska, se denomina también a este bioma “desierto congelado” por su temperatura y limitada precipitación. Los climas de la tundra tienen un rango variable de temperatura, desde los 50°C en el verano (finales de Mayo a finales de Julio) a -320C en invierno. La precipitación promedio es 26 cm/año, de los cuales 20 caen como lluvia y el restante como nieve.

En los círculos Ártico y Antártico tienen luz solar únicamente seis meses al año, pero en este tiempo, la vida de la tundra florece sorprendentemente, principalmente en verano, donde florece la vegetación y los insectos eclosionan por millones y se alimentan cerca del pantanoso suelo, convirtiéndose estos insectos en comida para las aguzanieves y otras aves migratorias que realizan la reproducción veraniega.

Taiga



Por debajo de la tundra, se encuentra el bosque septentrional de coníferas o taiga, que ocupa la parte norte de América y Eurasia. También en las laderas de altas montañas se pueden encontrar este tipo de bosque. Este ecosistema, se asienta sobre territorios con condiciones climáticas muy duras, ya que la estación fría dura más de seis meses.

La vegetación debe adaptarse a estas condiciones que solo permiten un período vegetativo breve, dando como resultado un bosque de coníferas de hoja perenne. Los árboles están siempre verdes con hojas en forma de aguja, como el pino, abeto y pinabeto. El suelo de este ecosistema es podzol (suelo propio de países húmedos y fríos), estos están en constante lixiviación por las condiciones climáticas y su pH ácido; que está condicionado por dos factores:

- Bajas temperatura la mayor parte del año, inferiores a -40°C en invierno, y su período vegetativo dura solo entre 3 y 4 meses.
- Escases de agua, llueve muy poco, permaneciendo helada por muchos meses.

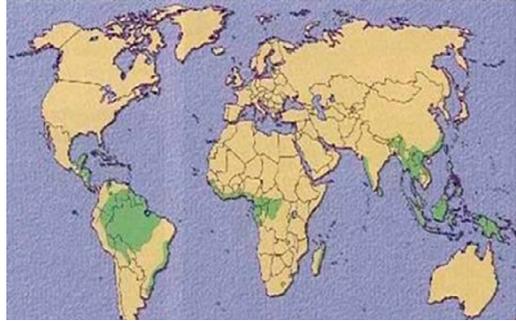
La flora es muy simple, con poco número de especies arbóreas, formando a menudo masas mono específicas.

Estos árboles siempre verdes producen una sombra densa durante todo el año que inhibe el desarrollo de arbustos y herbáceas, por lo que el sotobosque es bastante pobre, como algunos matorrales y helechos. Sin embargo, se produce una elevada fotosíntesis durante todo el año a pesar de la baja temperatura del invierno, dando una alta producción anual primaria.

En la taiga, lo mismo que en la tundra se observa periodicidad estacional netamente delimitada, las poblaciones anuales presentan un crecimiento en curvas dependientes muy pronunciadas.

Las especies animales son los invertebrados y pequeños carnívoros que hibernan bajo la nieve, migratorios en su mayoría. La precipitación puede alcanzar entre los 25 y 60 cm/año con un máximo estival

Bosque templado caducifolio



En este bioma la humificación es más fuerte que la mineralización debido a la vegetación herbácea y a la concentración de Materia Orgánica.

Se halla distribuido por América del Norte, Europa, Japón, Australia y parte de la América del Sur.

La evaporación es superior a la pluviometría debido al clima, por lo tanto no hay lixiviación pero si una acumulación de sales de Ca y K.

Este tipo de bosque es propio de climas templados, con una estación fría cuya rudeza determina la caída de las hojas de los árboles, y con abundancia de lluvias uniformemente distribuidos.

La vegetación está bien desarrollada, llegando a alcanzar el estrato arbóreo hasta 30 m., de altura, y el estrato arbustivo crea un microclima que favorece el desarrollo de hierbas y hongos, dando como resultado un sotobosque denso y variado. La especie más frecuente es el roble, que pierde sus hojas durante gran parte del año. Las especies típicas de este bioma son el ciervo, el lince, el zorro, el oso, etc.

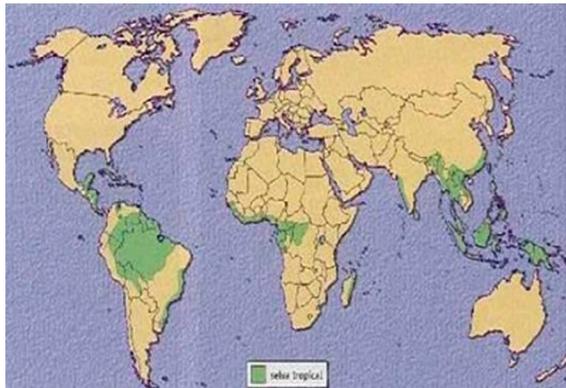
El suelo es rico debido a la meteorización alta y su actividad biológica, se halla densamente poblado por todo tipo de fauna invertebrada, como lombrices, insectos, etc. Este tipo de bioma, coincide en su distribución con las zonas más densamente pobladas por el hombre, por lo que su excesiva explotación ha contribuido, entre otros factores, a su

degradación y, siendo en un principio, zonas con gran abundancia y diversidad de especies, tanto de animales como vegetales.

La sobreexplotación de este ecosistema ha llevado a la transformación, muchas veces, en desiertos ocasionando una degradación irreversible.

Por la precipitación escasa que se da en este ecosistema, en lugares de bosques aparecen las estepas, predominando las gramíneas, denominado la Pluviselva.

Bosque tropical húmedo



Este bioma está formado por bosques densos siempre verdes, que ocupan las regiones de los trópicos y del ecuador. Su precipitación puede llegar entre los 90 y 120 cm/año.

El clima es templado y húmedo, con temperaturas constantes alrededor de 25 °C y abundante precipitación pluvial a lo largo de todo el año. Ejemplos de estos biomas, el río Amazonas, Orinoco, Congo, etc. La vegetación es tan densa que impide la penetración, y la especie dominante, tanto en diversidad como en número, son los árboles gigantes con hojas de gran tamaño, también existen plantas trepadoras (lianas) y epífitas; su biomasa es muy alta.

En estos bosques se diferencian tres estratos arbóreos: El más elevado formado por árboles que pueden alcanzar alturas hasta de 80 m., raíces no muy extensas y cubiertos normalmente de lianas, trepadoras y enredaderas; los estratos medios e inferior forman un dosel continuo de hojas que producen una gran sombra en el suelo.

Aquí aparecen las sabanas cuyo estrato herbáceo son las gramíneas que alcanzan hasta un metro de altura.

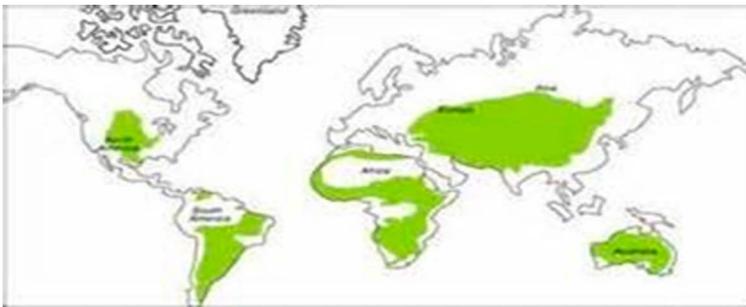
Los suelos son muy pobres formados por un ligero manto rojizo o amarillento que apenas contiene nitrógeno orgánico, fósforo o calcio. Las plantas obtienen los nutrientes necesarios de la masa vegetal que cada año muere y se mineraliza rápidamente, debido al clima húmedo y caluroso.

La fauna es también abundante y variada y la mayoría de los animales viven en las capas superiores de la vegetación, para lo que presentan adaptaciones morfológicas espectaculares, como las garras de los perezosos, las colas prensiles de los monos, membranas planeadoras en las ardillas, etc.

En África, la vegetación alta permite la presencia de los ungulados de gran tamaño: cebras, búfalos, antilopes, gacelas, etc.

Existen también abundancia de insectos, reptiles de gran variedad, aves de vistosos colores.

Pastizal



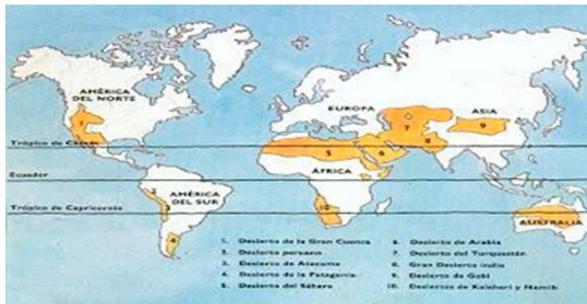
Los pastizales de clima templado tienen las mismas características de la sabana, pero se localizan en regiones de temperaturas relativamente frías. Estos biomas incluyen regiones del sur de África, las pampas de Argentina, las estepas de Rusia, así como las praderas y planicies del centro de Norteamérica. Las claves para la persistencia de los pastizales son los fuegos ocasionales y las sequías que evitan que las hierbas leñosas y los árboles invadan y dominen el ambiente. El pasto es especial porque crece debajo de la Tierra; en las épocas de frío

este queda adormecido, hasta que cambia de temperatura y calienta nuevamente.

Los pastizales se expanden en una amplia zona después de que se retraen los glaciares, ya que los climas se hacen más calientes y secos. Junto con la expansión se produce la diversificación de mamíferos grandes de pastoreo que utilizan este recurso; luego, algunos carnívoros grandes como los leones y los lobos se alimentan de estos animales de pastoreo.

Más de un cuarto de la Tierra está cubierta de estos ecosistemas, la mayor parte en África y Asia. Los tipos de pastizales que se pueden distinguir son: praderas, llanos, sabanas, pampas.

Desierto



Característico de zonas áridas con una precipitación anual muy escasa, irregularmente distribuida y variable de unos desiertos a otros. Las únicas zonas desérticas sin ninguna precipitación pluvial son las del Norte de Chile y el Sahara central. Recibe menos de 22 cm/año de precipitación. Y por qué no hay lluvias? Porque no hay nubes en estos lugares, haciendo que sea muy caluroso en el día y demasiado frío en la noche.

Entonces la característica fundamental de estos biomas es:

- La escasez de agua y las lluvias muy irregulares que, cuando caen, lo hacen torrencialmente. Además la evaporación es muy alta por lo que la humedad desaparece muy pronto.

- La escasez del suelo que es arrastrado por la erosión del viento, favorecida por la vegetación.

- Su productividad es pobrísima, menos de 50 g/C/m²/año, dependiendo principalmente de la lluvia que puede caer.

Algunos desiertos son cálidos: el Sahara; otros son fríos: como el de Gobi; hay desiertos muy secos, lluvia inexistente: Atacames.

Un mecanismo climático que forma desiertos en zonas cercanas a las costas es el ascenso de corrientes marinas frías cerca de los bordes continentales de África y América del Sur. La vegetación se encuentra muy espaciada y las plantas suelen tener mecanismos repelentes para asegurar que no se acerquen otros ejemplares, esto también origina diferentes formas vegetales que se adaptan al desierto:

1. Plantas que sincronizan sus ciclos de vida con los períodos de lluvia y solo crecen cuando hay humedad, desarrollándose con rapidez y formando vistosas flores.

2. Matorrales de largas raíces que penetran en el suelo hasta llegar a la humedad, se desarrollan especialmente en desiertos fríos.

3. Plantas que acumulan agua en sus tejidos, son de formas suculentas: cactus, euforbias, tienen paredes gruesas, púas y espinas para protegerse de los fitófagos.

4. Algún tipo de micro flora como algas, musgos y líquenes que permanecen latentes hasta que hayan buenas condiciones para su desarrollo.

En relación a los animales, estos tienen adaptaciones muy específicas para sobrevivir en un medio tan seco:

*Las excreciones de los animales que viven en los desiertos es muy reducida y muchos son capaces de obtener agua de los alimentos.

*Son de hábitos de vida nocturna y durante el día permanecen cuevas y madrigueras bajo tierra.

El hombre ha desarrollado culturas que mucho ingenio, le han permitido vivir en los límites de los desiertos o en las mismas zonas desérticas.

El extremado clima y la constitución del suelo (formado por dunas, áreas rocosas, pedregosas, arcillosas, etc.) producen en las plantas y animales grandes adaptaciones para poder sobrevivir.

La vegetación es poco densa y en general consta de plantas anuales que crecen cuando existe una humedad adecuada; plantas suculentas como los cactus capaces de almacenar agua durante la época de lluvia y utilizarla en los períodos de sequía. También hay arbustos que

presentan numerosas ramas que brotan de un corto tronco y poseen pequeñas y gruesas hojas de las cuales se desprenden en los largos periodos de sequía.

La fauna incluye reptiles, insectos y roedores capaces de extraer el agua que necesitan de las semillas y los cactus que le sirven de alimento. Se refugian durante el día del extenuante sol, además de excretar una orina muy concentrada para perder el menor líquido posible. Otros animales característicos del desierto son el camello, el antilope, la gacela que consiguen el agua por medio de las reservas grasas de su cuerpo.

El desierto produce una baja precipitación pluvial debida: a una presión barométrica alta continua (desierto del Sahara); a una situación geográfica al abrigo de la lluvia (desiertos de oeste de Estados Unidos) o a grandes altitudes, como los del Tíbet, Bolivia, etc.

Las zonas desérticas bien regadas, son áreas de gran productividad, debido a su fuerte exposición solar, aunque muy vulnerables por la alta evaporación y el acumulo de sales que se aplican al suelo para cualquier cultivo (Figura 2.13).

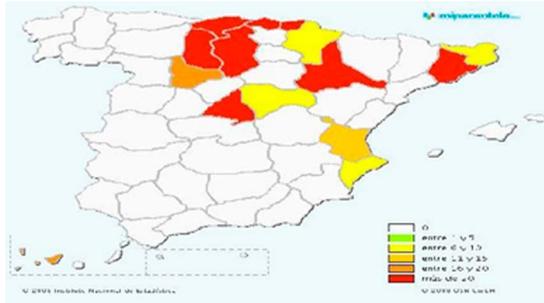
Dehesa

Es un ecosistema único, típico de las extensas zonas de la península Ibérica (los españoles llaman dehesas a los pastizales semidesérticos que se extienden por amplias zonas pobres del centro, oeste y sureste de esta república), ecosistemas interesantes porque existe un equilibrio entre la explotación antropogénica y la conservación de los recursos naturales.

La acción humana ha modificado el bosque mediterráneo llegando a un equilibrio ideal para la explotación de recursos: madera, ganadería, etc.; además de un lugar de reposo y alimentación de las aves migratorias.

Las zonas en que están las dehesas estaban ocupadas por bosques anteriormente, luego se eliminan estos bosques y matorrales con talas, siegas, incendios controlados, roturaciones del terreno y por el ramoneo de las cabras. Los árboles desempeñan funciones importantes en las dehesas, formando un sistema protector que mitiga las pérdidas de los materiales ladera abajo.

En las zonas soleadas abundan las leguminosas que fijan el nitrógeno atmosférico en sus nódulos simbióticos, mientras que en las zonas en las que hay que competir con la luz, abundan las gramíneas.



Impacto ecológico en nuestro medio

Generalidades

En las próximas décadas la sociedad humana estará gobernada por las siguientes fuerzas:

- Presión poblacional y seguridad alimentaria,
- La equidad,
- La sostenibilidad, y
- Los asuntos medioambientales.

Por los estudios realizados en cuanto a la presión poblacional en el año 2020 habrá un déficit alimenticio de 250 millones de Tm de alimento, referente a los cereales. Respecto a la equidad, $\frac{1}{4}$ de la población vive en los países desarrollados quienes tienen el control y consumo de la mayoría de los recursos disponibles. En las grandes ciudades se tiene el fenómeno de la migración de la población del campo engrosando los cinturones de pobreza y miseria, migración producida por la presión ejercida sobre el recurso suelo.

En cuanto a la sostenibilidad, el área debe ser cultivada para cubrir las necesidades del crecimiento poblacional que crecerá en los próximos años, incrementando la presión sobre los recursos hídricos. Los impactos negativos de la interferencia humana y en particular de la agricultura en los recursos suelo y agua serán únicamente detenidos si la agricultura y otros desarrollos se vuelven sustentables.

Las preocupaciones medioambientales se refieren a uso intensivo de productos químicos, que es una de las mayores preocupaciones relativas a la degradación del medio ambiente, estos están contaminando los ríos y lagos necesarios para el abastecimiento de agua potable para la población; también, la transformación de zonas forestales en zonas de producción agrícola es otra preocupación medioambientalista. (Revista Universidad de Cuenca, 1 999)

La contaminación y el impacto ambientales relacionados con el sur del Ecuador (Prov. El Oro) en los cantones de Portovelo-Zaruma por la explotación minera fueron evaluados por primera vez en una serie de estudios a principios de 1990 (Torres, 1991), seguidos por otros estudios (SGAB-Prodeminca, 2000; Tarras-Wahlberg et al, 2000; Tarras-Wahlberg et al 2001; Tarras-Wahlberg y Lane), demostrando que esa actividad está causando una variedad de problemas ambientales, como la deforestación y el aumento de la erosión, el ruido y polvo de transporte pesado, así como el efecto desestabilizador sobre la tierra de una gran cantidad de socavones de minas mal planificadas y mantenidas. La mayoría de los problemas graves son las descargas del proceso de relaves a los ríos Amarillo y Calera (SGAB Prodeminca, 2000). El efecto ecológico de estas descargas es drástico, los niveles de metales y de cianuro en el agua excede los criterios de calidad ambiental (Tarras-Wahlberg, N.H. 2002).

La contaminación con mercurio, en sectores del Ecuador con conocidos antecedentes mineros como Ponce Enriquez, Nambija y Portovelo-Zaruma donde se utiliza el mercurio en el proceso de amalgamación para la obtención de oro, fue analizada y documentada por Cumbal et al. x.

Los resultados obtenidos indican que la concentración más alta encontrada en aguas es de 1812,50 $\mu\text{g/L}$ y la más baja de 0,03 $\mu\text{g/L}$, mientras que para los sedimentos se determinó que el valor más alto fue de 440,76 $\mu\text{g/kg}$ y la concentración más baja fue la de 0,48 $\mu\text{g/kg}$. Varios valores de concentraciones de mercurio en aguas y sedimento sobrepasan los límites permisibles del TULAS (1 $\mu\text{g/L}$) para agua y de (0,3 $\mu\text{g/g}$) para sedimento, establecido por organismos internacionales (Rojas de Astudillo, 2005), causando la extinción de toda forma de vida acuática superior en ciertos tramos de estos ríos (prácticas de muestreo con los estudiantes de la Escuela de Acuicultura y de

Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala) han determinado su evaluación.

Impacto en las aguas.

La provincia de El Oro - Ecuador se caracteriza por estar constituida por algunas cuencas hidrográficas y en su mayoría han sufrido el impacto ambiental respecto a la minería, acuacultura, asentamientos poblacionales y agricultura.

El manejo sustentable de una cuenca hidrográfica, según Falkmark y Luidh (1993-2000) debe tener las siguientes condiciones básicas: el agua subterránea debe ser apta para el consumo humano; el suelo productivo y los peces comestibles; la diversidad biológica debe ser conservada y los recursos renovables deben ser salvados.

Respecto a los trabajos de evaluación del impacto minero en las aguas, estos han empezado determinando varios parámetros físico-químicos en los diferentes ríos de la provincia; vale destacar que la determinación de DO (demanda de oxígeno disuelto) y DBO/DQO (demanda bioquímica- Es la cantidad de O₂ necesario para descomponer la Materia Orgánica presente por acción bioquímica aeróbica- y demanda química de oxígeno - Es la cantidad consumida por los cuerpos reductores presentes en el agua sin intervención de los organismos vivos-), se encuentra menor a 5 mg/l y menos a 18 mg/l respectivamente, mostrando realmente que no hay mayor contaminación de material orgánico en los centros poblados. Ver anexo número 4.

Como ejemplo el pequeño pez raspa balsa debido a la contaminación muestra una bioacumulación de metales (230 µl/kg.) existiendo una correlación significativa entre la fauna de los diferentes ríos monitoreados.

Las larvas de insectos de la familia Corydillidae en relación al As y con la familia de los crustáceos Penaidae con contenidos de As, Pb y Hg se han hallado en especímenes recolectados entre 10 y 20 veces superior a aquellos ríos sin contaminación de hasta 3 mg/kg de peso seco de Hg (equivalente a 1.0 mg/kg de peso húmedo en este espécimen), indicándonos la acumulación de esta sustancia en materia orgánica y su consecuente incorporación para el resto de organismos acuáticos.

Especificando la fauna en río Siete, que comprendía 19 especies, con la contaminación minera se erradicaron completamente todas las formas de vida acuática en su parte superior. En relación a la fauna de su estuario, los mejillones (*Mytilus* sp.) muestran un aumento de contenido de As, Cu y Hg de 3 a 6 veces mayor en relación a estos especímenes en el río Balao. Así mismo el cangrejo (*Usides occidentalis*) y la lisa (*Mugilis* sp.) muestra 3 veces superior en su contenido de metales como el Cu en el hígado del organismo.

El impacto ambiental en el estuario como hábitat y lugar de reproducción de aves, peces, crustáceos y otros organismos, es realmente significativa. Aparte de la potencial amenaza del Hg y As debido a su toxicidad y su capacidad de acumulación en el tejido animal es alarmante.

Referente a la acuicultura, para el cultivo en cautiverio de camarón (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*) se invadió grandes áreas de manglar con la finalidad de expandir el hectareaje de cultivo de este crustáceo. En general las áreas próximas al borde costero, incluyendo el Archipiélago de Jambelí, están destinadas a camaroneras. En esta franja costera, de acuerdo a la clasificación de Koppen corresponde a una zona tropical húmeda y seca y según Luis Cañadas identifica dos zonas de vida en el área costera de El Oro:

- La zona de monte espinoso tropical (m.e.T)
- El matorral desértico tropical (m.d.T.)

Esta actividad productiva se inicia en año 1 967 y en el año 1976 la Subsecretaría de Recursos Pesqueros registra 119 ha autorizadas con tres cultivadores. Diez años después, ya existían 20 910 ha y los cultivadores eran 347. Clirsen en el año 1 984 hasta la actualidad se registra 26 500 ha de cultivo, de estas 16 700 son ocupadas los manglares y salitrales. Para el año 2001 el Plan de Manejo de Recursos Costeros (PMRC) realiza un monitoreo existiendo 30 870 ha de camaroneras que representa el 18.62% a nivel nacional.

Cabe señalar, según Velásquez (2010), que las aguas que diariamente que ejecutan recambios para permitir el mantenimiento del cultivo con agua nueva, esta es vertida a su entorno afectando el ecosistema externo y son causales para la eutrofización, la carga bacteriana y el material particulado que se vierta al ambiente acuático, ocasionando serios problemas ecológicos por falta de técnicas de manejo. Ver Anexo

Nº 5 y 6. Estudio físico-químico de variables de calidad de agua en piscinas y sus afluentes.

Los manglares y camaroneras limitaron la posibilidad de expansión urbana y el hacinamiento que se produce en centros poblados se traduce en un deterioro ecológico del medio. La mayor parte del desarrollo de la franja costera ocurre en los márgenes de los esteros cuyas cabeceras no tienen alimentación permanente de aguas de escorrentía, excepto durante la estación lluviosa, entonces, la circulación del agua es inducida por las mareas. Adicionalmente, algunas camaroneras obstruyen el drenaje natural, deteriorando la calidad de agua y además provocando inundaciones en lugares que muchas veces se pensó que estaban protegidas.

El mayor uso del agua en el Ecuador es para la agricultura, seguido del uso para generación de energía y luego para uso doméstico. También su calidad ha sido afectada por el uso indebido de los recursos hídricos por parte de los habitantes, y es importante anotar que los problemas de calidad de agua tienen relación con: turbidez, eutrofización, usos de pesticidas y otros productos químicos.

Impacto del suelo.

Los campesinos debido a la presión del asentamiento poblacional, son forzados a ocupar cada día más las tierras altas. La productividad de estos suelos no solamente es baja sino que son adicionalmente susceptibles al fenómeno de la erosión, la cual cada día crece significativamente, produciendo además, un fenómeno muy fuerte de migración hacia las grandes ciudades y también al exterior.

Es importante indicar que el 65% de la superficie terrestre está compuesta por desiertos, tundras y montañas que no son cultivables (aunque tengan bosque la mitad), el otro 24% es tierra marginal demasiado seca (pastizales y sabanas) o húmedas (lagunas, pantanos y marismas) que arreglándola es posible hacerla agrícola. Sólo el 1% es tierra agrícola óptima.

El hombre ha utilizado los recursos naturales sin restricciones, como ejemplo, se construyen vías, se fertilizan y drenan los terrenos, se quita la vegetación, se cultiva y se cortan los árboles, sin embargo,

las intrincadas interacciones entre diferentes componentes del ecosistema se producen efectos secundarios “no explicados” que no son considerados; es decir, los diseños se realizan para resolver problemas específicos, una planta hidroeléctrica o un sistema de riego, sin considerar los posibles impactos de esos diseños en otros aspectos.

En relación al impacto minero en suelos, esto es notorio en la parte alta de los ríos tributarios, debido al uso indiscriminado y sin control del material que se tritura (cuarzo) utilizado para extraer los metales que se buscan. Sin embargo, el relave y las colas a más de fluir o regarse por los afluentes de agua, estos se esparcen por los suelos aledaños, ocasionado la erosión y desertificación de estas tierras altas, además la eliminación de toda forma de vida animal.



La tala indiscriminada del manglar que ha sufrido a lo largo del tiempo la provincia de El Oro es otro de los factores que causa un impacto ambiental; esta tala se ha hecho con fines de lucro y provecho personal del hombre. La principal presión del manglar proviene del cultivo del camarón, que según datos del Clirsen del año 1969 al 2010 existen 191.331 has. De las cuales +/- 175.000 has. Son operativas y +/- 145.000 has. es espejo de agua. De este total gran total 68.480 has (35.8%) están ubicadas en zona de playa y bahía; y 122.851 has. (64.2%) se encuentran en zonas altas sin vocación agrícola, legales o con permiso de operación. Fuente: Subsecretaría de Acuacultura de la República del Ecuador. En relación al manglar en el perfil costanero del Ecuador vale indicar que los impactos ambientales por la destrucción del hábitat del manglar se incluyen:

- El desplazamiento de gente que anteriormente dependía de este bosque para su alimentación, madera, combustible, empleo e identidad cultural.

- Pérdida de un hábitat que se conoce como necesario para algunas especies importantes de moluscos y crustáceos (conchas y cangrejos) que habitan estos ecosistemas.

- El flujo de aguas estuarinas es canalizado debido a que este bosque de manglar es reemplazado por la construcción de piscinas camaroneras o áreas urbanas, produciendo impactos sobre patrones de sedimentación, inundación e intercambio de mareas.

- Se conoce que los pantanos funcionan como “riñones de la naturaleza” y reducen los impactos de contaminación de agua por medio de la acumulación, almacenamiento y conservación de la biomasa.

Camaroneros se defienden, aunque aceptan haber talado el manglar, alegan no ser los únicos responsables de la desaparición de los mangles. “Las ciudades, como Guayaquil, Puerto Bolívar, entre otras, han tenido un crecimiento constante en donde las personas asentadas en las riberas de los esteros han ido constantemente cortando el manglar, incluso han hecho uso de su madera para la colocación de estacas en el mar para sus viviendas sobre el agua”, justificó el presidente de la Cámara Nacional de Pesquería, José Camposano. Aclara que el 70% de las camaroneras registradas están en tierras altas improductivas para la agricultura, el restante está en salitrales, playas y bahías, por lo que considera que se ha acusado injustamente al sector. La Ley Forestal prohíbe la poda, tala, descortezamiento, destrucción, alteración, transformación, adquisición, transportación, comercialización, o utilización de los bosques de áreas de mangle y establece multas hasta por 89.273 dólares por tala de manglar, según la Resolución 056 de 28 de enero de 2011. También es considerado como delito penal ambiental, establecido en el artículo 437, literal H, que menciona: “El que destruya, quemé, dañe o tale, en todo o en parte, bosques u otras formaciones vegetales (como es el manglar), naturales o cultivadas, que estén legalmente protegidas, será reprimido con prisión de uno a tres años, siempre que el hecho no constituya un delito más grave. Para recuperar los espacios de manglar, mediante el Decreto Ejecutivo 1391, expedido el 15 octubre de 2008, se reforma el Reglamento General a la Ley de Pesca que dice a los concesionarios de zona de playa y bahía que hubieran ocupado un área mayor a la concedida o que ocuparen zonas sin el correspondiente acuerdo interministerial de concesión,

construidas antes del año 1999, podrán regularizar su actividad, debiendo reforestar en referencia a su extensión. Bajo este último marco legal, el Estado ecuatoriano formaliza la actividad camaronera en las zonas de playa y bahía, permitiendo recuperar parte de la cobertura boscosa del ecosistema de manglar, en virtud a que dentro del proceso de regularización, el Ministerio del Ambiente (MAE) evalúa y aprueba planes de reforestación de manglar a los concesionarios de camaroneras.

Remediación Ambiental

El concesionario camaronero que haya talado debe presentar un requerimiento de reforestación ante el Ministerio del Ambiente, que se calcula de acuerdo al hectárea que posee, según lo estipula el Decreto 1391:

- Hasta 10 hectáreas el 10% de reforestación.
- De 11 a 50 hectáreas el 20% de reforestación.

-De 50 a 250 hectáreas el 30% de reforestación. Una vez aprobado el proceso de reforestación por el MAE, el solicitante ejecuta a su costo el plan que le permitirá regularizar su actividad acuícola. El presidente del gremio camaronero precisa que de los responsables de la afectación a los manglares, ellos son los únicos que remedian con la reforestación en cuyo accionar han ido aprendiendo en el camino sobre cómo plantar mangles. A través del Proyecto de Forestación y Reforestación de manglar del Ministerio del Ambiente, hasta la fecha se ha evaluado 1.072 planes de reforestación en sectores recuperados de camaroneras. El escenario de depredación que existió, ahora se le pone freno y remediación; aunque hay sectores en donde no se puede ya plantar los mangles por el daño causado al área. En esos sitios las camaroneras reforestan dentro de las mismas piscinas. “Aquí la Ley se cumple”, sentencia el funcionario del MAE. Reflexión: La deforestación del manglar, acaso no ha intervenido en el cambio de nichos ecológicos, al desplazar de su hábitat las diferentes especies de crustáceos, moluscos y peces? Protejámoslo.

Salinización de suelos.

Respecto a la salinización, en el impacto ambiental del suelo; después de la depredación del manglar por más de 30 años de impunidad y violación de las leyes, miles de familias que han dependido de este ecosistema se ven afectados por la pérdida de su cultura y de su entorno. Hoy los camaroneros han dado otro zarpazo a la naturaleza, instalando sus piscinas de camarón en las tierras altas, provocando la salinización de suelos agrícolas y del agua dulce. De continuar esto el Ecuador enfrentará desastres ambientales, como la pérdida de suelos agrícolas, y su salinización, contaminación de agua dulce, superficial y subterránea, además con cambios de estructura física, química y microbiológica del suelo, pérdida de la biodiversidad terrestre y acuática.

También se advierten los impactos sociales que generarían por la competencia entre acuicultores y agricultores, así mismo, los problemas en la utilización del agua para consumo humano y agricultura.

Aparte de vastas áreas de manglar para la construcción de camaroneras, otra consecuencia industrial es que estos organismos producen un volumen considerable de desechos en los estanques, a medida que estos desechos se acumulan, florecen bacterias que consumen el oxígeno disuelto disponible, provocando a los camarones enfermedades y limitaciones en su crecimiento. Los productos de desecho, junto al amoníaco y nitritos del medio son tóxicos para los organismos de cultivo y otros, causándoles enfermedades y muerte. Para evitar este problema, se extrae periódicamente el agua de los estanques y se llena con agua limpia; este sistema produce contaminación de las aguas superficiales cercanas a los estanques, provocando también la salinización de los acuíferos y tierras agrícolas costeras. Luego los estanques los abandonan y el área queda a menudo convertida en un erial y sus suelos contienen altos niveles de salinidad, acidez y sustancias químicas tóxicas que prácticamente las inhabilitan para otros usos.

Impacto en el aire.

Los organismos enfrentan ciertos niveles de contaminantes sin sufrir efectos adversos, a esto se denomina nivel umbral en el aire más allá, el efecto del contaminante depende de su concentración y del tiempo de su exposición. No es importante la cantidad absoluta del contaminante, sino su dosis.

Los factores que determinan el grado de contaminación atmosférica son:

- La aparición del smog, ocasionada por la costumbre de arrojar los humos de la combustión a la atmósfera. Este smog puede ser industrial, que generalmente es una mezcla irritante y grisáceo de hollín (azufre y vapor de agua), y el smog fotoquímico (residuos tóxicos de vehículos) que causa el 80% de la contaminación atmosférica en las áreas metropolitanas.

- La emisión incontrolada de sustancias a la atmósfera y sus contaminantes del aire son:

- Partículas suspendidas, como sólidas y aerosoles que están en el aire deteriorando muchas funciones respiratorias, más de 10 micrómetros son causales como efectos nocivos de la salud.

- Compuestos orgánicos volátiles, como gasolina, solventes de pintura y soluciones limpiadoras orgánicas. Los compuestos orgánicos volátiles son los principales causantes de la formación de ozono.

- Monóxido de carbono (CO), gas invisible e inodoro, venenoso para los animales por que impide el suministro de oxígeno a los tejidos.

- Óxido de Nitrógeno (NOx), son gases que irritan los pulmones y causan enfermedades respiratorias agudas en los niños.

- Óxido de Azufre (SOx), y también Dióxido de Azufre, que es un gas venenoso para plantas y animales; para los niños y ancianos es muy sensible.

- Plomo y otros metales pesados, el Pb es peligroso porque causa daño cerebral y la muerte ya que causa la lesión de tejidos y órganos cuando este se acumula en el organismo.

- Ozono y otros oxidantes fotoquímicos, letal para plantas y animales lesionando los tejidos pulmonares. El O₃ a nivel del suelo es contaminante grave.

El monocultivo implantado en la provincia de El Oro (banano, cacao), genera preocupación medioambiental, debido al uso intensivo de productos químicos altamente tóxicos para la salud humana y esta se da por la fumigación aérea, contaminando el aire. La transformación de zonas forestales (pulmones de la naturaleza) en zonas de producción agrícola es otra preocupación medioambiental. Prácticas de campo realizadas por científicos muestran que las plantas son bastante sensibles a gases contaminantes que los seres humanos.

Otro agente contaminante del aire es el tabaquismo, pues, fumar es contaminación portátil.

Mejoramiento ambiental.

Los empresarios, especialmente los mineros, están adoptando normas de protección ambiental, en relación a la explotación inicial, como por ejemplo que las colas sean recolectadas y confinadas a diques adecuados donde se eliminan en lo posible, descargas de material tóxico a sus alrededores y que constituyen estructuras que sirven para la efectiva rehabilitación del área una vez terminada su explotación. En consecuencia, el manejo adecuado de los desechos mineros puede transformarse en una posibilidad comercialmente válida, proponiendo los siguientes aspectos:

- Se debe promover y apoyar el desarrollo de métodos que permitan eliminar el uso de Hg. Algunas plantas tratan sus concentrados gravimétricos en pequeñas instalaciones de lixiviación con cianuro. Otra alternativa cambiar totalmente el tratamiento gravimétrico por un proceso de beneficio solo que incluya trituración/molienda y cianuración con o sin flotación previa.

- Para la emisión de cianuro tóxico, se puede resolver al recoger las colas de las plantas de cianuración para oxidación en diques de colas adecuadas, es decir, destruidos de manera natural adicionando un agente oxidante, hipoclorito.

- Evitar el uso de agua contaminada para irrigación, criaderos de especies bioacuáticas, plantaciones de banano.

- Evitar la canalización de lechos de ríos que contengan sedimentos ricos en minerales contaminantes.

Biomás terrestres

BIOMAS	DISTRIBUCIÓN	ORGANISMOS TÍPICOS	AMENAZAS	NOTAS
Tundra	Comunidad propia de la parte que se localiza al norte, pero que no tiene equivalente en el Hemisferio Sur. Existen comunidades parecidas en las altas montañas de todas las latitudes.	Vegetales: musgo, brenzo, Durante el verano se presentan mosquitos y otros insectos. Habitan la lechuza, osos, caribú, comadreja, liebre de la nieve y otras formas. Casi no hay reptiles.	Erosión de la tundra de lenta regeneración. Construcción de caminos y oleoductos.	Clima muy frío, poca lluvia, se mantiene húmedo debido a un bajo índice de evaporación y un mal drenaje.
Taiga	Es propio del norte de Europa, Asia y Norteamérica, pero en áreas con temperaturas moderadas	Los árboles de coníferas, siempre verdes y algunos de hoja caduca. También aves pequeñas que se alimentan de semillas así como sus predadores como el halcón, carnívoros, oso puma, tigre, etc.	Aserradero, cacería regulada y trapeo, y en algunas áreas de desarrollo agrícola	Suelos ácidos propios de nutrientes minerales.
Bosque Deciduo Templado	Siempre verdes, algunos probablemente en etapas de subclimax, Europa, China, Japón, este de Norte América. Estos bosques tienden a desarrollarse en climas templados y lluviosos moderados.	Presencia de animales vertebrados e invertebrados, la mayoría de éstos están cercanos o sobre el piso del bosque. Árboles de maderas duras y de hojas caducas y hierbas de varias especies.	Prácticas agrícolas, alta densidad de población humana que dispersa en suburbios sobre el bosque.	Históricamente la civilización industrial ha continuado un desarrollo en este bioma, especialmente en Europa.
Bosque Tropical Húmedo	Áreas de elevada lluvia, Ej. Congo, Amazonas. Se presentan pastizales de tipo sabanas producidas por lluvias moderadas o una estación pronunciada seca; existen algunos bosques lluviosos templados, generalmente de coníferas.	Una diversidad extremadamente rica en formas de vida. El hábitat está dominado por árboles de hojas grandes y siempre verdes. La mayoría de los animales viven en la copa de los árboles. Debido a las temperaturas elevadas existe descomposición rápida de material orgánico del suelo.	Aserraderos, desarrollo agrícola mal concebido, disminución de la población de animales como monos y leopardos por la cacería.	La mayoría de los nutrientes del suelo se hallan ligados a la vegetación y cuando esta cubierta vegetal se elimina, se establece un proceso de empobrecimiento del suelo que mediante la oxidación se convierte en sustancia pedregosa.

Pastizales	Se hallan en el interior de los continentes en zonas de baja precipitación.	Este tipo de bioma está dominado por pastos, animales herbívoros grandes como el antilope, ganado, conejos, roedores, lobos y una gran variedad de aves.	La comunidad original ha sido destruida por el desarrollo agrícola. En algunos lugares existe una erosión masiva debido al sobre pastoreo y sobreexplotación.	El suelo es característico, muy rico en contenido mineral que puede formar una capa calcificada de amplio grosor. Útil para el pastoreo, y si hay lluvia para el cultivo de cereales.
Desiertos	Lluvia escasa; muy pocas áreas de clima templado; la mayoría en regiones subtropicales, que tienden a presentarse en las montañas.	Las plantas como la artemisa, los cactus y tipos de algas, son resistentes a la sequía. En los desiertos húmedos algunos animales pueden ser numerosos y tienden a ser nocturnos.	Numerosos reptiles y mamíferos y algunas aves. Algunos lugares están amenazados por la irrigación y el desarrollo residencial - industrial, aunque el daño es solamente local.	Son biomas variables y su variación depende principalmente de los índices de precipitación; algunos desiertos están desprovistos de vida, la irrigación finalmente acentúa el contenido, en minerales del suelo y niveles de salinidad.

Figura 2.13 Tipos de Biomas Terrestres y sus Características. Fuente: Ville, C. A., Salomón E. P., y Davis, P. W., Biology, CBS College Publishing, 1985.

Preguntas de Autocontrol

1. ¿Cuál es la diferencia entre comunidad y biocenosis?
2. Indique las características propias de la comunidad.
3. ¿Frecuentemente se establecen límites en la comunidad, cuándo se exceptúa esta particularidad?
4. ¿Cuál es la característica de la zona ecotonal?
5. ¿En cuánto a la diversidad, a qué tipos de organismos se llama dominantes ecológicos?
6. ¿Qué es índice de diversidad de especies, y qué efectos ecológicos pueden ayudar a la investigación?
7. ¿A qué se refiere la fenofases en la estructura de la comunidad?
8. ¿Qué es nicho ecológico en los organismos que integran una comunidad?
9. ¿Los niveles tróficos en las cadenas alimenticias, cómo están estructurados?, grafique.
10. ¿Qué es la biocenosis ideal y qué la potencial en las comunidades?

11. ¿Cuándo hablamos de ecotonos a qué nos referimos?
12. ¿En qué nivel de biomas está nuestro país, ejemplarice con tipos de poblaciones de flora y fauna?
13. ¿Qué amenazas influyen al Bosque Tropical Húmedo?
14. Indique los tipos de flora y fauna característicos de los desiertos.
15. ¿En cuánto a la distribución de los biomas en la faz de la Tierra, dónde encontramos a la taiga?
16. ¿Qué fuerzas gobernará la sociedad humanan referente al impacto ecológico en el futuro?
17. ¿Qué preocupaciones ambientales son las que más se destacan?
18. ¿Al evaluar el proyecto de desarrollo minero y control ambiental el impacto minero en el sur del Ecuador (Provincia de El Oro), qué áreas específicas se destacan y cuáles son los contaminantes más importantes?
19. ¿En relación a las aguas, el impacto ambiental cómo ha influido en la fauna y flora de los ríos y estuarios?
20. ¿Qué organismos han sido los más importantes en cuanto a la evacuación del impacto ambiental en ríos y estuarios de la provincia de El Oro?
21. ¿Cómo ha influido la actividad camaronera en la provincia de El Oro, en relación al impacto ambiental?
22. ¿Según Velásquez (2000) en la evaluación de la calidad de aguas, cómo determina el impacto ambiental?
23. ¿En cuanto al aspecto contaminante del suelo, cómo el manglar al destruirse impacta socialmente?
24. Haga un enfoque de la salinización de suelos en cuanto al impacto ambiental de las camaroneras.
25. ¿Qué aspectos más importantes se deben adoptar para mejoramiento ambiental?

Bibliografía consultada

- AGUILAR, G. C. 2007. Simulación de sistemas: Aplicación en la producción animal. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. pp. 218-234.
- DOBBEN, W.H. 2008. Conceptos unificadores en Ecología. Barcelona, Blue. pp. 342-360.
- GILBERT, GUTIERREZ, FRAZER Y JONES. 2007. Relaciones ecológicas. Ed. Blume. Barcelona- España. pp. 64-72.
- [http://www.wrm.org.uy/boletín 51/Ecuador.html](http://www.wrm.org.uy/boletín%2051/Ecuador.html)
- INFORME FINAL DE PROYECTO P – BID 148.
“Estudios de Calidad de Agua como medida para determinar la influencia en la productividad camaronera de la Prov. de El Oro”. UTM FUNDACYT. 2000. pp. 55-68.
- NEBEL, B.; WRIGHT. 2008. Ciencias Ambientales: Ecología y desarrollo sostenible. México. pp. 371-375.
- ONDARSA, R. 2005. El hombre y su ambiente. Ed. Trillas. México. pp. 94-108.
- PMRC (Plan de Manejo de Recursos Costeros) Zona: Machala – Puerto Bolívar. 1992. pp. 15-17.
- PICON, C; TARTER, R. 2009. Ambiente y desarrollo. Panamá ante el desafío global. Natura/UNESCO. Panamá. pp. 26-34.
- REVISTA UNIVERSIDAD DE CUENCA: Agua, suelo, tecnología. 2009. Edición Tomo I. pp. 18-22.
- REVISTA CAMARA NACIONAL DE ACUACULTURA. DECIÓN 90. 2012. Regularización de camarónicas.
- SUTTON, D. B; HARMON, N.P. 2009 Fundamentos

de Ecología. Ed. Limusa. México. pp. 104-120.

- TURK, A., TURK, J., Y WITTES, J. 2010. Ecología: Contaminación y Medio Ambiente. Interamericana. México. pp. 162-170.
- VILLE, G. A.; SALOMÓN, E. P. Y DAVIS, P. W. 2005. Biology, CBS College, Publishing, Philadelphia. pp. 45-62.
- WOODWELL, G. M., and Smith H. H. 2009. Diversity and stability in ecological systems. Scientific American. Brookhaven Symp. pp. 38-49
- ZARET, T. M. 2010. Predation and freshwater communities. Yale University Press, New Haven. pp. 16-34.

Características del ecosistema y su flujo energético

La naturaleza mantiene el equilibrio entre los ecosistemas, el hombre debe contribuir a ello.

Preguntas de reflexión:

Nombre los ecosistemas más importantes de la Provincia de El Oro – Ecuador.

Identifique un ecosistema de la Provincia y nombre sus componentes bióticos y abióticos.

¿Cómo influye el flujo energético en el ecosistema?

¿A qué se refiere la ley del 10% en el flujo de energía de un ecosistema?

¿En una cadena trófica, cuáles son los principales elementos que la conforman?

Objetivos:

Diferenciar el concepto de ecosistema, comunidad y población con la finalidad de entender a la naturaleza.

Establecer una valoración con fundamento en los conocimientos adquiridos y descifrar la problemática del ecosistema en relación a su entorno de vida de la sociedad.

Contenidos:

Principios y conceptos correspondientes al sistema biológico del ecosistema.

¿Qué son los ecosistemas?

Estructura de los ecosistemas: bióticos y su categoría; abióticos.

Ley de los factores limitantes.

¿Por qué regiones diferentes sostienen ecosistemas distintos?

El clima y microclima.

¿Es posible restaurar los ecosistemas?

Elementos, vida y energía en los ecosistemas.

Organización de los elementos en los seres vivos e inertes: la molécula.

Consideraciones energéticas: materia y energía.

Leyes de la energía: leyes de la termodinámica.

Cambios de materia y energía en organismos y ecosistemas.

Fotosíntesis.

Respiración celular.

Función nutritiva de los alimentos.

Detritívoros.

Ciclos de los nutrientes: carbono, nitrógeno.

Principios básicos de la sostenibilidad.

Modelos de ecosistemas.

Principales tipos de ecosistemas con base en fuente y nivel de energía.

Contenidos

¿Qué son los ecosistemas?

Se denomina biota (de bios, vida) o comunidad biótica al agrupamiento de plantas, animales y microbios que se observa al estudiar bosques, pastizales, charcas, arrecifes de coral y áreas inexploradas. Es importante advertir que los vegetales de la comunidad biótica incluyen a toda la vegetación, desde los grandes árboles hasta las diminutas algas; del mismo modo, animales son tanto los mamíferos mayores, las aves, los reptiles y los anfibios como las lombrices, los insectos

más diminutos y los ácaros. Los microbios comprenden un extenso conjunto de bacterias, hongos y protozoarios microscópicos. Así, se puede decir que la comunidad biótica abarca todas las poblaciones de plantas, de animales y de microbios.

La comunidad biótica particular que observamos en un área dada está determinada en buena medida por los factores abióticos (los elementos químicos y físicos inertes), como el agua o la humedad, la temperatura, la salinidad y la clase de suelo. Estas condiciones abióticas sostienen y a la vez limitan la comunidad; por ejemplo, una falta relativa de humedad evita el crecimiento de muchas especies de vegetales pero

Favorece a otras, como los cactus (fig. 3-14) Reconocemos estas áreas como desiertos, en tanto que los suelos con suficiente humedad y con temperatura adecuada albergan bosques; desde luego, el agua es el factor principal de las comunidades acuáticas.

Figura 3.14: Cactus: *Zygocactus truncatus*. Fuente Biblioteca de Consulta



El primer paso en la investigación de una comunidad biótica puede ser tan simple como clasificar las especies que alberga. Las especies son las diferentes clases de vegetales, animales y microbios. Cada especie incluye a todos los individuos con apariencia muy similar, distinta de las demás especies. Las semejanzas externas implican una relación genética estrecha. En particular, la definición biológica de especie dice que es la totalidad de una población que puede cruzarse y producir vástagos fértiles, en tanto que los miembros de especies diferentes no se aparean, y de hacerlo, no tienen descendencia fértil. Cuando se clasifican las especies de una comunidad, se advierte que cada una está representada por cierta población, es decir, por el número de individuos que componen el grupo de apareamiento y reproducción. Población se distingue de especie en que se aplica a los miembros que

viven en determinada área, en tanto que el término especie es incluyente y se refiere a todos los individuos de su clase aunque se encuentren en poblaciones diferentes en áreas muy apartadas.

Al continuar nuestro estudio, junto con la increíble variedad de seres vivos y comunidades nos impresiona el que las especies de cada una dependen y se respaldan mutuamente y de muchas formas. Es del todo evidente que no se encontrarán algunos animales a menos de que haya ciertas plantas que brinden el abrigo y los alimentos necesarios. Así, la comunidad de los vegetales sostiene (o limita con su ausencia) a la de los animales.

Además, todas las especies vegetales y animales están adaptadas para enfrentar los factores abióticos de la región; por ejemplo, las especies de las regiones templadas están adaptadas de un modo u otro para sobrevivir al invierno, que incluye un periodo de temperaturas de congelación (figura 3-15). Lo anterior nos lleva al concepto de ecosistema, que es tanto la comunidad biótica como las condiciones abióticas en las que viven sus elementos. Incluye también las formas en que las poblaciones se relacionan entre ellas y el ambiente abiótico para reproducirse y perpetuar al grupo. En pocas palabras, el ecosistema es el conjunto de las poblaciones de plantas, animales y microbios relacionados entre ellos y con el medio, de modo que el agrupamiento pueda perpetuarse. Con fines de estudio, podemos considerar ecosistema a cualquier comunidad biótica más o menos delimitada y que vive en cierto ambiente. Así, es posible estudiar como ecosistemas distintos un bosque, un pastizal, un pantano, una marisma, una charca, una playa y un arrecife de coral, cada uno con sus respectivas especies y en su ambiente particular.

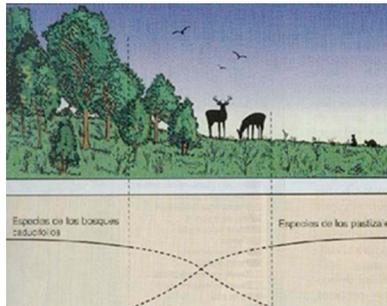
Fig. 3-15 Figura 3-15: otros vegetales de los bosques templados están tan adaptados al invierno que requieren un periodo de temperaturas de congelación para reanudar su crecimiento en la primavera.



Puesto que ningún organismo puede vivir fuera de su ambiente o sin relacionarse con otras especies, los ecosistemas son las unidades funcionales de la vida sostenible en la Tierra.

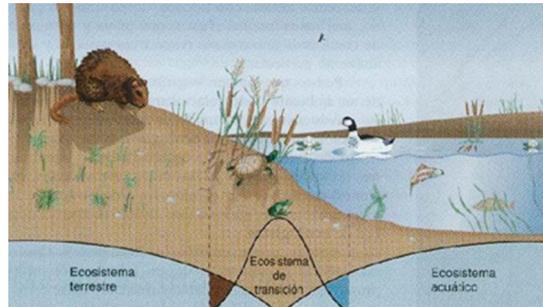
Aunque es conveniente dividir el mundo vivo en ecosistemas diferentes, cualquier investigación revela pronto que rara vez hay límites definidos entre éstos y que nunca están del todo aislados. Muchas especies ocupan y son parte de dos o más ecosistemas al mismo tiempo, o se trasladan de uno a otro en diferentes épocas, como ocurre con las aves migratorias. Al pasar de un ecosistema a otro, se observa una gradual disminución de las poblaciones de la comunidad biótica del primero y un aumento en las del que sigue. Así, los ecosistemas se superponen gradualmente en una región de transición conocida como ecotono, que comparte muchas de las especies y las características de los ecosistemas adyacentes (figura 3-16).

Figura 3-16: Los ecosistemas no están aislados unos de otros, y cada uno se mezcla con el siguiente en una zona de transición llamada ecotono, que contiene muchas especies comunes a ambos.



Los ecotonos también suelen reunir condiciones peculiares que sustenten especies vegetales y animales distintivas; por ejemplo, las áreas pantanosas que a menudo se encuentran entre las aguas de los lagos y la tierra (figura 3-17). Así, los ecotonos pueden estudiarse como ecosistemas por su propio derecho. Más aún, lo que ocurra en un ecosistema influirá sin duda en otros; por ejemplo, las pérdidas de y la fragmentación de los bosques han trastornado las rutas de migración y ha causado disminuciones violentas en la población de ciertas aves canoras de América del Norte. Cuál será el efecto de la falta de estas aves en otros ecosistemas es una pregunta que no podemos responder en este momento.

Figura 3-17: El ecotono conforma un hábitat característico que alberga especies que no se encuentran en los ecosistemas que lo rodean.



A menudo, los ecosistemas similares o relacionados se agrupan en clases mayores llamadas biomas. Los bosques tropicales, los pastizales y los desiertos son ejemplos. Aunque más extenso y complejo que el ecosistema, el bioma sigue siendo en esencia una comunidad biótica sostenida y limitada por los factores abióticos del entorno. De nuevo, en general no hay límites precisos entre los biomas, sino que se superponen en regiones de transición. En realidad, no hay un acuerdo cabal entre los ecólogos sobre si ciertos ecosistemas deben ser sumados a alguno de los principales biomas o bien si hay que considerarlos biomas aparte.

Del mismo modo, hay una gran variedad de ecosistemas acuáticos y de inundación (marismas, pantanos, etc.) que están determinados por la profundidad, la salinidad y la permanencia de las aguas, también hay varios ecosistemas marinos (oceánicos) determinados por la profundidad, la textura del fondo (lodo o bancos rocosos) y el monto de los nutrientes, así como la temperatura de las aguas. Así, estos ecosistemas dependen más de agentes ambientales locales que de factores climáticos generales, como ocurre con los biomas terrestres. Por ello acostumbramos hablar de ambientes, y no de biomas, marinos.

De la forma que se divida (o agrupe) y nombre a los ecosistemas, hay que recordar que todos están relacionados y son interdependientes. Los biomas terrestres están vinculados por el flujo de los ríos que los atraviesan y por la migración de animales. Los sedimentos

y los nutrientes deslavados del suelo enriquecen o contaminan el océano. Las aves marinas y los mamíferos unen los mares con la tierra, todos los biomas comparten una atmósfera y un solo ciclo del agua.

En conclusión, se puede ver a todas las especies de la Tierra, junto con sus ambientes, como un vasto ecosistema que llamamos biosfera. Los ecosistemas locales son unidades con sostenibilidad, pero sus relaciones globales forman la biosfera. Este concepto es parecido a la idea de que las células son las unidades de los sistemas vivos, pero están vinculadas para formar organismos completos. Si se lleva más lejos la analogía, ¿hasta qué grado se puede trastornar o destruir ecosistemas antes de afectar a toda la biosfera? ¿Y en qué medida es posible alterar parámetros globales, como la atmósfera o la temperatura, antes de influir en todos los ecosistemas de la Tierra? Se debe emprender un estudio más intenso de los ecosistemas, para descubrir los principios de su sostenibilidad.

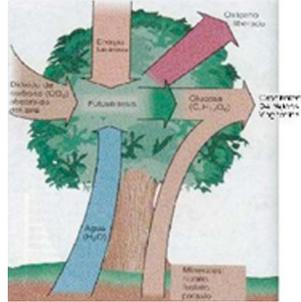
Estructura de los ecosistemas

Se examina la estructura de los ecosistemas. Por “estructura” y se entiende que las partes y su correspondencia al formar un todo. Hay dos aspectos fundamentales en cualquier ecosistema: la biota o comunidad biótica y los factores ambientales abióticos.

Estructura biótica.

A pesar de su diversidad, todos los ecosistemas tienen una estructura biótica similar basada en las relaciones de alimentación; es decir, todos los ecosistemas presentan las mismas tres categorías básicas de organismos que interactúan de los mismos modos.

Figura 3-18: En todos los principales ecosistemas, las plantas verdes son los productores, pues contienen el pigmento verde llamado clorofila, que absorbe la energía de la luz, para elaborar glucosa a partir de dióxido de carbono y agua y liberar oxígeno como subproducto. Se valen de la glucosa, junto con los minerales que toman del suelo, para formar tejidos vegetales y crecer.



Categorías de organismos. Las principales categorías de organismos son (1) productores, (2) consumidores y (3) saprofitos y descomponedores. Juntos, estos grupos producen alimentos, los pasan por las cadenas alimentarias y devuelven los materiales originales a las partes abióticas del entorno.

Productores. Los productores son principalmente plantas verdes, que aprovechan la energía luminosa del Sol para convertir agua y dióxido de carbono (absorbido del aire o el agua) en un azúcar llamado glucosa y liberar oxígeno como subproducto. Esta conversión química, propiciada por la energía solar, recibe el nombre de fotosíntesis. Los vegetales elaboran todas sus complejas moléculas a partir de la glucosa producida por fotosíntesis y unos pocos nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, que absorben del suelo o del agua (figura 3-18).

La clorofila, un pigmento verde, es la molécula que los vegetales emplean para absorber la energía luminosa para la fotosíntesis; por esto, las plantas que la efectúan se reconocen con facilidad por su tono verde. (En algunos casos, este color puede estar sombreado de pigmentos rojos o marrones; así, las algas rojas y las pardas también realizan la fotosíntesis.) La variedad de los productores va de las algas unicelulares microscópicas a plantas de tamaño mediano, como la hierba, las margaritas y los cactus, y hasta los árboles gigantes. Todos los principales ecosistemas tienen sus productores particulares que realizan la fotosíntesis.

Figura 3-19: Orgánico e inorgánico. El agua y las moléculas simples se encuentran en el aire y en las rocas son inorgánicas. Las moléculas complejas que forman los tejidos animales y vegetales son orgánicas. Los productores, con la energía que obtienen de la luz, convierten las sustancias inorgánicas en orgánicas.



El término orgánico se aplica a los materiales de los que están formados los organismos: moléculas de proteínas, grasas o lípidos y carbohidratos. Asimismo, también se consideran orgánicos los productos de los seres vivos, como hojas muertas, cuero, azúcar o madera. Por otra parte, se denominan inorgánicos a los materiales y químicos del aire, agua, rocas y minerales que no participan de la actividad de los organismos vivos (figura 3-19). La característica clave de moléculas y materiales orgánicos es que en buena parte están formados de átomos enlazados de carbono e hidrógeno, una estructura que no aparece entre los materiales inorgánicos. Esta estructura tiene su origen en el proceso de la fotosíntesis, que une átomos de hidrógeno extraídos de moléculas de agua y átomos de carbono tomados del dióxido de carbono para tornar compuestos orgánicos. Las plantas verdes se sirven de la luz como fuente de energía para producir todas las complejas moléculas orgánicas que necesita su organismo a partir de los compuestos químicos inorgánicos simples (dióxido de carbono, agua, minerales) presentes en el medio. Cuando ocurre esta conversión de materia inorgánica en compuestos orgánicos, parte de la energía luminosa queda almacenada en ellos.

Ahora bien, todos los organismos del ecosistema, aparte de las plantas verdes, se alimentan de materia orgánica como fuente de energía y nutrientes. No son solo los animales, sino también los hongos (zetas, mohos y otros organismos similares), muchas bacterias e incluso unas cuantas plantas superiores como la *Monotropa uniflora* (figura 3-20) que no tiene clorofila y, por tanto, no puede realizar la fotosíntesis.

Así, las plantas verdes son indispensables en cualquier ecosistema, ya que realizan la fotosíntesis y por este proceso y su crecimiento propician la producción de la materia orgánica que sustenta a todos los otros organismos del sistema.

Monotropa uniflora, planta con flores que no es productora. No realiza la fotosíntesis, sino que obtiene su energía de otras materias orgánicas, como hacen los animales y otros consumidores (heterótrofos).



En efecto, todos los organismos de la biosfera pueden dividirse en dos categorías, autótrofos y heterótrofos, según que produzcan o no los compuestos orgánicos que necesitan para sobrevivir y crecer. Los organismos que elaboran su propia materia orgánica a partir de los constituyentes orgánicos del medio usando una fuente externa de energía, son autótrofos (de autos, “propio, por uno mismo”, y trofés, “alimentación”). Como hemos dicho, los autótrofos más importantes y comunes son por mucho las plantas verdes; sin embargo, unas cuantas bacterias emplean un pigmento purpúreo para realizar la fotosíntesis y algunas otras adquieren su energía de compuestos químicos inorgánicos. Todos los demás organismos, que deben consumir materia orgánica para obtener energía y nutrientes, son heterótrofos (heteras, “otro”), que pueden dividirse en numerosas subcategorías, de las que las dos principales son consumidores (que comen presas vivas) y saprofitos y descomponedores, que se alimentan de organismos muertos y sus productos.

Consumidores. Los consumidores comprenden una gran variedad de organismos que van de bacterias microscópicas a las ballenas azules, e incluyen grupos tan diversos como los protozoarios, los gusanos, los peces, los crustáceos, los insectos, los reptiles, los anfibios, las aves y los mamíferos (entre éstos el hombre).

Con el fin de entender la estructura de los ecosistemas, los consumidores se clasifican en varios subgrupos de acuerdo con su fuente de alimentos. Los animales (sean tan grandes como los elefantes o tan pequeños como los ácaros) que se alimentan de productores se llaman consumidores primarios o herbívoros (de varare, “comer”).

Los animales que se alimentan de los consumidores primarios reciben el nombre de consumidores secundarios; denominados también zoófagos o carnívoros a los que lo hacen consumiéndoles. Así, los alces, que se alimentan de hierba, son consumidores primarios; en tanto que los lobos, que comen alces, son secundarios (figura 3-21). También puede haber consumidores de tercero y cuarto órdenes, y hasta superiores, y ciertos animales ocupan más de un lugar en la escala; por ejemplo, el ser humano son consumidores primarios cuando ingieren hortalizas, secundarios si comen carne de res y terciarios si comen peces que se alimentan de otros que a su vez consumen algas. Los consumidores de segundo orden y superiores se llaman también carnívoros; los que se alimentan tanto de plantas como de animales se denominan omnívoros omní, “todo”).

Figura 3-21: Una manada de lobos grises ha cazado un alce.



Se llama depredador al animal que ataca, mata y se come a otro, que recibe el nombre de presa. Se dice que sostienen una relación de depredador y presa.

Los parásitos son otra categoría importante de consumidores. Se trata de organismos (vegetales o animales) que se vinculan estrechamente a su “presa” y se alimentan de ella durante un largo periodo, por lo regular sin matarla (al menos no de inmediato), aunque

a veces la debilitan tanto que la vuelven propensa a que la maten otros depredadores o las condiciones adversas. Esta planta o animal del que se alimenta recibe el nombre de huésped (también, hospedero), siguiendo el significado original del vocablo; así, decimos que es una asociación de huésped y parásito.

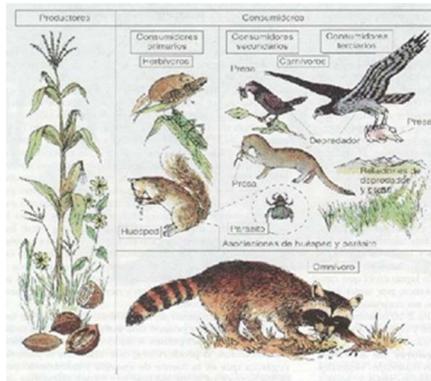
Hay una enorme variedad de organismos parasitarios. Varias lombrices son ejemplos bien conocidos, pero también lo son ciertos protozoarios, insectos y aun mamíferos (el vampiro) y plantas (las cuscutas). Muchas enfermedades graves de los vegetales y algunas de los animales (como el pie de atleta) son causadas por hongos parásitos. De hecho, casi todos los principales grupos de organismos tienen miembros que viven del parasitismo. Los parásitos pueden vivir dentro o fuera de su huésped, como se aprecia en los ejemplos de la figura 3-22.

Figura 3-22: Diversidad de parásitos. En casi todos los mayores grupos biológicos, por lo menos algunos miembros se alimentan de otros sin matarlos. Aquí se muestran (a) la lombriz intestinal *Ascaris lumbricoides*, que es de los mayores parásitos del hombre, alcanza una longitud de 35 centímetros; (b) una lamprea aferrada a un salmón; las lampreas son parásitos de los salmones.



En los círculos médicos se acostumbra hacer una distinción entre bacterias y virus que causan enfermedades y los parásitos, que suelen ser organismos mayores; pero en términos de ecología, no hay tal diferencia. Las bacterias son organismos extraños y los virus entidades semivivas que se alimentan y se multiplican en sus hospederos o huéspedes durante cierto lapso en el que causan el mismo daño que otros parásitos; por tanto, tales bacterias y virus patógenos pueden ser considerados parásitos muy especializados. La figura 3-23 muestra ejemplos representativos de productores y consumidores, así como de sus relaciones de alimentación.

Figura 3-23: Asociaciones alimentarias (tróficas) comunes entre productores y consumidores.



Saprotitos y descomponedores de detritos. En biología, se llama detritos a los materiales vegetales muertos, como hojas, ramas y troncos caídos y hierba seca, así como a los desechos fecales de animales y, a veces, a sus cadáveres. Muchos organismos se han especializado en alimentarse de estos elementos, y les damos el nombre de saprotitos o detritóvoros. Entre los ejemplos se cuentan las lombrices de tierra, los miriópodos, los cangrejos de río, las termitas, las hormigas y los escarabajos. Al igual que con los consumidores, podemos identificar saprotitos primarios (que se alimentan directamente de detritos), secundarios (que se alimentan de los primarios), etc. Un hongo saprófito (del griego spros=putrefacto y fitón=planta) es el que se alimenta de materia orgánica muerta o en descomposición. Organismo heterótrofo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta o del detritus desechados por otros seres vivos, de los cuales extrae los compuestos orgánicos que requiere como nutrientes. Este término es solo aplicable a organismos osmótrofos, siendo más a menudo protistas, y sobre todo bacterias u hongos.

El uso que en ecología tiene la palabra descomponedor le aproxima a este significado, aunque también se usa a veces en el sentido más amplio de saprótrofo.

En Ecología, se llama saprotrofia a la dependencia de muchos organismos llamados saprótrofos, que se nutren de los residuos procedentes de otros organismos, tales como hojas muertas, cadáveres

o excrementos; también este fenómeno se llama saprobiosis y a los organismos que lo representan saprobios o saprobiontes.

Entre los saprótrofos se distinguen los:

Saprótrofos obligados, aquellos que no tienen otra manera de recabar nutrientes, y

Saprótrofos facultativos, aquellos que durante la mayor parte de su vida emplean otro medio de nutrición y sólo son saprótrofos durante una fase, ej. *Venturia pirina* (parásito).

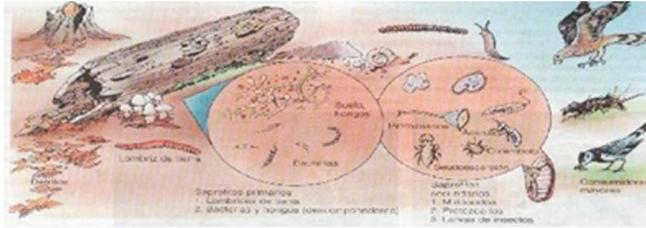
Los saprófitos son casi invariablemente organismos cuyas células están dotadas de pared, que realizan una nutrición osmótrofa:

*Primero secretan enzimas que hidrolizan las moléculas orgánicas de los residuos, liberando así biomoléculas solubles que luego absorben por ósmosis a través de sus cubiertas celulares, la pared celular y la membrana plasmática.

*Luego esta actividad crucial en la cadena trófica, pues es el primer paso de un proceso, la descomposición, que devuelve al entorno en forma de iones libres los componentes empleados por los organismos muertos, cerrando los ciclos de los nutrientes.

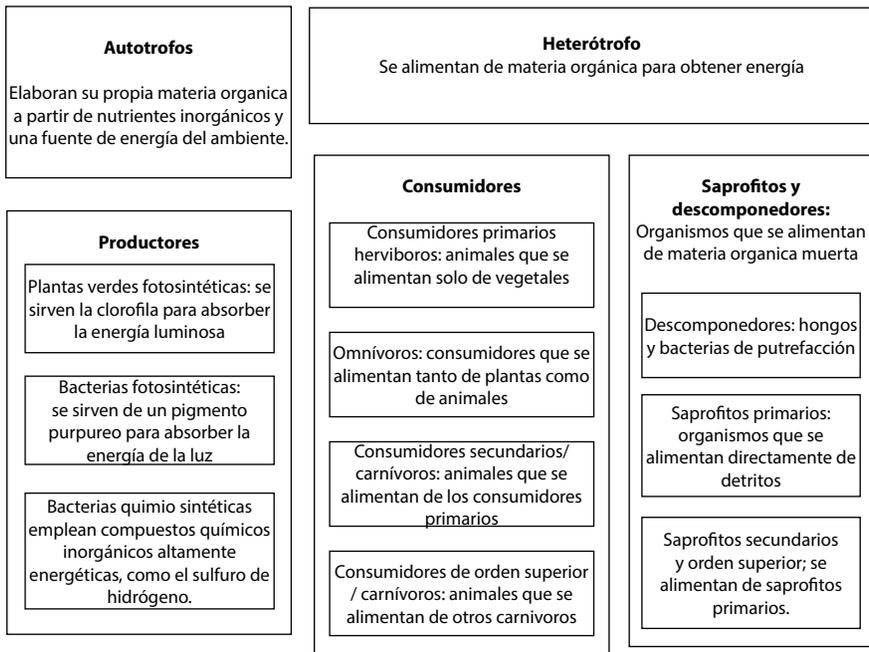
Un grupo extremadamente importante de devoradores primarios de detritos es el de los descomponedores de detritos, a saber, hongos y bacterias de putrefacción. Muchos de los detritos del ecosistema -en particular hojas secas y la madera de árboles o ramas muertas- no parecen ser consumidos como tales, sino que simplemente se pudren; pero la putrefacción es el resultado de la actividad metabólica de hongos y bacterias que secretan enzimas digestivas que descomponen la madera en azúcares simples que son absorbibles como nutrimento. Así, la putrefacción que se observa es en realidad el resultado del consumo de hongos y bacterias del material. Aunque se llaman a estos organismos descomponedores de detritos, y por la índole de su comportamiento se los agrupa entre los saprofitos porque su función en el ecosistema es la misma. A su vez, los descomponedores son el alimento de saprofitos secundarios, protozoarios, ácaros, insectos y gusanos (figura 3-24), y, cuando mueren, su cuerpo se añade a los detritos y se convierten en fuente de energía para más saprofitos.

Figura 3-24: Asociaciones alimentarias (tróficas) entre los saprofitos primarios, los secundarios y los consumidores. Los organismos que se alimentan de detritos sustentan a muchos otros que viven en el suelo; éstos, a su vez, son comidos por consumidores mayores.



La importancia de los descomponedores radica en que son los responsables del reciclado de nutrientes. Este proceso permite que la materia que ha sido consumida de unos organismos a otros pueda ser reutilizada de nuevo por los productores que arrancan o reinician la cadena trófica.

Figura 3-25: Resumen de la clasificación ecológica de los seres vivos de acuerdo con sus características de alimentación.



En suma, a pesar de la aparente diversidad de los ecosistemas, todos poseen una estructura biótica similar: todos son susceptibles a ser descritos en términos de autótrofos, o productores, que elaboran la materia orgánica que es la fuente de energía y nutrimento para los heterótrofos, de los que hay varias categorías de consumidores, saprofitos y descomponedores (figura 3-25). |

Asociaciones alimentarias: cadenas y redes o tramas alimentarias y niveles tróficos. Al describir la estructura biótica de los ecosistemas, es evidente que las principales relaciones entre los organismos son de alimentación. Se pueden identificar numerosas secuencias en que un organismo es comido por otro, y éste a su vez por uno más, etc. Cada una de estas secuencias recibe el nombre de cadena alimentaria.

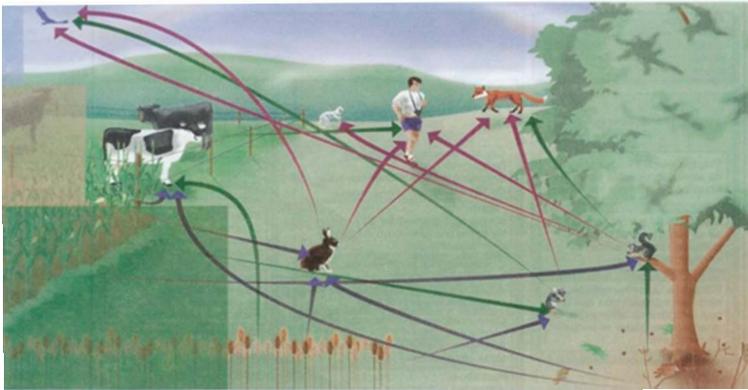
No deja de ser interesante trazar estas cadenas, pero es importante tener presente que rara vez son entidades aisladas. Las poblaciones de herbívoros se alimentan de varias plantas distintas, y son presa de diferentes consumidores secundarios u omnívoros. En consecuencia, de hecho todas las cadenas alimentarias están entrelazadas y forman una red o trama de relaciones de alimentación. Así, se emplea la expresión trama alimentaria (también, red alimentaria) para denotar la compleja “malla” de cadenas alimentarias entrelazadas.

A despecho del número de cadenas alimentarias teóricas y de la complejidad de sus tramas, hay un patrón simple general: básicamente, todas las cadenas avanzan por una serie de pasos o niveles, de los productores a los consumidores primarios (o saprofitos primarios) a los secundarios, etcétera, llamados niveles tróficos. Todos los productores pertenecen al primer nivel trófico; todos los consumidores primarios (en otras palabras, todos los herbívoros), que se alimenten de productores vivos o muertos, se encuentran en el segundo, y los organismos que se alimentan de éstos pertenecen al tercer nivel.

Si se considera la estructura biótica del ecosistema en términos de cadenas o tramas alimentarias o bien niveles tróficos, se observa que en cada paso hay un movimiento fundamental de un organismo al siguiente de nutrientes químicos y la energía almacenada que contienen. Luego se explica con mayor detalle estos movimientos. La

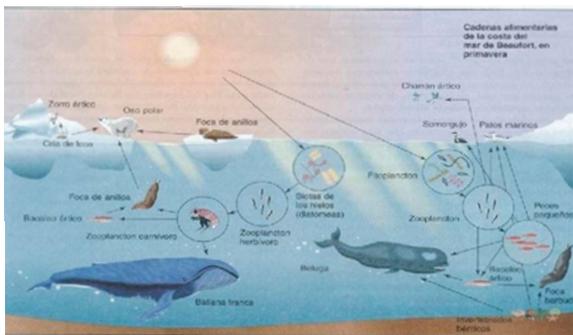
(a)

Figura 3-26 a muestra una comparación esquemática de una cadena alimentaria, una trama y los niveles tróficos; la figura 3-26 b ilustra una trama alimentaria marina.



(b)

Figura 3-26: (a) Tres modos de representar el desplazamiento de los alimentos por el ecosistema. Las vías concretas, como la que va de las nueces a las ardillas y de éstas a las zonas se denominan cadenas alimentarias. Las tramas alimentarias son el complejo conjunto de todas las cadenas que invariablemente se entrecruzan. Los niveles tróficos, indicados por las áreas sombreadas, a la izquierda, acentúan la pauta general de que el alimento siempre fluye de los productores a los herbívoros y de éstos a los carnívoros. (b) Red alimentaria marina



Tercer nivel trófico: todos los carnívoros primarios

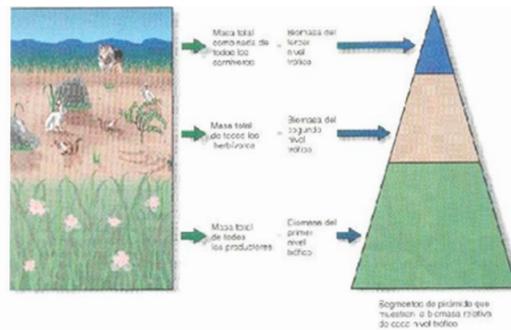
Segundo nivel trófico: todos los herbívoros

Primer nivel trófico: todos los productores

¿Cuántos niveles tróficos hay? No más de tres o cuatro en cada ecosistema, según se desprende de observaciones directas. Para

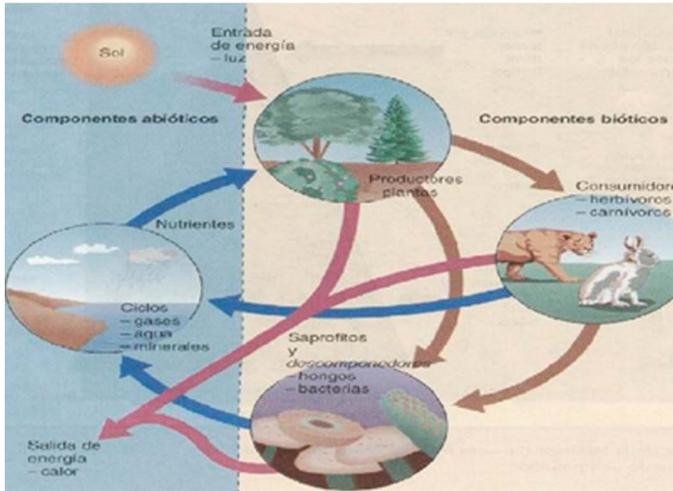
calcular la biomasa, es decir, el peso seco total de todos los organismos de cada nivel, se recogen (o atrapan) y pesan muestras adecuadas. En los ecosistemas terrestres, la biomasa es entre 90 y 99 por ciento menor en cada nuevo nivel trófico. Si la biomasa de los productores de un pastizal es de 25 toneladas por hectárea, la biomasa de los herbívoros será de cuando mucho 2.5 toneladas y la de los carnívoros de no más de 250 kilogramos. Es evidente que no se necesita recorrer muchos niveles tróficos antes de que la biomasa se aproxime a cero. La gráfica de este hecho forma lo que se acostumbra llamar la pirámide de la biomasa (figura 3-27).

Figura 3-27: Pirámide de la biomasa. La representación gráfica de la biomasa (la masa total de todos los organismos juntos) en niveles tróficos sucesivos tiene la forma de una pirámide.



La diferencia tan enorme de la biomasa entre cada nivel trófico se debe a que el heterótrofo no convierte tejidos orgánicos mucho de lo que consume, sino que lo descompone para liberar y utilizar la energía que contiene; así, hay una pérdida inevitable de biomasa con cada desplazamiento a niveles tróficos superiores. Es muy importante observar que todos los heterótrofos dependen de un suministro continuo de la materia orgánica reciente que producen los autótrofos (las plantas verdes); de lo contrario, se quedarían sin alimento y morirían de hambre, ya que descomponen la comida para liberar la energía almacenada en ella.

Figura 3-28: Desplazamiento de los nutrientes (flechas azules), de la energía (flechas rojas) y de ambos en el ecosistema. Los nutrientes siguen un ciclo, y se utilizan repetidamente. La energía luminosa que absorben los productores se libera y se pierde en forma de calor, conforme se "gasta".



Cuando ocurre esta descomposición de la materia orgánica, los elementos químicos liberados vuelven en estado inorgánico al ambiente, de donde pueden ser reabsorbidos por los autótrofos (los productores). Así, hay un ciclo continuo de nutrientes del medio a los organismos y de vuelta al medio. Por su parte, el gasto de energía es irrecuperable porque se pierde como calor disipado de los cuerpos (figura 3-28).

En suma, las cadenas y tramas alimentarias así como los niveles tróficos deben comenzar con los productores, y éstos deben tener condiciones ambientales adecuadas para crecer. Las poblaciones de todos los heterótrofos, incluido el hombre, están limitadas a la producción de los vegetales, de acuerdo con el concepto de la pirámide de la biomasa. Si algún agente disminuye la capacidad de producción de las plantas verdes, los organismos de los niveles superiores menguarán en consecuencia.

Relaciones no alimentarias. Asociaciones de sustento mutuo. Se acaba de ver, la estructura general de los ecosistemas está dominada por las asociaciones de alimentación en las que consideramos que una especie se beneficia y la otra resulta dañada en mayor o menor medida. Pero hay muchas otras asociaciones que favorecen a las dos partes, fenómeno al que llamamos mutualismo. Un ejemplo común

es la asociación entre las flores y los insectos: éstos toman el néctar de aquéllas, que de paso son polinizadas. Otro ejemplo se observa en los mares tropicales: el pez payaso es inmune a las toxinas de los tentáculos de las anémonas, las que éstas emiten para inmovilizar a sus presas; así, el pez está protegido de sus posibles depredadores (que no son inmunes) y se alimenta de los detritos alrededor de la anémona, la que se beneficia de la limpieza (figura 3-29).

Figura 3-29: Asociación mutualista, la que se da cuando dos especies se relacionan para beneficio mutuo: los peces payaso se alimentan de detritos, sin temor a los depredadores, pues son protegidos por las anémonas; éstas, a su vez, obtienen el beneficio de la limpieza



Figura 3-30: Líquenes. Ese “Moho” verdoso que crece en las piedras y en la corteza de los árboles es una mezcla de hongos y algas que conviven en asociación simbiótica.



En algunos casos, la asociación mutualista se hace tan estrecha que las especies participantes no pueden vivir solas. El ejemplo clásico es el grupo conocido como líquenes (figura 3-30), que comprende dos organismos: hongo y alga. El hongo protege al alga de modo que sobreviva en los hábitats secos donde no podría mantenerse sola, en tanto que ésta, que es el productor, alimenta al hongo, que es heterótrofo. Se dice que dos especies que viven unidas tienen una asociación simbiótica o de simbiosis. Ahora bien, la simbiosis, como tal sólo se refiere al hecho de “vivir juntos”, unidos (sym. “junto con”), y no especifica daño ni beneficio alguno; así, las asociaciones simbióticas comprenden tanto a las parasitarias como a las mutualistas.

Aunque no las clasifique como mutualistas, se observan numerosas asociaciones en los ecosistemas que colaboran a la capacidad general de sostenimiento; por ejemplo, los detritos de las plantas brindan casi todo el alimento de los descomponedores y los saprofitos del suelo, como las lombrices de tierra, con lo que se benefician de las plantas, pero éstas también lo hacen, porque con la actividad de tales organismos contribuye a liberar los nutrientes de los detritos y devolverlos al suelo, donde las plantas vuelven a utilizarlos. Veamos otro ejemplo: las aves insectívoras hallan entre los árboles materiales y sitios para anidar, en tanto que la comunidad vegetal se beneficia de la reducción de las poblaciones de insectos herbívoros. Hasta en las asociaciones de depredador y presa hay algunas ventajas mutuas. Matar un individuo débil o enfermo ayuda al total de la población a mantenerse sana. Asimismo, los depredadores y los parásitos evitan que las poblaciones de herbívoros crezcan tanto que acaben con el ambiente.

Asociaciones de competencia. Dado el concepto de tramas alimentarias, parecería que algunas especies animales se enfrascarían en competencias “sin reglas”.

En realidad, las competencias fieras ocurren rara vez, porque cada especie tiende a especializarse y adaptarse a su propio hábitat o nicho.

El hábitat se refiere a la clase de lugar -definida por la comunidad vegetal y el entorno físico- al que la especie está adaptado biológicamente para vivir; por ejemplo, un bosque caducifolio (de hojas caedizas), una ciénaga y una planicie de pastos denotan clases de hábitat. Las clases de bosques, perennifolios (de árboles hoja perenne, como las coníferas) o caducifolios, brindan hábitat marcadamente distintos y sostienen una variedad de fauna silvestre.

Aun si especies diferentes ocupan el mismo hábitat, la competencia puede ser ligera o inexistente para la mayor parte, porque cada especie tiene su nicho, que se refiere a qué come el animal, dónde y cuándo, dónde se refugia y dónde anida. Competidores en apariencia coexisten en el mismo hábitat, aunque en nichos diferentes; por ejemplo, los picamaderos, que se alimentan de insectos de la madera muerta, no compiten con las aves que se alimentan de semillas. Muchas especies de aves canoras coexisten en los bosques porque se alimentan de insectos a diferentes alturas de los árboles (figura 3-31). Los murciélagos y las golondrinas se alimentan de insectos voladores, pero no compiten porque aquéllos comen de noche y éstas de día.

Figura 3-31: Cinco especies de currucas de América del Norte reducen la competencia entre ellas al alimentarse en niveles diferentes y partes distintas de los árboles.



Suele haber competencia entre especies cuando se superponen hábitats o nichos. Si dos especies compiten directamente en todos los aspectos, como a veces ocurre cuando se introduce alguna de otro continente, por lo regular una de las dos perece: tal es el principio de exclusión competitiva.

Todos los vegetales verdes necesitan agua, nutrientes y luz, y cuando crecen en el mismo lugar, una puede eliminar por competencia a las

otras (por eso es una lucha constante mantener las flores y las plantas libres del avance de las malas hierbas). En cambio, especies diferentes de plantas también se adaptan y especializan a sus condiciones particulares. Así, cada especie es capaz de vencer a la competencia si las condiciones son las adecuadas. Los mismos conceptos son válidos para las especies de los sistemas acuáticos dulces y marinos.

Factores abióticos.

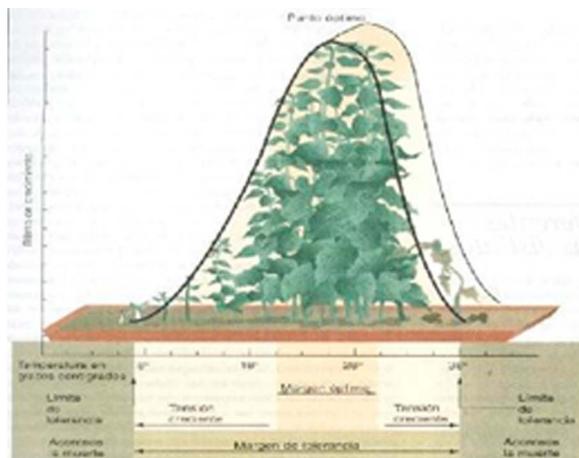
Como dijimos, el ambiente comprende la acción recíproca de muchos agentes físicos y químicos, o factores abióticos, de los que los principales son el régimen de lluvias (monto y distribución anual y humedad del suelo), temperatura (extremos de frío o calor, lo mismo que el promedio), luz, viento, nutrientes químicos, pH (acidez), salinidad e incendios. En los sistemas acuáticos, los factores clave son la salinidad (agua dulce o salina), la temperatura, los nutrientes químicos, la textura del suelo (rocoso o arenoso), la profundidad y la turbiedad del agua (que determina cuánta luz llega al fondo) y las corrientes. El grado al que cada factor está presente o no y en qué medida afecta intensamente la capacidad de sobrevivir de los organismos, si bien cada uno influye en forma distinta en cada especie. Veremos que esta diferencia de respuesta a los factores ambientales determina qué especies ocupan o no cierta región o área. A su vez, qué organismos sobreviven y cuáles no define la naturaleza de cada ecosistema.

Punto óptimo, zonas de tensión y límites de tolerancia. En cualquier estudio ecológico, una observación fundamental es qué especies diferentes prosperan en condiciones distintas. Este principio se aplica a todos los seres vivos, vegetales y animales. Algunos sobreviven donde hay mucha humedad; otros, en lo relativamente seco. Algunos crecen en el calor; otros funcionan mejor en situaciones más frías. Unos toleran temperaturas de congelación; otros no. Algunos requieren sol brillante; otros, mejor la sombra. Los sistemas acuáticos son de aguas dulces o salinas, cada uno con sus respectivos peces y otros organismos.

Los estudios de laboratorio confirman sin dudas el hecho de que las especies están mejor adaptadas a sus condiciones peculiares. En

los experimentos, se crían organismos en condiciones controladas en las que varía un factor en tanto que los demás se mantienen constantes. Los resultados demuestran que cada factor tiene un punto óptimo, cierto nivel al que los organismos funcionan mejor. A niveles superiores o inferiores su desempeño mengua, y en los extremos quizá no sobrevivan. La figura 3-32 muestra gráficamente el concepto. Ahí, la temperatura aparece como variable, pero la noción abarca a cualquier factor abiótico que pueda ser probado.

Figura 3-32: Hay un punto óptimo para todo factor participante en el crecimiento, la reproducción y la sobrevivencia. Por arriba y debajo de ese punto aumenta la tensión hasta que la sobrevivencia se vuelve imposible al cruzar los límites de tolerancia. El espacio entre los límites inferior y superior es el margen de tolerancia. Los puntos en los que ocurren el óptimo, las zonas de tensión y los límites de tolerancia son diferentes con cada especie y están en función de la composición genética y la variabilidad en su población. La composición genética es la base de la adaptación de las especies a su medio.



El punto al que ocurre la mejor respuesta es, pues, el punto óptimo, pero dado que suele encontrarse en un intervalo de varios grados, es común hablar de margen óptimo. Además, la variación total que permite cualquier crecimiento recibe el nombre de margen de tolerancia, y sus puntos extremos se denominan límites de tolerancia. Entre el margen óptimo y el límite superior o inferior de tolerancia hay zonas de tensión; es decir, conforme el factor se aparta en un sentido u otro del margen óptimo, los organismos sufren mayor tensión hasta que, al cruzar al límite, ya no logran sobrevivir.

Desde luego, no se han probado todos los factores con todas las especies; pero la congruencia de las observaciones nos lleva a concluir que un principio biológico fundamental es el siguiente: Todas las especies (animales y vegetales) tienen un margen óptimo, zonas de tensión y límites de tolerancia en relación con cada uno de los factores abióticos.

Esta línea de experimentación demuestra también que varían las características de las especies en cuanto al momento en el que se encuentran el punto óptimo y los límites de tolerancia; por ejemplo, la que sería una cantidad óptima de agua para una especie llega a oprimir a otra y a causar la muerte a alguna más. Ciertos vegetales no toleran temperaturas de congelación; otros sobreviven si éstas no son intensas; otros más necesitan varias semanas de estas temperaturas para completar su ciclo vital. Ciertas especies tienen un margen muy amplio de tolerancia, en tanto que el de otras es bastante estrecho. Puesto que el punto óptimo y los límites de tolerancia suelen variar entre las especies, también llega a haber mucha superposición en tales márgenes.

El concepto de tolerancia no sólo afecta el crecimiento de individuos, puesto que en la medida en que su salud y fuerza influyen en la reproducción y la sobrevivencia de la siguiente generación, también atañe a la población. La densidad de población (los individuos por unidad de área) de la especie será mayor si todas las condiciones son óptimas, pero disminuirá si un factor o más se apartan de este punto. ¿Puede usted comenzar a relacionar lo anterior con la existencia de ecotonos, la superposición de ecosistemas o biomas, según explicamos al principio?

Ley de los factores limitantes. Cada factor abiótico tiene su punto óptimo y sus límites de tolerancia. De ahí se entiende que cualquier factor fuera del margen óptimo causará tensión y limitará el crecimiento, la reproducción e incluso la sobrevivencia de la población. El agente que obstaculiza el crecimiento se llama factor limitante, y el enunciado anterior es la ley de los factores limitantes.

No olvide que el factor limitante puede ser también un problema de “demasiado”, y no sólo de “muy poco”; por ejemplo, las plantas se llegan a tensar o morir no nada más por falta de agua o fertilizantes, sino también por exceso, peligro común entre los jardineros principiantes.

Observe también que el factor limitante puede cambiar de un momento a otro; así, en la misma temporada de cultivo, la temperatura puede ser limitante a comienzos de cada estación, después los nutrientes y por último el agua, si ocurre una sequía. Igualmente, si se corrige un factor limitante el crecimiento aumentará pero solo hasta que otro factor entre en escena. Desde luego, el potencial genético del organismo es el último factor limitante: ninguna margarita crecerá al tamaño de un árbol, ni ratón alguno al del elefante, aunque todos los factores del ambiente sean óptimos.

Justus von Liebig introdujo en 1840 la ley de los factores limitantes en relación con sus observaciones de los efectos de los nutrientes químicos en el crecimiento de las plantas. Observó que restringir alguno en cualquier instante daría siempre el mismo resultado: limitaba el crecimiento. Por ello, también la conocemos como la ley de los mínimos de Liebig.

Las observaciones realizadas desde la época de Liebig muestran que su ley tiene una aplicación mucho más amplia: no sólo los factores abióticos suelen limitar el crecimiento, sino también los bióticos. Así el factor limitante de una población tal vez sea la competencia o la depredación de otra especie. Es sin duda el caso de nuestros cultivos agrícolas, en los que hay una lucha constante para que no los limiten o los eliminen las hierbas y las “plagas”.

Por último, aunque se puede señalar como limitante un factor en determinado momento, varios factores fuera del mínimo llegan a combinarse y causar más tensión y hasta la muerte. En particular, los contaminantes ocasionan que los organismos se vuelvan más vulnerables a las enfermedades y las sequías. Tales casos son ejemplos de efectos sinérgicos, o sinergismos, que se define como la acción concomitante de dos o más factores causantes de un efecto mucho mayores que el esperado de la influencia de cada uno en lo individual.

Una dosis de factor limitante.

Los factores ambientales (en particular la temperatura y el régimen de lluvias) están cambiando siempre; entonces, ¿qué quiere decir, por ejemplo, que la lluvia es un factor limitante si el tiempo cambia casi constantemente?

La consideración de los factores limitantes debe incluir el concepto de dosis, que se define como el grado de exposición multiplicado por su duración. Es posible que usted mismo haya experimentado esta situación; por ejemplo, cuando abre el congelador o bien el horno se expone a un intenso frío o calor durante unos segundos sin mayor incomodidad, pero una exposición prolongada a estas temperaturas sería muy dañina., si no fatal. Quizá no le haga mal respirar humos nocivos durante un periodo breve, pero las exposiciones más largas pueden matarlo.

Del mismo modo, un factor limitante que causa la muerte de una especie comprende tanto la intensidad como la duración de la exposición; por ejemplo, casi todas las plantas pueden tolerar algún grado de sequía, de modo que es un asunto de qué tanto pueden hacerlo.

Los cactus y otras plantas del desierto soportan periodos de secas mucho más largos que otras especies. Y no se trata de saber si las plantas resisten las inundaciones, sino de cuánto tiempo resisten anegada. Desde luego, las plantas de los pantanos prosperan en tierras perpetuamente encharcadas; en cambio, más de un día o dos de inundación matará a muchas plantas terrestres.

Así, el equilibrio entre los ecosistemas no es un estado perfecto y continuo con una diferencia en la precipitación promedio trazada como línea divisoria bien definida. Lo que en realidad ocurre donde, digamos, los bosques se encuentran con los pastizales, es que los árboles avanzan durante los años de lluvias normales y luego, cuando ocurre una sequía grave, mueren, y en ciclo comienza de nuevo. Por lo tanto, hay un efecto de vaivén entre ecosistemas adyacentes que depende de la exposición a dosis limitantes de uno u otro factor. Este efecto es de particular importancia al considerar el calentamiento global.

No hay dudas de que la mayor parte de las especies puede tolerar que la temperatura promedio aumente unos cuantos grados si es el único factor que varía. El problema es cómo va a influir este aumento en la ocurrencia de ondas cálidas y en la duración de sequías e inundaciones.

El calentamiento puede crear dosis limitantes de largo alcance y resultados imprevisibles. Los científicos ya están siguiendo cambios en el hábitat atribuibles al calentamiento global.

Relación entre autótrofos y heterótrofos.

No existe en sí, relaciones claras y concretas entre organismos autótrofos y heterótrofos que tienen funciones y desempeños muy diferentes que los caracteriza unos de otros..

Por lo tanto existen poquísimas relaciones entre los dos tipos de organismos:

- Los dos organismos se necesitan para interactuar en el mundo; uno no puede vivir sin el otro, ya que las energías son transmitidas por la alimentación, eso quiere decir, que haría un rebaño de ovejas sin pasto y que haría un cardumen de peces sin las algas en el fondo del mar.

Pero si hay varias diferencias entre ellos:

- ALIMENTACIÓN, los organismos autótrofos transforman la energía del sol y las sustancias del suelo en sus propios alimentos, mientras que los organismos heterótrofos no producen sus alimentos, sino que los tienen que tomar del medio.

- FUENTES DE ENERGÍA, los organismos autótrofos fabrican su propio alimento de una fuente inorgánica de carbón (CO_2) y una determinada fuente energética, mientras que los organismos heterótrofos obtienen su C y N de la materia orgánica de otros.

- CAPACIDAD DE FOTOSÍNTESIS, los autótrofos transforman la luz solar en energía de la que se alimentan, mediante un proceso bioquímico denominado fotosíntesis, mientras que los heterótrofos, no poseen la capacidad de fotosíntesis.

- CATEGORÍAS, en los organismos heterótrofos se distinguen tres categorías: los consumidores primarios (herbívoros), los consumidores secundarios (carnívoros) los depredadores que se alimentan de los primarios y los consumidores terciarios (los basureros del reino animal) cumplen una labor ecológica limpiando el suelo del resto que dejaron los consumidores primarios y secundarios; mientras que los autótrofos se dividen de acuerdo a su producción fotosintética y quimio sintética.

- TIPO DE ORGANISMOS, los autótrofos son los organismos productores (producen su alimento) y los heterótrofos son los consumidores, necesitan de otros para alimentarse.

- TIPOS DE REACCIONES, los autótrofos lleven reacciones anabólicas (procesos del metabolismo que tiene como resultado la síntesis de componentes celulares a partir de precursores de baja masa molecular,

se denomina también biosíntesis) y los heterótrofos tienen reacciones catabólicas (se refiere a la destrucción de compuestos que se ingieren en los alimentos).

Clima

Desde luego, el “tiempo” se define por las temperaturas y la precipitación en un día cualquiera. El clima se obtiene de la siguiente manera: el tiempo de cada primero de enero de los últimos 30 años se promedia para dar una expectativa “normal” del tiempo el próximo primero de enero, y lo mismo se hace con todos los días del año. Entonces, el clima de la región es la descripción del promedio de temperatura y precipitación que puede esperarse para cada día del año.

Los climas mundiales varían ampliamente. En general, el clima de las regiones ecuatoriales son de calor constante, con muchas lluvias y sin estaciones discernibles. Por arriba y abajo del ecuador, las temperaturas se hacen cada vez más estacionales (veranos cálidos o calientes e inviernos tríos o helados). Cuanto más nos alejemos del ecuador, tanto más largos y fríos son los inviernos, hasta que en los polos los días se hacen perpetuos. Del mismo modo, a mayor altitud las temperaturas son más frías, por lo que hay algunas montañas nevadas sobre o cerca del ecuador.

Las condiciones de temperatura y precipitación se combinan casi de cualquier manera para dar una extensa variedad de climas. A su vez, cada clima sostiene solo a las especies que encuentran óptimos los niveles de temperatura y precipitación, o al menos dentro de sus márgenes de tolerancia. Como lo indica la figura 3-33, la densidad de las poblaciones será mayor donde las condiciones sean óptimas y disminuirá en la medida en que se aparten del punto óptimo. Las especies quedarán excluidas de las regiones (o áreas locales) en las que cualquier condición este más allá de sus límites de tolerancia. ¿Cómo influye esto en la comunidad biótica?

Para ilustrarlo, se consideran tres clases fundamentales de ecosistemas, bosques, pastizales y desiertos, que están determinados sobre todo por un factor único: el régimen de lluvias. Para la mayor parte de las especies de árboles de clima templado, 115 a 140 centímetros por año es lo óptimo. Con menos de 100 centímetros, muchos árboles

comienzan a padecer tensión, y casi todos alcanzan su límite de tolerancia aproximadamente a los 75 centímetros. Por su parte, los pastos tienen un límite de tolerancia mucho más bajo, de unos 25 centímetros anuales, y muchas especies de cactus y otras plantas de desierto se bastan con apenas 5 o 10 centímetros/año.

El efecto de la temperatura, el otro parámetro del clima, se sobrepone en buena medida al de las lluvias: es decir, 90 centímetros o más de lluvia por año dará lugar a un bosque, pero la temperatura determinará qué clase de bosque: por ejemplo, las especies de hojas grandes perennes, que son muy vigorosas y de crecimiento rápido pero que no toleran las temperaturas de congelación, predominan en los trópicos. Los bosques caducifolios (de hoja caediza), que cada otoño se desprenden de sus hojas y se aletargan, están bien adaptados a esas temperaturas: por lo tanto, si hay suficiente lluvia, prevalecen en las latitudes templadas. En general los árboles caducifolios no toleran los extremos inviernos y los cortos veranos de las latitudes y altitudes mayores, por lo que las regiones septentrionales y las zonas altas están dominadas por bosques perennifolios, o sea de coníferas (abetos y pineas), que se adaptan mejor a estas condiciones.

La temperatura en sí limita los bosques sólo cuando es tan baja que causa permafrost (una capa congelada permanente del subsuelo), que impide el crecimiento de los árboles porque las raíces no pueden penetrar a la profundidad suficiente para brindar soporte adecuado: no obstante, varios pastos, tréboles y otras plantas pequeñas con flor pueden crecer por encima del permafrost. En consecuencia, cuando éste aparece, los bosques de coníferas dejan el paso a la tundra. Desde luego, a temperaturas aún más bajas la tundra cede ante las nieves y los hielos perpetuos.

La misma relación, en la que los efectos de la lluvia son los fundamentales y los de la temperatura los secundarios, opera en los desiertos. Cualquier región que reciba menos de unos 25 centímetros de lluvia al año estará desértica, pero las plantas y animales que viven en los desiertos calientes son diferentes que en los fríos.

La temperatura también ejerce una influencia considerable en el ecosistema por sus efectos en el índice de evaporación del agua. Las temperaturas mayores reducen el agua disponible porque se pierde más por evaporación; en consecuencia, las transiciones de los desiertos a los pastizales y de éstos a los bosques se dan a niveles de precipitación mayores en las regiones cálidas que en las frías.

La figura 3-34 resume estas condiciones de temperatura y precipitación y los biomas que favorecen y excluyen. La temperatura promedio de cada región varía con su altitud y latitud, como muestra la figura 3-35

Figura 3-33: El clima y los grandes biomas. En general, la humedad es el factor supremo que determina el bioma que sostiene a cada región. Con la humedad adecuada, por lo regular el área tendrá un bosque; sin embargo, la temperatura decide qué clase de bosque. La misma situación ocurre con los pastizales y los desiertos. Hay un cambio hacia menor precipitación a temperaturas más bajas, por que reducen la pérdida de agua por evaporación. La temperatura se convierte en factor principal sólo cuando es tan baja que se forma el permafrost.

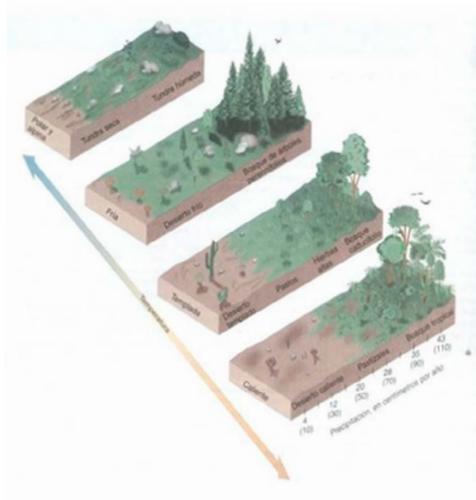
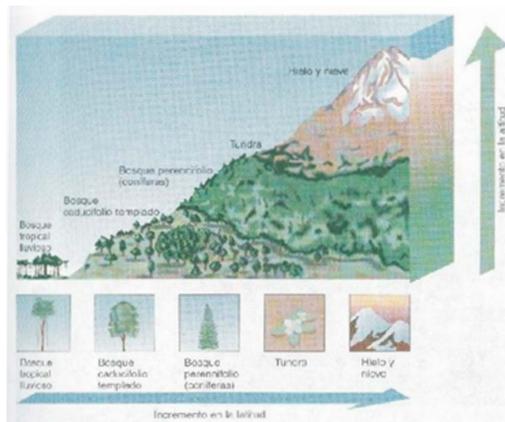


Figura 3-34: La disminución de la temperatura que da lugar a los cambios de biomas ocurre tanto con el aumento de la latitud (distancia desde el ecuador) como de la altitud.



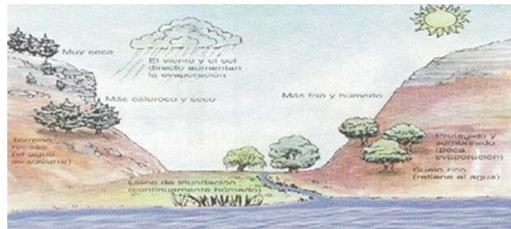
Microclimas y otros factores abióticos

Un lugar determinado puede tener condiciones de temperatura y humedad muy diferentes de las del clima general de la región, que es por fuerza un promedio; por ejemplo, en el hemisferio septentrional, una ladera enfrentada hacia el sur, que recibe en forma más directa la luz solar, estará relativamente más cálida y, por lo tanto, más seca que la que dé hacia el norte. Del mismo modo, la variación de temperatura en un barranco protegido será menor que en un lugar más expuesto, etcétera. El conjunto de las condiciones climáticas que privan en zonas localizadas se conoce como microclima.

Así como los diferentes climas determinan el bioma principal de la región, los microclimas dan por resultado variaciones en la comunidad biótica del bioma.

Los suelos y la topografía también contribuyen a la diversidad del bioma, pues influyen en la disponibilidad de humedad. En la región de transición entre el desierto y los pastizales (25 a 50 centímetros de lluvia por año), el suelo con buena capacidad de retención de agua sostendrá hierbas, pero el arenoso y permeable sólo tendrá especies del desierto (figura 3-35).

Figura 3-35: Los factores abióticos, como el terreno, el viento y la naturaleza del terreno, crean microclimas diferentes ya que influyen en la temperatura y la humedad de zonas localizadas.



En ciertos casos, otro factor abiótico, aparte de la precipitación pluvial y la temperatura, será el principal limitante; por ejemplo, la faja de tierra adyacente a las costas suele recibir un rocío salino del océano, lo que pocas plantas toleran; por ende, a menudo esta faja se encuentra ocupada por una comunidad de plantas resistentes a las sales. La relativa acidez o alcalinidad (pH) también puede tener un efecto grande en la comunidad vegetal o animal. Este hecho es particularmente significativo en vista de la lluvia ácida.

Factores bióticos

Los factores limitantes también pueden ser bióticos, es decir, causados por otras especies. Los pastos prosperan cuando las lluvias superan los 75 centímetros anuales; sin embargo, cuando llueve lo suficiente para que crezcan árboles, el aumento en las sombras limitarán los pastos, de modo que el factor que impide que los pastos se hagan de las regiones lluviosas es biótico: la abrumadora competencia de especies mayores. La distribución de plantas también es limitada por la presencia de ciertos herbívoros, en particular insectos y hongos parásitos.

El concepto de factores limitantes también se aplica a los animales. Al igual que con las plantas, estos agentes pueden ser abióticos (digamos, temperaturas frías o falta de agua accesible) pero más a menudo son bióticos, en la forma de ausencia de una comunidad vegetal que brinde alimentos adecuados, un hábitat o ambos.

Barreras físicas

El último factor que limita las especies a una región particular es la presencia de barreras físicas (océanos, desiertos o sierras) insalvables para ellas. Por eso, las especies que conforman las comunidades de distintos continentes o islas remotas suelen ser muy diferentes aun si tienen climas similares.

Cuando una especie supera estas barreras (por ejemplo, cuando el hombre la transporta a otro continente), puede emprender una "invasión" exitosa que, no obstante, puede causar un desastre ecológico, porque muchas veces el invasor desplaza por competencia a especies locales. Observe también que el hombre erige barreras (diques, carreteras, ciudades y granjas) que pueden obstaculizar el movimiento normal de las poblaciones y causar su desaparición.

En suma, la biosfera consiste en una gran variedad de ambientes, tanto acuáticos como terrestres. En cada uno hallamos especies vegetales, animales y microbianas que están adaptadas a todos los factores abióticos. Además, están adaptadas unas a otras, en varias relaciones de alimentación y de otras clases. Cada ambiente alberga un grupo más o menos único de organismos que se relacionan entre

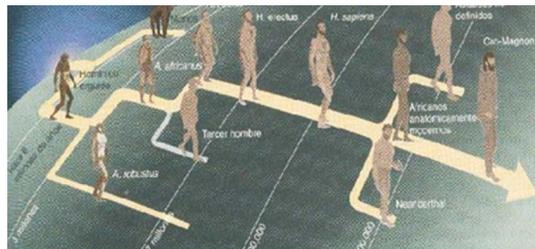
ellos y con el entorno en formas que perpetúan o mantienen a todo el grupo; es decir, cada ambiente, junto con las especies que acoge, es un ecosistema. Por su parte, cada ecosistema está vinculado a otros por las especies que migran de uno a otro y por los intercambios de aire, agua y minerales que son comunes a todo el planeta. Al mismo tiempo, los factores limitantes mantienen cada especie, y en consecuencia cada ecosistema, dentro de determinados confines. Hasta cierto punto, la diseminación de las especies está también limitada por su incapacidad para tolerar condiciones particulares, competir con otras especies o cruzar algunas barreras físicas. La distribución de las especies se debe siempre a uno o más factores limitantes.

Implicaciones para el hombre

De nueva cuenta, insistimos en que los ecosistemas naturales han existido y se han perpetuado en la Tierra durante cientos de millones de años, en tanto que el hombre es apenas un recién llegado a escena.

Durante nuestro examen, se habrá preguntado por la forma en que la humanidad (con agricultura, industria y transportación) se relaciona con los ecosistemas naturales. ¿Es nuestro sistema humano un ecosistema? ¿Funciona como tal? ¿Qué tiene que ver el estudio de los sistemas naturales con la sostenibilidad? Hemos tratado de darle algunos conocimientos para responder estas preguntas.

Figura 3-36: La evolución del hombre. Las evidencias de los fósiles muestran que varias especies de homínidos (seres erguidos parecidos al hombre) se sucedieron entre la aparición del homínido más antiguo conocido, hace 4.4 millones de años, y los seres humanos automáticamente modernos, que surgieron por primera vez hace unos 100.000 años. El esquema muestra la duración de su existencia y la relación hipotética entre ellos. Se desconocen las causas de la extinción de los demás homínidos (donde las barras se cortan).



Las pruebas que han recogido la arqueología y la antropología muestran que el linaje de los homínidos se remota al menos a 4.4 millones de años. Los homínidos incluyen a todas las criaturas parecidas al hombre -hoy extintas- así como a los seres humanos actuales. En efecto, las pruebas también indican que hubo varias especies de homínidos en la ruta evolutiva desde nuestros antepasados primates hasta el hombre moderno, que apareció hace unos 100 000 años (figura 3-36).

Los primeros homínidos sobrevivían en pequeñas tribus como cazadores y recolectores, lo que significa que “vivían a costillas de la tierra”, atrapando animales salvajes y recogiendo semillas, nueces, raíces, moras y otros alimentos vegetales. Los asentamientos nunca fueron grandes ni duraderos, porque cuando agotaba un área, la tribu se veía obligada a mudarse. Como cazadores y recolectores, los homínidos eran muy semejantes a otros consumidores omnívoros de los ecosistemas naturales. Las poblaciones no debían sobrepasar el tamaño que toleraban las fuentes naturales de alimentos, y sin duda eran comunes en ellas las muertes por depredadores, enfermedades y hambre.

No obstante hace unos 100 000 años ocurrió un cambio significativo: los humanos comenzaron a practicar la agricultura, la domesticación de especies de animales silvestres. La cría de ganado y la labranza son actividades que consisten en tomar del campo abierto especies animales y vegetales libres y darles otras condiciones para que prosperen. Las plantas son protegidas de la competencia (hierbas malas) y de posibles consumidores, y se les brindan otros nutrientes (fertilizantes) y agua. Los animales se guardan de los depredadores y se alimentan para su crecimiento óptimo. Con los años, la cría selectiva ha modificado en gran manera casi todas las especies domésticas de plantas y animales, de modo que hoy son muy distintas de sus antepasados silvestres, pero los métodos básicos de disponer las condiciones para que crezcan preferencialmente se mantienen sin cambios.

El avance de la agricultura y la ganadería trajo un suministro de alimentos más abundante y confiable, aunque también por otras razones impuso un cambio decisivo en la historia de la humanidad. La práctica de la agricultura no sólo consiente sino que exige asentamientos permanentes (o por lo menos a largo plazo) así como la especialización del trabajo. Algunos miembros de la comunidad se

ocupan de cuidar la cosecha y producir alimentos, lo que deja a otros en libertad para iniciar otras empresas. Con la división del trabajo en los asentamientos permanentes hay más incentivos y posibilidades de avance tecnológico: mejores herramientas, mejores moradas y mejores medios de transportar agua y otros materiales. Comienza el intercambio con otros poblados, con lo que nace el comercio. Asimismo, vivir en conglomerados facilita el cuidado y la protección de todos y, entonces, disminuyen las muertes. El menor índice de mortalidad, aunado (unir, confederar para un fin) a la producción más confiable de alimentos, permite el crecimiento de la población, que a su vez hace crecer la agricultura. En pocas palabras, la civilización comenzó con el advenimiento de la agricultura hace unos 10000 años. Podemos ver la tendencia histórica continua de poblaciones crecientes que forman asentamientos (ciudades) cada vez más grandes respaldadas por revoluciones agrícolas e industriales en constante expansión.

Es fácil imaginar cómo cambiaron las actitudes hacia la naturaleza con la aparición de la agricultura y la civilización. En tanto que los seres humanos vivían como cazadores y recolectores, la naturaleza estaba por fuerza en la posición de proveer todos los materiales y el sustento. Dadas las cosas, a nadie sorprende que a menudo las culturas primitivas deificaran (divinizar, enlazar en sumo grado) las diversas manifestaciones naturales. Con la llegada de la agricultura y la ganadería, el hombre llegó a lo que parecía una independencia de la naturaleza. Se volvió correcto y apropiado convertir los ecosistemas naturales en agricultura y otros empeños humanos para sostener el crecimiento de las poblaciones. Por último, gracias a la agricultura fue posible explotar otras especies, incluso hasta extinguirlas, sólo por los beneficios y sin pagar consecuencias reales inmediatas.

En suma, se puede ver que esta actitud hacia la naturaleza como algo que conquistar, explotar o dejar de lado se origina con la aparición de la agricultura. En buena medida, el “progreso” tecnológico del hombre ha consistido en aprender a llevar estos ataques contra la naturaleza cada vez con mayor eficiencia.

Muchos señalarán que si no hubiéramos explotado y superado de esta forma a la naturaleza viviríamos aún en cuevas y cazaríamos animales salvajes con lanzas de punta de piedra. Cierto. Sin embargo, ¿acaso el hecho de que vencer a la naturaleza haya sido una fase necesaria en el avance del hombre significa que podemos continuar

con las mismas tendencias sin que haya secuelas? Por ahora, considerémosla desde el punto de vista ecológico que hemos adquirido en este capítulo.

Desde el punto de vista ecológico, pues, se puede ver que todas las especies se propagan y diseminan hasta los límites de su capacidad. Sólo las contienen las barreras físicas y los factores limitantes que superan su margen de tolerancia. Por su parte, los seres humanos han superado las barreras usuales y los factores limitantes. De este modo, han sido capaces de explotar todos los biomas y ambientes marinos de la Tierra, proceso que continúa e incluso acelera. La contaminación viene dañando más ecosistemas. Observe que desde el punto de vista ecológico los seres humanos no se comportan de manera “innatural”; simplemente, se ha logrado la capacidad de rebasar las barreras y los factores limitantes que restringen a otras especies.

En otras palabras, el hombre, con su agricultura, ganadería y tecnología, es un super consumidor capaz de usurpar cualquier ecosistema natural de la Tierra. ¿Cuáles son los problemas de continuar esta tendencia? Son estéticos, éticos y ecológicos.

En primer lugar, ¿qué ventaja real hay en seguir una tendencia hacia tener cada vez más gente y urbanizaciones cada vez menos naturaleza? ¿Es un mundo totalmente artificial -si tal cosa fuera posible- lo que se quiere para esta y las futuras generaciones? ¿Daría ese mundo más de las cosas que de verdad se aprecia? Cada vez son más los que responden con una negativa. Aumenta el reconocimiento del valor estético de la naturaleza íntegra y, más aun, para algunos se está convirtiendo en un imperativo moral: “Las otras especies tienen el mismo derecho que los seres humanos a vivir en el planeta.”

Si los argumentos estéticos y éticos no convencen, tal vez lo hará el ecológico. Como se dijo, se observa que los sistemas naturales han sido desplazados por el sistema humano, expresión con la que se refiere al sistema general del hombre, incluyendo la cría de ganado, la agricultura y todas sus construcciones. Si funcionara como un verdadero ecosistema, habría argumentos sobre su sostenibilidad. Veríamos el proceso de la dominación del ambiente como el desplazamiento de un ecosistema por otro, fenómeno que ocurre a veces en la naturaleza.

Desde luego, el sistema humano comparte algunas características con los ecosistemas naturales; por ejemplo, la serie de niveles tróficos desde productores de granos hasta consumidores. Pero en otros

aspectos está muy lejos del blanco; digamos, no descompone ni recicla sus “detritos” (basura, desechos químicos) y otros subproductos, y sufre las consecuencias de la contaminación. Otro ejemplo está en mantener la acusada dependencia en los combustibles fósiles y padecer, por ende, el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera.

Como quiera que sea, la actitud de que asume el individuo aparte de los ecosistemas naturales y de la biosfera es todavía más errónea. Aunque se obtenga mayores cantidades de alimentos y materiales de la agricultura, ésta depende aún de la infusión periódica de genes de especies silvestres para mantener su vigor. Muchos científicos y expertos agrícolas dudan de que logremos mantener un sistema de cultivos viable sin el respaldo de la biodiversidad natural.

Se ha visto que todos los ecosistemas se relacionan para formar la biosfera, y que ésta, al mantener climas previsibles, la composición de la atmósfera, etc., sostiene a todos los ecosistemas. El sistema humano no puede divorciarse de estas relaciones. Conforme se empieza a alterar el mundo natural al grado de modificar los parámetros de la biosfera (para citar dos ejemplos, el calentamiento mundial y el agotamiento de la capa de ozono), se afectan no sólo un ecosistema en un área limitada, sino que se trastornará inevitablemente el equilibrio de todas las especies y ecosistemas de la Tierra. No se puede prever en qué consistirán estos cambios, mucho menos el resultado final de su ramificación por toda la biosfera.

Es importante recordar que tenemos los conocimientos y la destreza tecnológica para crear un sistema humano ecológicamente sostenible. Uno que florezca en armonía con los ecosistemas naturales. La pregunta es ésta: ¿para alcanzar la sostenibilidad podemos confiar en nuestros instintos biológicos básicos y en las fuerzas económicas que impulsan (ambos) a sobrevalorar el consumo a corto plazo y despreciar las consecuencias a largo plazo? O bien, en este estadio de la humanidad, ¿se debe aumentar la conciencia y la preocupación para conseguir un desarrollo sostenible?

¿Es posible restaurar los ecosistemas?

La capacidad del hombre de destruir los ecosistemas está bien documentada; aunque también, en alguna medida, tiene la capacidad

de restaurarlos. En muchos casos, basta con dejar de abusar; por ejemplo, se ha descubierto que luego de suspender el derrame de contaminantes mejora la calidad de agua, y peces y crustáceos retornan paulatinamente a lagos, ríos y bahías. Del mismo modo, es posible reforestar áreas taladas. El hombre puede acelerar la recuperación si planta semillas y árboles y reintroduce las poblaciones de peces y animales eliminadas.

Por orden de la Ley de Especies en Peligro de Extinción, el U.S. Fish and Wildlife Service (Servicio Estadounidense para Peces y Vida Silvestre) tiene en curso numerosos programas destinados a elevar las poblaciones de especies amenazadas -la crianza en cautiverio se emplea a menudo- para reintroducirlas en sus hábitats originales. Un ejemplo es la reintroducción de lobos en el Parque Nacional de Yellowstone en otoño de 1994 (Observación con video). Pero esta reintroducción no carece de sus críticos. Los granjeros, que fueron los principales causantes de la exterminación de los lobos, están especialmente preocupados de que estos animales dejen el parque y ataquen al ganado.

Otros no creen que estos empeños valgan el gasto del dinero de los contribuyentes. ¿Qué piensa usted?

Otro aspecto del problema es el reconocimiento de que las posibilidades de restauración de cualquier ecosistema descansan en tres suposiciones: (a) que los factores abióticos no hayan sufrido alteraciones o que sea posible devolverlos a su estado original; (b) que haya poblaciones viables de las especies consideradas, y (c) que el ecosistema no haya sido trastocado con la introducción de una o más especies extrañas que no sea posible eliminar y que impidan el regreso de las especies nativas.

¿Cuáles son los valores, considerando que parece estar contentos de dejar que las fuerzas de la extinción y la alteración irreversible de los ecosistemas prosigan? ¿Se pueden examinar esos valores en términos de permitir que los intereses particulares de unos pocos priven sobre los intereses de toda la sociedad? Como miembros de la sociedad, ¿Se esta de acuerdo en que esto es lo correcto o en que tenemos el derecho moral y hasta la obligación de defender otros valores?

Elementos, vida y energía

Los átomos son las piezas básicas de la constitución de la materia (los gases, líquidos y sólidos que constituyen a los seres, vivos e inertes). En la naturaleza sólo hay 92 clases de átomos, a las que conocemos como los 92 elementos. Además, los físicos han creado otros 14 en el laboratorio, pero estos se descomponen de nuevo en elementos naturales como carbono, hidrógeno, oxígeno y hierro.

¿Cómo es posible que los innumerables materiales que conforman el planeta tierra, incluyendo los tejidos de los seres vivos, estén hechos de sólo 92 elementos? Para ser precisos, 99 por ciento de la corteza terrestre se compone de apenas ocho de esos elementos.

Los elementos se parecen a los bloquecillos de plástico con los que juegan los niños: a partir de un número de piezas básicas, se construyen muchas figuras diferentes. A su vez, los materiales de la naturaleza pueden ser desintegrados en los átomos que los constituyen, los que luego se volvería a armar de manera que formen otros materiales. Todas las reacciones químicas, sea que ocurran en el tubo de ensayo, en el ambiente o en el interior de los seres vivos, ya sea de manera muy lenta o muy rápida, propician la reorganización de los átomos para formar otras formas de materia.

Los propios átomos no cambian durante el armado y el desarmado de los materiales; por ejemplo, un átomo de carbono seguirá siendo siempre un átomo de carbono. Más aún, no se crean ni se destruyen durante las reacciones químicas. Esta constancia de los átomos se considera como ley fundamental de la naturaleza: la ley de la conservación de la materia.

En el nivel químico, el ciclo de crecimiento, reproducción, muerte y descomposición de los organismos puede considerarse como el proceso de quitar varios átomos del ambiente, reunirlos en un organismo vivo (crecimiento) y luego desmontarlos (descomposición) y repetir el proceso. Desde luego, en la naturaleza no hay nadie visible que arme y desarme átomos, sino que ocurre de acuerdo con la índole química de los átomos y con el flujo de energía; de todos modos, la simplicidad del concepto no disminuye su maravilla.

¿Qué átomos conforman a los seres vivos? ¿Dónde se encuentran en el ambiente? ¿Cómo se convierten en parte de los organismos?

Organización de los elementos en los seres vivos e inertes

Molécula se refiere a cualquier enlace específico de dos o más átomos. Las propiedades de toda la materia dependen tanto de esta forma específica en la que se unen los átomos para formar moléculas como de los propios átomos. Del mismo modo, compuesto es cualquier enlace de dos o más átomos diferentes. Observe la distinción de que las moléculas consisten en el enlace de dos o más átomos de la misma clase, mientras que los compuestos siempre constan de por lo menos dos clases distintas de átomos; por ejemplo, las unidades fundamentales del gas oxígeno, que consisten en la unión de dos átomos de oxígeno, son moléculas y no compuestos. Por su parte, del agua puede decirse que está formada de moléculas de átomos distintos o que es un compuesto, dado que las unidades fundamentales son dos átomos de hidrógeno enlazados con uno de oxígeno.

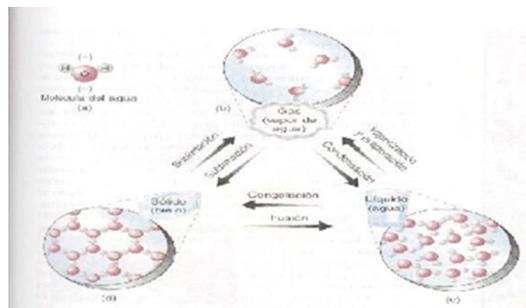
Los elementos clave de los organismos vivos (y sus símbolos químicos) son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N) fósforo (P) y azufre (S). Estos seis elementos son los bloques de construcción de todas las moléculas orgánicas que forman los tejidos de plantas, animales y microbios. Hemos dicho que es posible considerar el crecimiento y la descomposición como el desplazamiento de los átomos del ambiente a los seres vivos y de vuelta al ambiente. Es necesario analizar la naturaleza química del aire, el agua y los minerales veremos en qué parte del ambiente se encuentran estos seis elementos y otros más.

La parte baja de la atmósfera es una mezcla de moléculas de tres gases importantes (oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂) y dióxido de carbono (CO₂)), junto con cantidades mínimas de varios otros gases que no tienen importancia biológica inmediata. También suelen estar presentes en el aire cantidades variables de materiales contaminantes y vapor de agua. Así, el aire es fuente de carbono, oxígeno y nitrógeno para todos los organismos. Decir que el aire es una mezcla significa que no hay enlaces químicos entre las moléculas que lo componen: a ello se debe que sea gaseoso, pues la atracción o enlace, entre moléculas da por resultado estados líquidos o sólidos. La fuente del elemento clave hidrógeno es el agua. Cada molécula de agua consta de dos átomos de hidrógeno enlazados con uno de oxígeno, como lo indica su fórmula: H₂O. Entre las moléculas del agua, hay una débil atracción

que se conoce como enlace por puente de hidrógeno. A temperaturas por debajo del punto de congelación, este enlace mantiene a las moléculas en su misma posición relativa, lo que da por resultado un sólido (hielo o nieve). A temperaturas más elevadas, pero inferiores a las de ebullición (evaporación), las sigue manteniendo unidas, pero se mueven unas alrededor de - las otras, lo que les confiere un estado líquido, la ebullición ocurre cuando los enlaces de hidrógeno se rompen y las moléculas de agua se escapan libres al aire. Con la disminución de la temperatura, todos estos cambios de estado siguen la dirección inversa (figura 3-37). Insistimos en que, a pesar de los cambios de estado, las propias moléculas de agua retienen su estructura básica de dos átomos de hidrógeno enlazados con uno de oxígeno: lo único que cambia es la relación entre ellas.

Todos los otros elementos que requieren los organismos vivos, así como los aproximadamente 72 que no son necesarios, se encuentran en diversos minerales en las rocas y el suelo. Los minerales son materiales inorgánicos duros y cristalinos de cierta composición química. Casi todas las rocas están hechas de cristales más bien pequeños de dos o más minerales, y por lo regular el suelo consta de partículas de minerales diferentes. Todos los minerales están compuestos de agrupamientos densos de dos o más clases de átomos unidas por sus cargas positivas y negativas.

Figura 3-37: (a) El agua consta de moléculas formadas por dos átomos de hidrógeno enlazados con uno de oxígeno H_2O . (b) En el vapor de agua, las moléculas quedan separadas e independientes. (c) En el agua líquida, la atracción débil entre sus moléculas, conocida como enlace de hidrógeno, le da sus propiedades de líquido. (d) Las temperaturas inferiores al punto de congelación, los enlaces de hidrógeno sostienen a las moléculas, lo que les confiere un estado sólido: hielo.



Entre el aire, el agua y los minerales hay interacciones simples pero significativas. Los gases del aire y los iones (átomos cargados) de los minerales pueden disolverse en el agua; por lo tanto, ésta es inevitablemente una solución que contiene cantidades variables de gases y minerales disueltos. Es una solución sujeta a cambios constantes: mediante varios procesos, es posible extraer cualquiera de las sustancias disueltas o disolver otros materiales. Las moléculas de agua pasan al aire por evaporación y lo dejan por condensación o precipitación. Así, el grado de humedad del aire fluctúa siempre. El viento lleva polvo y partículas de minerales, cuya cantidad también cambia constantemente porque se van asentando.

A diferencia de las moléculas relativamente simples que se encuentran en el entorno (digamos, CO₂, H₂O, N₂), en los seres vivos encontramos los elementos clave (C, H, O, N, P, S) enlazados en moléculas muy largas y complejas llamadas proteínas, carbohidratos (azúcares y almidones), lípidos (sustancias grasas) y ácidos nucleicos. Algunas de estas moléculas contienen millones de átomos, y sus variaciones posibles son infinitas. De hecho, la pluralidad de los seres vivos es un reflejo de la diversidad de estas moléculas.

Las moléculas que forman los tejidos vivos constan sobre todo de átomos de carbono enlazados en cadenas a las que se ligan átomos de hidrógeno. También suelen contener oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, pero el común denominador fundamental son los enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno. Recuerde que llamamos orgánica a la materia de los tejidos de los seres vivos; por eso, estas moléculas basadas en el carbono que forman los tejidos de los organismos vivos reciben el nombre de moléculas orgánicas (y observe la similitud de las voces orgánico y organismo). Asimismo, las moléculas y los compuestos que sin enlaces carbono-carbono ni carbono-hidrógeno son inorgánicos.

Es causa de alguna confusión el hecho de que todos los plásticos y numerosos compuestos preparados por el hombre se basan en enlaces carbono-carbono que, hablando en términos químicos, son compuestos orgánicos, aunque nada tengan que ver con los sistemas vivos. Cuando haya dudas, para evitar la confusión llamamos a los compuestos de los organismos compuestos orgánicos naturales, y compuestos orgánicos sintéticos a los que se deben al hombre.

En conclusión, vemos que los elementos esenciales para la vida (C, H, O, etc.) están presentes en el aire, el agua y los minerales, en forma de moléculas relativamente simples. En cambio, los organismos vivos están organizados en moléculas orgánicas muy complejas. Y estos compuestos orgánicos forman las diversas partes de las células que conforman los tejidos y los órganos del cuerpo. Así, podemos considerar que el crecimiento estriba en captar átomos de las moléculas simples del ambiente para elaborar las complejas moléculas orgánicas de los organismos, en tanto que la descomposición y la corrupción es el proceso inverso.

Consideraciones energéticas

Materia y energía. El universo está compuesto de materia y energía. Una definición más técnica de materia que la que hemos visto afirma que es cualquier cosa que ocupa un lugar en el espacio y posee masa, es decir, que puede ser pesada en presencia de gravedad. Como es evidente, esta definición comprende todos los sólidos, los líquidos y los gases, así como los seres vivos y los inertes.

Los átomos están formados de protones, neutrones y electrones, los que a su vez, están constituidos de partículas aún más pequeñas. Así, los físicos debaten sobre cuál es la unidad básica de la materia: puesto que los átomos son las unidades básicas de todos los elementos y no se modifican durante las reacciones químicas, es práctico considerar que son las unidades básicas de la materia.

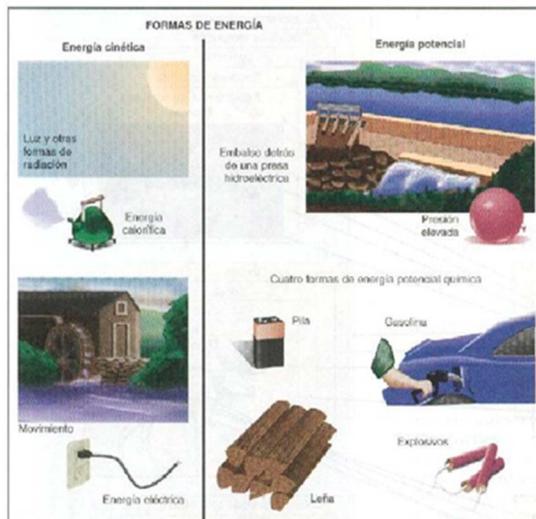
La luz, el calor, el movimiento y la electricidad no tienen masa ni ocupan espacio (advierta que “calor”, como lo empleamos aquí, no se refiere a objetos calientes, sino a la energía calorífica, que sentimos que estos irradian). Estas son las formas generales de energía que experimentamos continuamente, y quizá su falta sea una experiencia más significativa. ¿Qué tienen en común las formas de energía?.

¿Qué influye en la materia y modifican su posición o su estado?; por ejemplo, la liberación de energía de una explosión hace que las cosas salgan volando (cambio de posición), y calentar agua hace que hierva y se convierta en vapor (cambio de estado). A nivel molecular,

los cambios de estado se observan como movimientos de átomos o de moléculas: por ejemplo, el grado de energía calorífica es una medida del movimiento vibratorio relativo de los átomos y las moléculas de las sustancias. Por lo tanto, energía es la capacidad de mover materia.

Por lo regular, la energía se clasifica en dos categorías principales: cinética y potencial (figura 3-38). La energía cinética es energía en acción o movimiento; entre sus formas citemos la luz, el calor y el movimiento físico. La energía potencial es energía almacenada. Las sustancias y sistemas que la poseen tienen la capacidad, la potencia, de liberar una o más formas de energía cinética; por ejemplo, una liga estirada tiene energía potencial para lanzar un clip por los aires. Numerosos productos químicos, como la gasolina y otros combustibles, liberan energía cinética (calor, luz y movimiento) al arder. La energía potencial que contienen se llama energía química.

Figura 3-38: La energía se distingue de la materia en que no tiene masa ni ocupa espacio. Tiene la capacidad de actuar sobre la materia para cambiarle su posición o su estado. Una de las formas activas de la energía es la cinética. La energía potencial es la capacidad que tienen los sistemas o los materiales para producir energía cinética. En este gráfico, empleamos la expresión energía calorífica para referirnos a la radiación infrarroja.



Hay muchas maneras para cambiar la energía de una forma a otra. Aparte de ver que es posible convertir la energía potencial en cinética, es especialmente importante apreciar que hay posibilidad de invertir el proceso, de cambiar la energía cinética en potencial, como cuando se carga una pila o se bombea agua a un depósito elevado. Veremos en un momento que la fotosíntesis es un fenómeno similar.

Como la energía no tiene masa ni ocupa espacio, no es calculable en unidades de peso o volumen, sino que se mide con otras unidades. Una de las más comunes es la caloría, que se define como el calor requerido para elevar la temperatura de un gramo (un mililitro) de agua un grado centígrado. Puesto que es una unidad muy pequeña, con frecuencia es más conveniente hablar en términos de kilocalorías (una kilocaloría = 1 000 calorías), es decir, el calor necesario para aumentar la temperatura de un litro (1 000 mililitros) de agua un grado centígrado. A veces, denotamos “kilocalorías” con “Calorías” con C mayúscula. Las calorías de los alimentos, (que son una medida de la energía que puede obtener de ellos nuestro cuerpo), son en realidad kilocalorías. Cualquier forma de energía es mensurable en calorías si se convierte en energía calorífica y se mide el calor en términos de aumento en la temperatura del agua. La temperatura es una medida del movimiento molecular de las sustancias causado por la energía cinética presente.

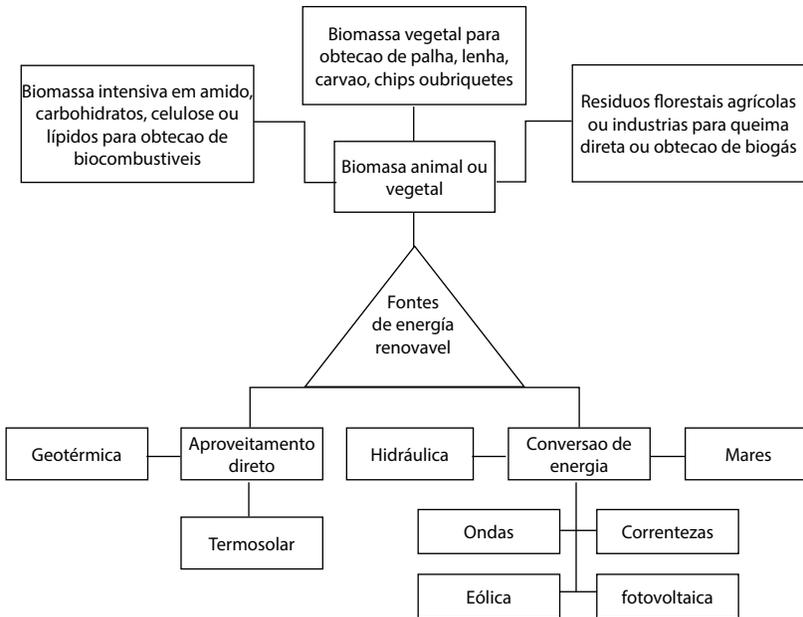
Se define la energía como la capacidad de mover materia. En contrapartida, ningún cambio en el movimiento de la materia ocurre sin absorción o liberación de energía. Esto significa que ningún cambio en la materia (desde la unión o la separación de pocos átomos en una reacción química hasta una gigantesca erupción volcánica) se realiza sin los cambios respectivos de la energía. $E = mC^2$

m = cantidad de materia; C^2 = velocidad de la luz al cuadrado.

Ejemplos de energía del mar

- Undemotriz, energía térmica dada por la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo de las aguas marinas (olas).
- Mareomotriz, Energía que se genera entre la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la tierra y su forma.

Tipos de energía



Leyes de la energía: leyes de la termodinámica.

Saber que la energía puede ser convertida de una forma a otra ha llevado a numerosos supuestos inventores a construir máquinas o dispositivos que pretenden producir más energía de la consumida. Una idea común que, se les ocurre a muchos estudiantes es usar la salida de un generador para impulsar un motor que, a su vez, active el generador de modo que el ciclo continúe y que por añadidura dé potencia. Por desgracia, todos estos mecanismos comparten una característica: no sirven. Cuando se miden cuidadosamente todas las entradas y las salidas de energía, se encuentra que son iguales, que no hay ganancia o pérdida neta de energía.

Hoy, esta observación se acepta como una ley fundamental de la naturaleza, la ley de la conservación de la energía, también llamada primera ley de la termodinámica: la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. También se enuncia comúnmente como que “no se puede obtener algo de nada”.

Los quiméricos “generadores de energía” fallan por dos razones: primera, en cualquier conversión de energía, una parte de ésta se transforma en calor (radiación infrarroja). Segunda, el calor siempre fluye a las regiones más frías del entorno; no hay modo de atraparlo y reciclarlo, puesto que sólo fluye “río abajo”. En consecuencia, sin entrada de energía, tarde o temprano todos los sistemas transformarán su energía en calor, la perderán y se detendrán. Ahora aceptamos esto como otra ley natural, la segunda ley de la termodinámica, que dice que cualquier conversión energética terminará con menos energía de la que tenía al comenzar. Así no sólo no se puede obtener algo de nada (primera ley), sino que ni siquiera se puede salir a mano.

La pérdida de calor se funda en el principio del incremento de entropía, que se define como el rango de desorden o de degradación: mayor entropía significa mayor desorden. El principio asienta que, sin entrada de energía, todo marcha en una sola dirección, hacia una mayor entropía, y se manifiesta en el hecho de que todos los objetos hechos por el hombre tienden a degradarse, sin que observemos jamás el proceso inverso, digamos, que un edificio en ruinas se renueve solo.

La conversión de energía y la pérdida de calor son aspectos del incremento de entropía. La energía calorífica es el resultado del movimiento vibratorio aleatorio de átomos y moléculas. Así, es la forma más baja (más desordenada) de energía, y su flujo a las regiones más frías es una manera de difundir el desorden. Por lo tanto, en nuestros días es más común esta forma de enunciar la segunda ley de la termodinámica: los sistemas se dirigen espontáneamente en una sola dirección: hacia el aumento de la entropía. La segunda ley dice también que los sistemas irán espontáneamente hacia una energía potencial menor, una dirección que hace que liberen calor.

El adverbio espontáneamente es muy importante en el enunciado de la segunda ley. Es posible bombear agua colina arriba, cargar una pila, estirar una liga, comprimir aire o aumentar de cualquier otra manera la energía potencial de los sistemas: pero en los verbos bombear, cargar, estirar y comprimir está implícito el hecho de que se les añade energía. Por lo contrario, la dirección opuesta, la que libera energía, ocurre espontáneamente.

En conclusión, cada vez que vea que algo gana energía potencial, debe tenerse en cuenta de que la obtiene de otro lado (la primera ley). Más aún, la cantidad de energía pérdida de ese otro lado es mayor que la que se gana (la segunda ley). Vamos ahora a relacionar estos conceptos de materia y energía con las moléculas orgánicas, los organismos, los ecosistemas y la biosfera.

Flujo de energía y circulación de la materia

Circulación de la materia

La transferencia de materia a través de los seres vivos se realiza por medio de las cadenas tróficas o alimentarias. Ejemplo: hierba, oveja, lobo.

Un aspecto importante en el transporte de materia en los ecosistemas reside en la existencia de circuitos cerrados, como las cadenas alimentarias o los ciclos de los elementos biogeoquímicos, en los cuales las distintas sustancias y elementos son continuamente reincorporados al circuito.

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 utiliza en el desayuno cuando se haya utilizado en el proceso respiratorio celular, no estará ya disponible, de manera que se deberá ir a la tienda y comprar más para mañana. De igual manera, en la ciudad puede 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 requiere un suministro continuo de energía proveniente del exterior. Esta es precisamente una de las grandes diferencias que hay entre el flujo de materia y el de energía.

En el primero, la materia recorre un círculo y puede ser nuevamente utilizada al llegar al punto de origen; en el segundo caso, la energía fluye en una sola dirección y es finalmente degradada en forma de calor y pérdida para el ecosistema, no pudiendo ser reutilizada. Esta es una de las razones por lo que la tierra ha de estar recibiendo continuamente energía solar, a fin de que puedan continuar su existencia todos los organismos que habitan en ella.

Flujo de energía

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. En realidad, se puede decir que el flujo unidireccional de la energía y la circulación de los materiales, son los dos grandes principios o leyes de la Ecología, ya que se aplican por igual a todos los tipos de ambientes y a todos los organismos incluso al hombre.

Además, es el flujo de energía el que mueve el ciclo de la materia. La energía es un concepto enigmático. Interviene en cada elemento simple del universo, desde las ranas hasta los fotones.

Existe energía en todo lugar y en cualquier cosa; es uno de los conceptos fundamentales de la física. Sin embargo, los físicos, dicen que realmente no la comprenden totalmente. No obstante, es evidente que la energía nunca se crea o desaparece en la nada. La energía siempre puede “contabilizarse” en la misma forma que un banco responde por el dinero de sus clientes.

Si no se puede dar cuenta de cierta energía es porque se ha cometido un error, ya que la “contabilidad energética” de la naturaleza siempre está equilibrada; en base a estos preceptos, los científicos en medio ambiente empiezan a percatarse de que el punto de vista energético puede constituir un elemento analítico sumamente útil.

Desde el punto de vista energético, la tierra es un sistema abierto. Para que la vida pueda existir, la tierra debe recibir constantemente la energía que proviene del sol y producir salidas de energía calorífica que pasan al espacio exterior. La energía solar mantiene todos los procesos vitales del ecosistema tierra. La vida en nuestro planeta es posible

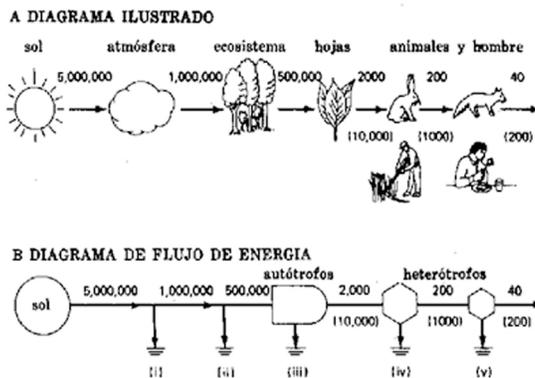
solamente porque se reciben constantemente, radiaciones de energía solar. Al mismo tiempo, grandes cantidades de energía calórica salen de la tierra y pasan al basto “resumidero” de calor.

El ecosistema terrestre se mantiene estable debido a las continuas radiaciones solares y al flujo constante de calor al exterior. La temperatura relativamente constante de la superficie terrestre es el resultado del continuo equilibrio energético “entrada-salida” del ecosistema tierra.

El sol es como una masa colosal de hidrógeno que constantemente y parcialmente se está transformando en helio, con la emisión incidental de una enorme cantidad de energía en forma de ondas electromagnéticas (radiaciones). Estas ondas irradian desde el sol en todas direcciones (Figura 3.39).

El 80% de la materia de la que se compone el Sol es hierro y no hidrógeno, como se enseña en todas las escuelas desde hace un siglo, afirmó el profesor de química nuclear de la Universidad de Missouri, Oliver Manuel.

Figura 3.39: El flujo de la energía solar en kcal/m² por año, como se indica en el diagrama ilustrado (A) y de modo más formal en el diagrama de flujo (B). El símbolo del pozo de energía disipada (↓) en (B) señala dónde se pierde la energía durante la transformación. Se tienen cinco puntos en los cuales se hace trabajo útil y se pierde energía, ellos son: (i) Se atenúa la energía solar, proveniente del espacio, al calentar la atmósfera e impulsar los ciclos hidrológicos y los sistemas atmosféricos. (ii) Disminuye la energía solar al calentar el ecosistema y accionar los ciclos internos de agua y minerales, (iii) Pérdida de energía en la conversión de energía sola a materia vegetal. (iv) Pérdida de energía en la transferencia de vegetales a herbívoros [consumidores primarios (C1)]. (v) Pérdida de la energía en la transferencia de consumidores primarios a secundarios (C2). Las cifras entre paréntesis en la parte biológica de la cadena de energía representan los niveles para ecosistemas subsidiados.



“He estado estudiando la composición del Sol desde 1960 y he llegado a la conclusión de que el sistema solar viene de una estrella única y que el sol se formó sobre el núcleo colapsado de una supernova”, dijo Manuel.

El profesor de química nuclear indicó que “la mayor parte del calor proviene del núcleo de una supernova colapsada que continúa generando energía en el interior, rico en hierro, del Sol”.

Según Manuel, los elementos más abundantes en el Sol son, en este orden: el hierro, níquel, oxígeno, azufre, manganeso y calcio, mientras que el hidrógeno figura “muy abajo en la lista” (Oliver, Manuel 2 002).

La energía solar que irradia a la tierra, pero la atmósfera evita que parte de ésta llegue a ella; solamente, alrededor del 50% de la luz del sol que llega a la parte superior de la atmósfera de la tierra continúa realmente hasta su superficie. El calor procedente de la tierra se está desprendiendo constantemente hacia el espacio exterior (Figura 3.40).

Figura 3.40: Entrada de energía a la superficie terrestre, al mediodía.



Más de 1/3 de la energía solar que llega a la atmósfera se refleja al espacio por: las nubes, el polvo atmosférico y las superficies reflectoras sobre la tierra (nieve, mar, arena). Otro 14%, más o menos, de dicha energía solar nunca llega a la superficie. Se absorbe en los gases a medida que penetra en la atmósfera. Del restante 50%, aproximadamente un 25% llega directamente a la superficie y el otro 25% se esparce primero en las nubes, polvo, etc. irradiándose eventualmente, hasta la tierra de dichas nubes y partículas atmosféricas.

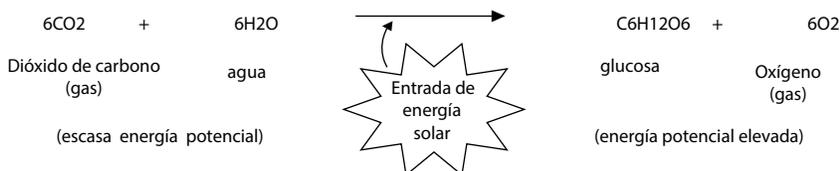
Cambios de materia y energía en organismos y ecosistemas.

Todas las moléculas orgánicas que forman los tejidos de los organismos vivos contienen energía potencial elevada, como es evidente por el hecho de que arden: el calor y la luz de la llama son su energía potencial liberada como energía cinética. En cambio, no importa cuánto se esfuerce no extraerá energía quemando moléculas inorgánicas, como dióxido de carbono, agua o los compuestos minerales que se encuentran en la naturaleza, y muchos de estos materiales sirven para extinguir incendios. Esta incapacidad extrema de inflamarse evidencia que su energía potencial es muy baja. Así, la producción de materia orgánica a partir de la inorgánica comprende una ganancia de energía potencial, en tanto que su descomposición incluye una liberación de energía.

En esta relación entre la formación y la descomposición de materia orgánica y la ganancia y liberación de energía podemos ver la dinámica energética de los ecosistemas. Los productores (las plantas verdes) cumplen la función de formar moléculas orgánicas de energía potencial elevada para su organismo a partir de la materia inerte de baja energía del medio, a saber, dióxido de carbono, agua y unos cuantos compuestos disueltos de nitrógeno, fósforo y otros elementos. Esta conversión “cuesta arriba” es posible por la energía luminosa que absorbe la clorofila. Por su parte, todos los consumidores, saprofitos y descomponedores de detritos, toman de los productores la energía que necesitan para moverse y para otras funciones corporales de comer y descomponer materia orgánica. Veamos ahora con más detalle este flujo de energía en cada categoría de organismos.

Productores.- Los productores son plantas verdes que aprovechan la energía de la luz en la fotosíntesis para elaborar azúcar (glucosa, energía química almacenada) a partir de dióxido de carbono y agua, y liberar oxígeno como subproducto. La siguiente fórmula expresa el proceso:

Fotosíntesis



La energía cinética de la luz es absorbida por la clorofila de las células de las plantas y aprovechada para extraer átomos de hidrógeno de moléculas de agua (H_2O), que se unen a átomos de carbono tomados del dióxido de carbono y enlazados en una cadena para empezar a formar moléculas de glucosa. Después de separar el hidrógeno del agua, los átomos de oxígeno que quedan se combinan unos con otros para formar oxígeno, que se disipa en el aire.

La molécula de glucosa está formada de seis átomos de carbono, 12 de hidrógeno y seis de oxígeno, de ahí que su fórmula sea $C_6H_{12}O_6$. Así, requiere seis moléculas de dióxido de carbono para tomar los seis átomos de carbono y seis moléculas de agua para proveer los 12 átomos de hidrógeno. Entre estas moléculas de dióxido de carbono y agua hay 18 átomos de oxígeno, pero sólo se necesitan seis. Los restantes se desprenden como moléculas de oxígeno (O_2), seis por cada molécula de glucosa que se forma. Este recuento, basado en mediciones cuantitativas cuidadosas, obedece a la ley de la conservación de la materia. Observe que el oxígeno, que es esencial para la respiración de los animales, es un producto de desecho de la fotosíntesis.

Los pasos energéticos clave en la fotosíntesis son tomar el hidrógeno de las moléculas de agua y reunir los átomos de carbono para formar los enlaces carbono-carbono y carbono- hidrógeno de elevada energía potencial en la molécula de glucosa, en lugar de los enlaces de baja energía de las moléculas de agua y dióxido de carbono. Pero las leyes de la termodinámica no se violan, ni siquiera se fuerzan. Mediciones precisas demuestran que el índice de la fotosíntesis (que determina el monto de glucosa producida) es proporcional a la intensidad de la luz, y que de una cantidad de energía luminosa equivalente a 100 calorías que cae sobre la planta sólo se forma azúcar con valor de dos a cinco calorías. Así, las plantas no son “máquinas” eficientes en la conversión de energía luminosa en energía química.

La glucosa elaborada a través de la fotosíntesis cumple tres funciones en la planta. Primera, ya sea sola o con nitrógeno, azufre y otros minerales del suelo o el agua que rodean las raíces es la materia prima para elaborar las demás moléculas orgánicas (proteínas, carbohidratos, etc.) que forman tallos, raíces, hojas, flores y frutos. Segunda, esta síntesis -lo mismo que la absorción de nutrientes del suelo y otras funciones- necesita más energía, que la planta obtiene

descomponiendo parte de la glucosa (donde la energía está almacenada) durante la respiración celular, fenómeno que estudiaremos en breve. Tercera, puede ser que parte de la glucosa, se reserve para consumo posterior, por lo regular convertida en almidón, como en las papas, o en aceite, como en las semillas. La figura 3-41 resume estas conversiones.

Eficiencia de la Fotosíntesis

Con este término se requiere expresar el aprovechamiento real de los flujos de energía por parte de los organismos, agrupados en sus respectivos niveles tróficos. En cada paso, en cada salto de un trófico a otro, se pierde una determinada cantidad de energía, la cual se disipa mayormente en forma de calor, y no puede ser aprovechada por el ecosistema, sino que se difunde en el medio desvaneciéndose.

Fases de la Fotosíntesis

La fotosíntesis consta principalmente de dos etapas:

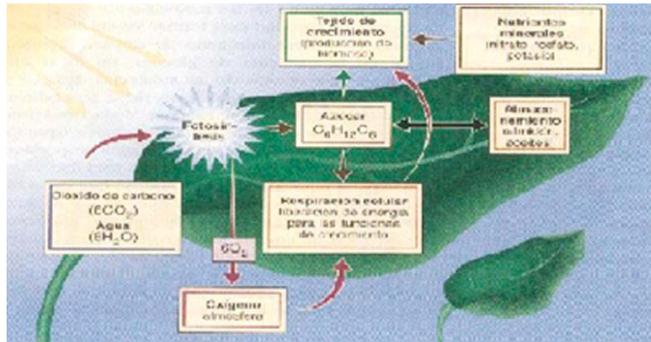
- La primera conocida como foto dependiente, que capta la energía lumínica procedente del sol y la transforma en energía química que permite elaborar las moléculas transportadoras de energía necesaria para que se cumpla la segunda fase, y
- La segunda es la bioquímica o ciclo de Calvin donde se realiza la fijación del carbono previa la formación de enlaces covalentes que luego da lugar a la formación de los carbohidratos, proceso que se realiza generalmente independiente de la luz, que a través de la de la incorporación de Hidrógeno se captura y se modifica la captura del CO_2 procedente de la atmósfera para formar los Carbohidratos, lo que ocurre en el estroma de los cloroplastos, utiliza como fuente como fuente de N a los NH_3 , NH_2 y Sulfatos con fuente de Azufre.

Melvin Calvin dice que el proceso es de carácter cíclico y hay varias fases:

*Fijación del CO_2 que lo hace el cloroplasto de la atmósfera.

*Luego hay reducción de CO_2 fijado, después sintetiza aminoácidos, ácidos grasos y almidón; originando la Glucosa y Fructuosa que al combinarse dan la Sacarosa (azúcar de la sabia).

Figura. 3-41: Los productores son notables fábricas químicas. Con la energía solar, elaboran glucosa a partir de dióxido de carbono y agua y liberan oxígeno como subproducto. En seguida, descomponen algo de la glucosa para obtener más energía química y combinan la restante con ciertos nutrientes del suelo para formar otras moléculas orgánicas complejas necesarias para su crecimiento.

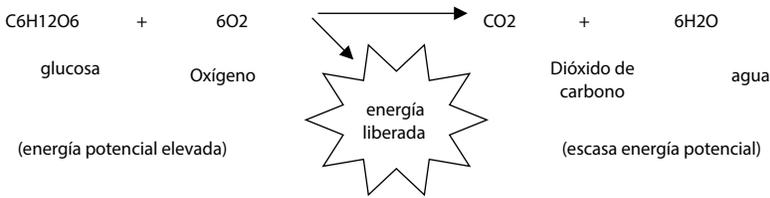


Consumidores y otros heterótrofos: energía de los alimentos. Por supuesto, los consumidores necesitan energía para moverse y realizar diversas funciones del organismo como el bombeo de sangre. Además, necesitan energía para sintetizar todas las moléculas que requieren para el crecimiento, el mantenimiento y la restauración del cuerpo. ¿De dónde viene esta energía? De la descomposición de las moléculas orgánicas de los alimentos (o de los tejidos del propio cuerpo, si no se dispone de éstos). Entre el 60 y 90 por ciento de lo que nosotros y los otros consumidores comemos y digerimos actúa como “combustible” para proveer energía.

Para empezar, los almidones, las grasas y las proteínas que se comen se digieren en el estómago y el intestino, lo que significa que se descomponen en moléculas más simples; por ejemplo, los almidones se transforman en azúcar (glucosa). El intestino absorbe estas moléculas y el torrente sanguíneo las transporta a todas las células del cuerpo.

Dentro de cada célula, para liberar la energía que necesita para realizar sus funciones, las moléculas orgánicas pueden descomponerse por respiración celular. Casi siempre ésta consiste en la descomposición de la glucosa, y el proceso químico general es el inverso al de la fotosíntesis:

Respiración celular



De nuevo, el punto clave de la respiración celular es liberar la energía potencial contenida en las moléculas orgánicas para desempeñar las actividades del organismo; sin embargo, también son importantes otros aspectos del proceso. Observe que la fotosíntesis libera oxígeno, que la respiración celular utiliza para completar la descomposición de la glucosa en dióxido de carbono y agua. En cada inhalación, los pulmones (o las branquias en el caso de los peces) absorben oxígeno, que el sistema circulatorio lleva a todas las células. El dióxido de carbono, que se forma como producto de desecho, pasa de las células a la circulación y los pulmones (o las branquias) lo eliminan en la exhalación. El otro subproducto, el agua, ayuda a cubrir los requerimientos del organismo, lo que reduce la necesidad de beberla. Varios animales del desierto, adaptados para conservar el agua, no precisan beberla, pues les basta la que produce la respiración celular; pero casi todos, incluyendo al hombre, no somos tan buenos para conservarla, y nos hace falta beber cantidades adicionales de ella.

Siempre en concordancia con las leyes de la termodinámica las conversiones de energía requeridas para que el organismo aproveche la energía potencial de la glucosa para funcionar no son ciento por ciento eficientes. Se genera considerable calor de desecho, la razón del calor corporal. Esta emisión de calor puede medirse tanto en las plantas y en los animales de sangre fría como en los de sangre caliente. En estos últimos se nota más, sólo porque producen más, por causa de la respiración celular, para mantener la temperatura corporal.

Aquí también debe ser evidente la base para la pérdida o la ganancia de peso. La materia orgánica se descompone en la respiración celular sólo conforme se necesita para satisfacer las necesidades de energía del cuerpo; tal es la razón de que su ritmo respiratorio, la manifestación externa de la respiración celular, cambie con el nivel de ejercicio y de actividad. Si a través de los alimentos se consumen más calorías de las

que precisa su organismo, el exceso se convierte en grasa y se almacena; el resultado es el aumento de peso. Así, el principio de las dietas es comer menos y hacer más ejercicio, con el fin de crear una demanda de energía que exceda la que contiene la comida. Este desequilibrio fuerza al cuerpo a descomponer sus propios tejidos para compensar la diferencia y se reduzca el peso. Desde luego, llevado al extremo, este desequilibrio conduce a la inanición y la muerte cuando el organismo agota todo lo que puede descomponer para satisfacer sus necesidades energéticas.

La reacción general de la respiración celular es la misma que quemar glucosa (de hecho, no es raro hablar, por ejemplo, de “quemar” las grasas). Esta descomposición de moléculas recibe el nombre de oxidación. La diferencia entre la quema y la respiración celular es que en ésta la oxidación ocurre en unos 20 pasos pequeños, para liberar la energía en “paquetes” adecuados para ejecutar las funciones de cada célula. Si toda la energía de las moléculas de glucosa se liberara de una sola “llamarada”, como ocurre en la combustión, sería como calentar e iluminar una habitación con grandes petardos: energía, sí, pero difícilmente utilizable.

Se ha aprendido que además de carbono e hidrógeno muchas moléculas orgánicas contienen nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos. Cuando estas moléculas se descomponen en la respiración celular, los subproductos de desecho incluyen compuestos de nitrógeno, fósforo y otros elementos presentes, aparte del agua y el dióxido de carbono. Estos subproductos son excretados con la orina (o en un medio similar en otros animales) y regresan al ambiente, donde podrían ser reabsorbidos por las plantas. En esto se percibe el movimiento de los elementos en un ciclo entre el ambiente y los seres vivos.

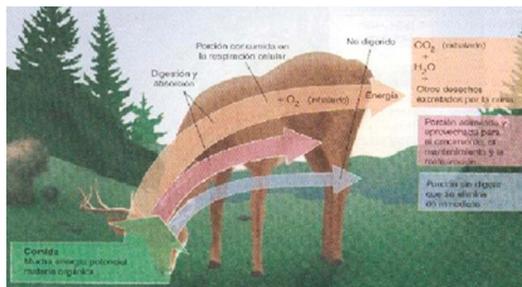
Función nutricional de los alimentos.

En tanto que entre el 60 y 90 por ciento de los alimentos que los consumidores ingieren, digieren y absorben es oxidada para obtener energía, no es menos importante el restante 10 o 40 por ciento que se convierte en tejidos del organismo. Esta tracción permite al organismo crecer y mantenerse y restaurarse.

El organismo oxida con facilidad los carbohidratos (azúcares y almidones) y las grasas para proveerse de energía. Por su parte, el

crecimiento, el mantenimiento y la restauración del organismo requieren nutrientes particulares (a saber, diversas vitaminas, minerales y proteínas) que no se encuentran en las grasas ni en los carbohidratos. Si uno o más de estos nutrientes fallan en la dieta, aparecerán varias enfermedades vinculadas a la desnutrición. Esto suscita el problema del consumo en demasía de comida “chatarra” (papas fritas, refrescos, dulces, ciertos alimentos horneados y alcohol), rica en grasas, azúcares o ambos -es decir, con muchas calorías-, pero con escasez de nutrientes indispensables. En consecuencia, una dieta con muchos de estos productos suministra con facilidad calorías en exceso, pero no provee las cantidades suficientes de los nutrientes esenciales, lo que ocasiona al mismo tiempo aumento de peso y graves problemas de desnutrición. Sí, mucha gente obesa está desnutrida.

Figura. 3-42: Consumidores. El consumidor asimila para su crecimiento, mantenimiento y restauración corporal sólo una parte pequeña de la comida que ingiere. Casi toda la dedica a la respiración celular, que provee energía para la asimilación, los movimientos y otras funciones; los productos de desecho son dióxido de carbono, agua y varios minerales. Otra parte más no es digerida, sino que pasa por el organismo y se convierte en materia fecal.



Material consumido pero no digerido. Parte de lo que comen los consumidores no lo digieren (no lo descomponen para que pueda ser absorbido), sino que simplemente pasa por el sistema digestivo y sale como desechos fecales. En el caso de los herbívoros, tales desechos son sobre todo la materia de las paredes de las células vegetales, la celulosa, que a veces llamamos fibra. Algo de fibra es parte necesaria de la dieta para que los intestinos tengan qué empujar y se mantengan limpios y abiertos.

En resumen, la materia orgánica (comida) que ingieren los consumidores sigue tres rutas: (1) más del 60 por ciento de lo que se digiere y absorbe es oxidado para proporcionar energía, y los desechos

son devueltos al medio; (2) el resto de lo ingerido y asimilado se dedica al crecimiento, el mantenimiento y la restauración del organismo, o se almacena como grasa, y (3) la parte no digerida ni absorbida es excretada como materia fecal (figura 3-42). Observe que, en los ecosistemas, solo la parte de la comida que se convierte en tejido orgánico del consumidor se convierte en alimento para el siguiente organismo de la cadena. Desde luego, los desechos fecales orgánicos son la comida de los saprofitos y los descomponedores.

Saprofitos y descomponedores: los detritívoros

Recuerde que los detritos son principalmente hojas secas, la parte leñosa de las plantas y los desechos fecales de los animales. En su estado normal, la celulosa es inútil para la mayoría de los consumidores, que no pueden digerirla; es materia orgánica y energía potencial elevada para los organismos que sí pueden asimilarla: diversas especies de hongos y bacterias y unos cuantos microbios. Aparte de que digieren la celulosa, los descomponedores actúan como cualquier otro consumidor, y la utilizan como fuente tanto de energía como de nutrientes. Las termitas y otros saprofitos digieren el material leñoso merced a que mantienen microorganismos descomponedores en su sistema digestivo en una asociación mutualista simbiótica. Las termitas (saprofitas) brindan un hogar acogedor a los microbios (descomponedores) y toman la celulosa, que éstos digieren en beneficio de ambos. Casi todos los descomponedores realizan la respiración celular. Así, los detritos se descomponen en dióxido de carbono, agua y nutrientes minerales. Del mismo modo, se libera calor, que se manifiesta como ese “vapor” que se desprende de las pilas de abono o estiércol durante los días fríos.

Algunos descomponedores (ciertas bacterias y levaduras) satisfacen sus necesidades de energía mediante una oxidación parcial de la glucosa, en ausencia de oxígeno. Esta forma modificada de respiración celular se llama fermentación, que da por resultado productos finales como el alcohol etílico (C_2H_6O), gas metano (CH_4) y vinagre (ácido acético, $C_2H_4O_2$). La producción comercial de estos compuestos se realiza cultivando el organismo conveniente en materia orgánica adecuada en un recipiente sin oxígeno. En la naturaleza, los ambientes anaeróbicos,

sin oxígeno, se encuentran por lo regular en los sedimentos del fondo de las marismas y los pantanos, enterrados profundamente en la tierra, y en los intestinos de los animales, donde el oxígeno no penetra con facilidad. En estos lugares se produce por lo general gas metano. Varios rumiantes, incluyendo las vacas, mantienen bacterias de fermentación en el tracto digestivo en una relación mutualista simbiótica parecida a la que acabamos de describir entre las termitas. Tanto unas como otras producen metano.

Por razones de simplificación, nos concretaremos a los ecosistemas terrestres, pero es importante saber que ocurre el mismo proceso en los ecosistemas acuáticos. Cuando las plantas y las algas acuáticas absorben el dióxido de carbono y los minerales disueltos en el agua, su producción fotosintética se convierte en alimento y oxígeno disuelto que sostiene a los consumidores y otros heterótrofos. Del mismo modo, los heterótrofos acuáticos devuelven dióxido de carbono y nutrientes minerales al medio acuático. Desde luego, los sistemas acuáticos y terrestres nunca están del todo aislados y hay canjes entre ellos continuamente.

Principios del funcionamiento de los ecosistemas

El examen anterior del funcionamiento de los ecosistemas revela tres denominadores comunes:

- (a) el reciclado de los nutrientes,
- (b) el aprovechamiento de la luz solar como fuente básica de energía, y;
- (c) las poblaciones son de tales dimensiones que no hay un consumo excesivo.

Por su parte, estas tres características comunes descubren los principios básicos de la sostenibilidad de los ecosistemas.

Los ciclos de los nutrientes

Al analizar los aportes y los desechos de productores, consumidores, saprofitos y descomponedores, lo habrá impresionado su conformidad.

Los productos y subproductos de cada grupo son la comida y los nutrientes esenciales de otro. En concreto, la materia orgánica y el oxígeno que producen las plantas verdes son los alimentos y el oxígeno que necesitan los consumidores y otros heterótrofos. A su vez, el dióxido de carbono y otros desechos que éstos generan cuando descomponen lo que ingieren son exactamente los nutrientes que necesitan las plantas verdes. Este reciclaje es fundamental por dos razones: (a) evita los desperdicios, cuya acumulación causaría problemas, y (b) asegura que el ecosistema no se quedará sin elementos esenciales.

Primer principio básico de la sostenibilidad de los ecosistemas.

Para su sostenibilidad, los ecosistemas reciclan todos los elementos de modo que se libran de los desechos y reponen los nutrientes.

Si se considera de nuevo la ley natural de la conservación de la materia, que dice que los átomos no pueden ser creados, destruidos ni cambiados, vemos que reciclar es la única manera posible de mantener un sistema dinámico, y la biosfera lo ha dominado en grado sumo. Podemos verlo todavía con más claridad si nos concentramos en los recorridos de tres elementos: carbono, fósforo y nitrógeno, que, como avanzan en círculos, se conocen como el ciclo del carbono, el ciclo del fósforo y el ciclo del nitrógeno. (Observe que la energía no se recicla; debe ser renovada del suministro de luz solar.)

El ciclo del carbono. Para fines de descripción, es conveniente comenzar el ciclo del carbono con la “reserva” de moléculas de dióxido de carbono del aire y las disueltas en el agua. Por medio de la fotosíntesis y posteriores procesos metabólicos, los átomos de carbono del dióxido de carbono se vuelven parte de todas las moléculas orgánicas que conforman una planta. Por las cadenas alimentarias, los átomos pasan a los tejidos de otros organismos del ecosistema; sin embargo, no es probable que el mismo átomo pase por muchos organismos en un solo ciclo, porque en cada paso hay muchas oportunidades de que el consumidor descomponga la molécula orgánica en la que se encuentra durante la respiración celular. Cuando esto ocurre, los átomos de carbono son devueltos al ambiente en moléculas de dióxido

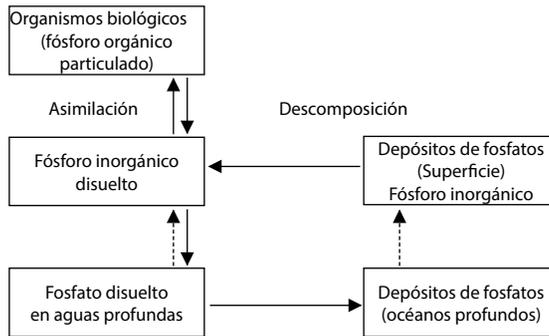
necesarios que proceden de los minerales de las rocas y los suelos. Nos concentraremos en el fósforo tanto por simplicidad como porque su escasez suele ser un factor limitante en numerosos ecosistemas. Este elemento se encuentra en varios minerales de las rocas y los suelos en la forma del ión inorgánico fosfato (PO_3^-). Como las rocas se desmoronan paulatinamente, liberan fosfato y otros iones. El fosfato se disuelve en el agua pero no pasa al aire. Las plantas lo absorben del suelo o de alguna solución acuosa y lo enlazan en compuestos orgánicos; entonces, recibe el nombre de fosfato orgánico, que, al avanzar por las cadenas alimentarias, se transfiere al resto del ecosistema. Al igual que con el carbono, en cada paso hay muchas probabilidades de que estos compuestos orgánicos se descompongan por respiración celular y que se libere fosfato inorgánico en la orina o en otras excretas, que puede ser absorbido de nuevo por las plantas para comenzar otro ciclo.

Hay una diferencia importante entre los ciclos del carbono y del fosfato. Dondequiera que se libere el dióxido de carbono, se mezclará y mantendrá su concentración en el aire, en tanto que el fósforo, que no tiene fase gaseosa, se recicla sólo si los desechos que lo contienen se depositan en el suelo del que vino. Y lo mismo es cierto para otros minerales. Desde luego, en los sistemas naturales los desechos (orina, detritos) se depositan en la misma área, de modo que el reciclaje ocurre en forma eficiente; pero los humanos son proclives en extremo a interrumpir el ciclo.

Un caso muy grave de interrupción por parte del hombre del ciclo del fósforo es la tala de bosques tropicales. Este ecosistema está sostenido por un reciclaje de nutrientes casi ciento por ciento eficiente y, si acaso, hay pocas reservas de nutrientes en el suelo. Cuando el bosque se corta y quema, los nutrientes almacenados en los organismos y los detritos son arrastrados en seguida por las lluvias copiosas y la tierra se vuelve improductiva. Otro efecto del hombre en el ciclo es que buena parte del fosfato de los cultivos se abre paso a las corrientes de agua, ya sea directamente, por deslave, o en forma indirecta en las aguas residuales. Como en esencia el fosfato no regresa del agua al suelo, este añadido da por resultado la fertilización excesiva de los cuerpos de agua, que a su vez origina un grave problema de contaminación conocido como eutrofización. Entre tanto, el fósforo que pierden los

campos de labranza se reemplaza con el que extrae la industria minera, lo que en última instancia hará que se agote el del subsuelo. Figura 3-44.

Figura. 3-44: Ciclo del Fósforo



Cuando el hombre utiliza estiércol, abono vegetal o fango de alcantarillado en cultivos, pastos y jardines, el ciclo natural se duplica; pero en la mayor parte de los casos no ocurre así, y los fertilizantes químicos que se aplican terminan lixiviados (pasados por agua) en las corrientes, lo que produce eutrofización.

El ciclo del nitrógeno. El ciclo del nitrógeno es característico; tiene aspectos del ciclo del carbono y del fósforo. La principal reserva de nitrógeno es el aire, que es 78 por ciento nitrógenos (N_2). Las plantas y los animales no pueden aprovecharlo directamente del aire, sino en forma mineral, como iones (NH^{+4}) de amonio o de nitrato (NO_3). Numerosas bacterias y cianobacterias (que contienen clorofila y solíamos llamar algas

Verdi azules) pueden convertir el nitrógeno en amonio, un proceso llamado fijación biológica del nitrógeno. En los ecosistemas terrestres, el más importante de estos organismos nitrificantes es una bacteria llamada *Rhizobium*, que vive en los nódulos de las raíces de las legumbres, la familia de las plantas que incluye a los chícharos (guisantes) y los frijoles. Se trata de otro ejemplo de simbiosis mutualista: la planta ofrece a la bacteria un lugar para vivir y alimento (azúcar), y gana a cambio una fuente de nitrógeno.

De las legumbres, el nitrógeno pasa a cualquier cadena alimentaria presente. En cada paso, como se observó, la respiración celular puede descomponer los compuestos nitrogenados, que regresan al suelo con

los excrementos y pueden ser asimilados por otras plantas. Así, luego de su fijación, el nitrógeno puede ser reciclado de manera similar al fósforo y otros minerales; sin embargo, el nitrógeno no permanece indefinidamente en esta “fase mineral” del ciclo, pues otras bacterias del suelo convierten poco a poco los compuestos en nitrógeno. Además, algo del nitrógeno suele entrar en el ciclo transformado en amonio por las descargas de los rayos, un fenómeno llamado fijación atmosférica del nitrógeno, y llevado a tierra por las lluvias. Se calcula que esta vía es de apenas el 10 por ciento de la biológica.

Todos los sistemas naturales, pues, dependen de los organismos nitrificantes; las legumbres, con sus bacterias simbióticas, son con mucho los más importantes. Las leguminosas comprenden una gran diversidad de plantas, entre las que se cuentan los tréboles (tan comunes en los pastizales), los arbustos del desierto y muchos árboles. Todos los principales ecosistemas terrestres, del bosque tropical al desierto y la tundra, tiene sus especies características de legumbres, que, además, suelen ser las primeras plantas que repueblan las áreas quemadas. Sin ellas, toda la producción se deterioraría gravemente por la falta de nitrógeno: se impediría la formación de proteínas, ácidos nucleicos y otros elementos esenciales para la vida. El ciclo del nitrógeno en los sistemas acuáticos es similar. Ahí, las cianobacterias son los nitrificantes más significativos. Figura 3-45 a y b.

Figura 3-45a: Proceso cíclico natural en el curso del cual el nitrógeno se incorpora al suelo y pasa a formar parte de los organismos vivos antes de regresar a la atmósfera.

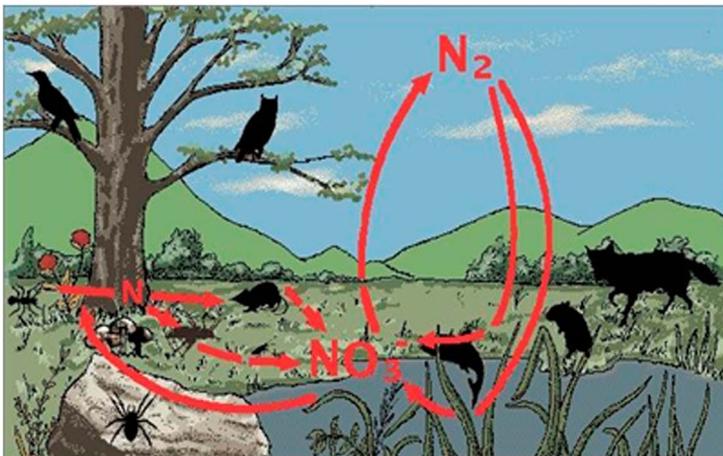
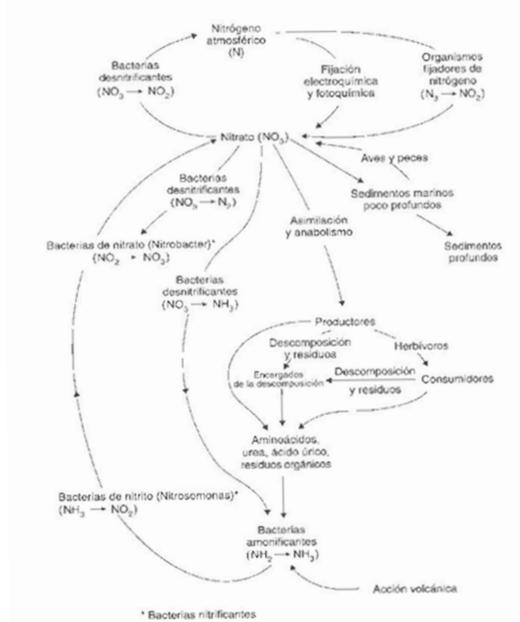


Figura. 3-45b: Ciclo del Nitrógeno



Sólo los seres humanos hemos sido capaces de superar la necesidad de legumbres para el cultivo de especies no leguminosas, como el maíz, el trigo y otros granos. Para ello fijamos el nitrógeno en fábricas químicas (fijación industrial del nitrógeno). Los compuestos sintéticos de amonio y nitrato son los principales constituyentes de los fertilizantes. Ahora bien, el uso intensivo de estos abonos químicos no carece de desventajas en lo que concierne a mantener la estructura de los suelos fértiles; por tanto, algunos agricultores vienen adoptando de nuevo el método natural de enriquecimiento del suelo de alternar la siembra de legumbres y de otras especies, es decir, la rotación de cultivos.

Aunque nos hemos concentrado en los respectivos ciclos del carbono, del fósforo y del nitrógeno, debe resultar evidente que hay ciclos del oxígeno, del hidrógeno y los demás elementos que tienen una función en los seres vivos. Asimismo, las vías que siguen son distintas, pero está claro que todas transcurren simultáneamente y se reúnen en los tejidos de los organismos.

Del estudio de estos ciclos podría parecer que cada elemento se recicla siempre al 100 por ciento, pero, de hecho, hay algunas pérdidas significativas; por ejemplo, las almejas, las ostras y otros organismos marinos retiran dióxido de carbono del ciclo para formar sus conchas, que son de carbonato de calcio (Ca_2CO_3). Los depósitos de este compuesto con el tiempo se convierten en materia caliza, con lo que los átomos de carbono quedan atrapados durante cientos de millones de años. Además, cantidades ingentes de carbono quedaron de lado hace millones de años en la formación de lo que hoy son nuestros combustibles fósiles.

Además, los volcanes descargan dióxido de carbono y otros gases. En una escala de millones de años, los lechos marinos se elevarán y el dióxido de carbono escapará, por lixiviación ácida, de la materia caliza. Los ciclos que acabamos de estudiar están vinculados con los ciclos geológicos de plazo mucho más largo; pero el equilibrio se mantiene al cabo de los milenios.

¿Vamos a trastornarlo con la quema de combustibles fósiles, que liberan dióxido de carbono en un periodo relativamente breve?

Segundo Principio: Aprovechamiento de la energía solar

Hemos visto que ningún sistema funciona sin suministro de energía, y esto es aplicable también para los seres vivos. Para todos los principales ecosistemas, terrestres y acuáticos, la fuente primera de energía es la luz solar que absorben las plantas verdes durante la fotosíntesis. (Las únicas excepciones son los sistemas cerca de los lechos oceánicos y las cuevas oscuras, donde los productores son bacterias que obtienen energía de la oxidación de sulfuro de hidrógeno y la emplean para producir compuestos orgánicos de manera similar a las plantas superiores. Este proceso se llama quimiosíntesis, porque se sirve de energía química en vez de la solar.)

El aprovechamiento de la luz del sol como fuente básica de energía es fundamental para la sostenibilidad, por dos razones: no contamina y es inagotable.

No contamina. La luz solar es una forma de energía limpia, pues carece de sustancias que puedan contaminar el ambiente. Toda la

materia y la contaminación que resultan de su producción se quedan convenientemente atrás, en el Sol, a 150 millones de kilómetros de distancia.

Inagotable. La producción de energía solar es constante, y no la afecta (mucho menos la agota) el qué tanto o tan poco se utilice en la Tierra. Para fines prácticos, el Sol es una fuente eterna de energía. Es cierto que los astrónomos nos explican que el Sol se acabará en otros 3 000 o 5 000 millones de años, pero tenemos que poner esta cifra en perspectiva. Un millar es apenas el 0.0001 por ciento de mil millones, de modo que a esta escala de tiempo, incluso el paso de los milenios, apenas se nota.

Para su sostenibilidad, los ecosistemas aprovechan la luz solar como fuente de energía. Luego de esta explicación, usted debe sentirse impresionado por la importancia de los nutrientes químicos y la luz como requisitos esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas; además, el régimen de lluvias y la temperatura (el clima) son los principales factores limitantes que determinan los biomas terrestres. Básicamente, esto se debe a que toda región por encima del agua recibe mucha luz y casi todos los suelos contienen pequeñas cantidades de nutrientes o los conservan por reciclado; por lo tanto, luz y nutrientes no suelen ser factores limitantes en la tierra firme. La situación es diferente en los ambientes acuáticos y marinos, donde privan como factores determinantes.

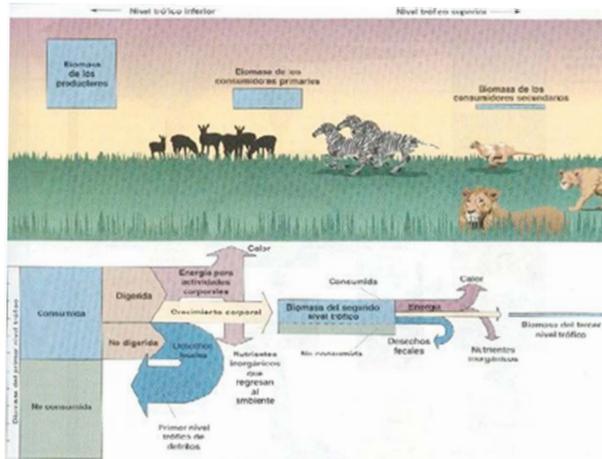
Tercer Principio: Prevención del pastoreo excesivo

Cuando se habla de la Pirámide de la biomasa (figura 3-27), hemos visto que los consumidores no logran un peso equivalente a lo que comen porque, primero, de 60 a 90 por ciento de los alimentos se descompone para liberar energía y, segundo, porque otra parte pasa sin ser digerida. Estos dos hechos bastarían para dar cuenta de la reducción de la biomasa en cada nivel trófico superior (la forma de pirámide); sin embargo, hay otra razón para la disminución que se observa, y es como sigue.

En las áreas de pastoreo es del todo evidente que si los animales comen hierba más rápidamente de lo que a esta le toma brotar, tarde o

temprano este alimento se agotará y los animales morirán de hambre. Esta situación se conoce como pastoreo excesivo.

Figura. 3-46: Disminución de la biomasa en niveles tróficos superiores. Este descenso se debe a tres hechos: (1) buena parte del nivel trófico precedente se mantiene como biomasa y no está disponible para consumo; (2) mucho de lo que se consume se descompone para liberar energía, y (3) algo de lo que se ingiere pasa de largo por el organismo.



Lo mismo es cierto en el caso de los carnívoros y las presas. Básicamente, la situación sostenible exige que, en promedio, el consumo no exceda la producción, de lo que se entiende que buena parte de los productores debe quedar indemne. Esta parte, o población, que no es consumida y que se mantiene intacta para continuar la producción se llama biomasa permanente. En los ecosistemas naturales, que son sostenibles, observamos que los consumidores no ingieren más que una pequeña proporción de la biomasa total disponible y que casi toda se queda como biomasa permanente (figura 3-46).

Para la sostenibilidad, el tamaño de las poblaciones de consumidores es tal que no hay pastoreo excesivo ni otros consumos en exceso.

A partir de estos principios, muchos estudiantes elaboran sus propios ecosistemas artificiales en botellas selladas, con diferentes grados de éxito. En Arizona se construyó Biosfera 2, un sistema artificial lo bastante grande para mantener personas.

Implicaciones para el hombre

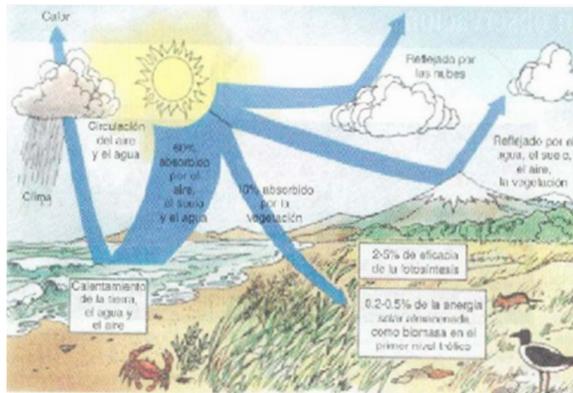
Se ha dicho que una parte importante de interés en el estudio de los ecosistemas naturales está en el hecho de que son modelos de sostenibilidad. También que si podemos dilucidar los principios de la sostenibilidad, quizá consigamos aplicarlos en nuestros propios esfuerzos por lograr una sociedad sostenible. Es importante advertir que descubrir y aplicar principios no es lo mismo que copiarlos; por ejemplo, las aves son modelos de la capacidad de volar, pero el hombre no ha conseguido volar imitándolas y, de hecho, los intentos en este sentido fracasaron. El vuelo se logró con el estudio de las aves y el descubrimiento de los principios de la propulsión y la dirección aerodinámicas. Al aplicarlos a las “máquinas hechas por el hombre”, no sólo logramos volar, sino que sobrepasamos con mucho la capacidad de las aves. Victor Hugo.- hay que redactar esta parte en tercera persona impersonal.- debido a que es una reflexión personal

Lo contrario también es cierto. Seguir corriendo por un camino que se aparta de los principios básicos, sea por ignorancia, arrogancia o tontería, sin duda acarrea problemas y tal vez algo mucho peor. Innumerables desastres se deben a la incapacidad de las personas de prestar la atención debida a los principios de la ingeniería, la física, la química.

A diferencia del notable reciclado que se observa en los ecosistemas naturales, hemos erigido nuestro sistema humano, en buena parte, sobre la base de un flujo en un solo sentido de los elementos. Ya se explicó explicamos que el fosfato fertilizante, que se extrae de depósitos, termina en los ríos de las vertientes con las emisiones del tratamiento de las aguas residuales. El mismo flujo unidireccional puede apreciarse en el caso de metales como el aluminio, el mercurio, el plomo y el cadmio, que son los “nutrientes” de nuestra industria. En un extremo, se extraen del subsuelo; en el otro, terminan en vertederos y rellenos sanitarios, cuando se desechan los artículos que los contienen.

¿Es de asombrarse que haya problemas de agotamiento en un extremo y de contaminación en el otro? (figura 3-47). En realidad, en este momento los problemas de contaminación son más importantes. La Tierra posee vastos depósitos de casi todos los minerales, pero

Figura. 3-48: De toda la energía solar que llega a la Tierra, 30 por ciento lo reflejan las nubes, el agua y las superficies terrestres. El restante 60 por ciento es absorbido y calienta suelos, aguas y aire. Este calentamiento causa evaporación, así como la circulación del aire y el agua, lo que da por resultado el clima. La vegetación absorbe solo el 10 por ciento de energía (desde luego, los porcentajes varían mucho con los ecosistemas, la estación del año y la ubicación). Dada la poca eficacia de la fotosíntesis, apenas entre dos y cinco por ciento del 10 por ciento que absorbe la vegetación (del 0.2 al 0.5 por ciento del total de la energía solar) se almacena como biomasa en el primer nivel trófico, pero esta cantidad sostiene al resto del ecosistema. Se ha calculado que sólo el 0.1 por ciento de la luz solar que llega a la superficie de la Tierra bastaría para satisfacer todas las necesidades del hombre y no afectaría la dinámica de la biosfera.



De nuevo, el problema más imperioso relacionado con el consumo de estos combustibles es la capacidad limitada de la biosfera de absorber los subproductos de desecho que resultan de la combustión. Los problemas del aire, como el smog de las ciudades, la lluvia ácida y la posibilidad de calentamiento global, son secuelas de estos subproductos. También van apareciendo en el horizonte problemas de agotamiento, en particular del petróleo. Por esta razón casi todos los que se preocupan por la sostenibilidad son también partidarios de la energía solar, que es abundante en extremo. De igual importancia es que tenemos la tecnología para satisfacer la mayor parte de nuestras necesidades energéticas a partir de la luz solar y de las fuerzas que ella origina, como la de los vientos.

Hemos visto que los ecosistemas naturales mantienen una biomasa permanente para asegurar la producción. Incluso una ligera familiaridad con los problemas de la pérdida mundial de la biodiversidad, la deforestación de los bosques tropicales, el exceso de

pesca en los océanos y el pastoreo excesivo en las zonas ganaderas o cualesquiera otros ejemplos de abuso basta para mostrar que no respetamos el tercer principio.

Ni siquiera es difícil averiguar las causas de los excesos: las exigencias de una población humana que crece con rapidez y el aumento del consumo per cápita. La población mundial ha crecido más de seis veces en los últimos 200 años y sigue haciéndolo a un ritmo de casi 88 millones de habitantes por año, 10 veces más rápidamente que en el siglo XIX.

¿Comprende que el éxito o el fracaso de los esfuerzos por estabilizar la población tendrán profundas implicaciones en cuanto a la sostenibilidad?

La necesidad de estabilizar la población adquiere aún mayor importancia si consideramos otra tendencia: el aumento en el consumo per cápita. Con el mismo sistema humano, mejor vida significa más consumo de casi todo. Un caso particular es el gusto de los seres humanos por la carne; el aumento en su consumo es una tendencia que crece a la par que la riqueza en todos los países observados. A causa de los principios que fundan la pirámide de la biomasa, se necesitan unos 10 kilos de granos para conseguir un kilo de carne [más para la de res, menos para la de pollo]; entonces, por cada unidad de aumento en el consumo de carne, hay un incremento 10 veces mayor en la demanda de producción vegetal y en el uso del suelo, los fertilizantes, los pesticidas, la energía y la contaminación. Desde luego, lo contrario también es cierto, descender un nivel trófico alivia las exigencias en proporción. Las implicaciones de esto son profundas si considera que, sólo en Estados Unidos, la mitad de las hectáreas cultivadas producen alimento para animales.

Esta breve evaluación del nuestro sistema humano en relación con los principios de sostenibilidad muestra que se ha hemos fallado por un buen margen en dar en el blanco y que se puede ver que los problemas ambientales que se encara encaramos tienen secuelas cada vez más graves. Se debe Debemos servirnos servir de la conciencia de las nuestras circunstancias actuales como guía de las direcciones que haya que emprender para llegar a un futuro sostenible.

Modelos de Ecosistemas.

Este aspecto se empezará describiendo versiones simplificadas que abarquen solamente las propiedades y funciones básicas; puesto que, en ciencia, las versiones simplificadas del mundo real se denominan modelos. Un modelo es una formulación simplificada que imita fenómenos del mundo real, de tal modo que pueden comprenderse o predecirse situaciones complejas. En su forma más simple, los modelos pueden ser verbales o gráficos, esto es, integrado por declaraciones concisas o por representaciones gráficas; pues, dicha formulación va a desempeñar un papel, cada día más trascendente, en las alternativas que fundamentan decisiones, en relación con el impacto de las actividades del hombre en el medio ambiente que le rodea. Un modelo funcional de una situación ecológica tendría en la mayoría de los casos cuatro componentes:

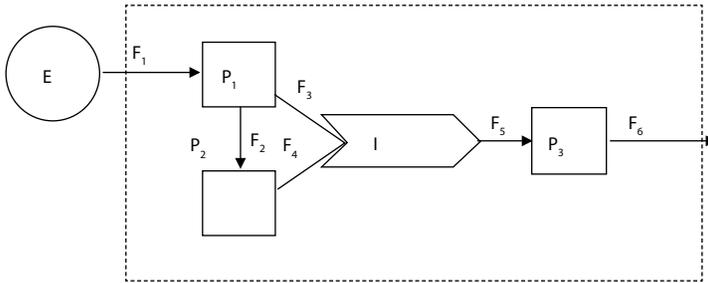
- 1) Propiedades (variables de estado),
- 2) Fuerzas (fuerzas impulsoras), las cuales son fuentes de energía exteriores o fuerzas casuales que impulsan el sistema,
- 3) Trayectorias de flujo que indican hacia dónde fluye la energía o la transferencia de materiales, enlazando propiedades entre sí y con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

La figura 3-49 señala cómo estos componentes pueden unirse en un diagrama del modelo diseñado para imitar alguna situación del mundo real. Se indican dos propiedades P_1 y P_2 que actúan entre sí en I para producir o vincular a una tercera propiedad P_3 , cuando el sistema es conducido por una función impulsora E. Además, se muestran seis trayectorias de flujo, en donde F_1 representa la entrada y F_6 la salida del sistema en conjunto.

Este diagrama podría servir como modelo para representar la producción de smog fotoquímico del aire sobre una ciudad. En este caso P_1 representaría hidrocarburos y P_2 óxido de nitrógeno, ambos provenientes del tubo de escape de los automóviles. Bajo la fuerza impulsora de la energía solar E, las propiedades P_1 y P_2 actúan entre sí para producir smog fotoquímico P_3 . En este caso la función

interactiva I, es una función combinada o aumentativa, en que P_3 es un contaminante más serio para el hombre que P_1 y P_2 por sí solos.

Figura 3-49: Diagrama de un sistema que muestra los cuatro componentes básicos de interés primario en la construcción de modelos de ecosistemas.



E: Fuerza impulsora
P: propiedades
F: flujo
I: Interacciones

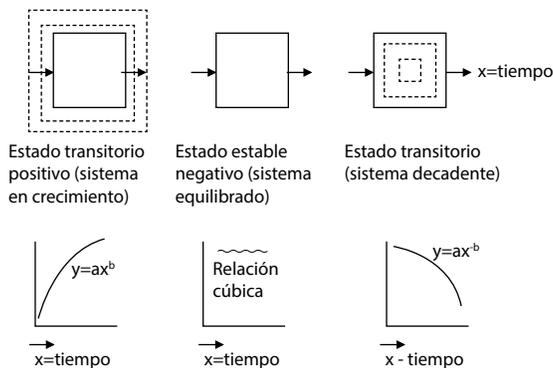
La figura 3.49, también podría representar un ecosistema de pradera, en el que P_1 son los vegetales que convierten la energía solar E en alimento. P_2 podría representar a un animal herbívoro que come plantas y P_3 un animal omnívoro que puede comer ya sea herbívoros o plantas. En este caso, la función de interacción I representaría a varias posibilidades. Podría ser un conmutador “sin preferencia” si las observaciones, en el mundo real, indicaran que el omnívoro P_3 se alimenta de P_1 y P_2 indistintamente, con base en la disponibilidad de ambos. O bien, I podría especificarse como un valor porcentual constante, si se encontrara que la dieta de P_3 estaba compuesta, 80% de vegetales y 20% de herbívoros sin considerar la condición de P_1 y P_2 . Estos ejemplos, demuestran la enorme versatilidad del modelo construido, ya que no solamente proporcionan versiones simplificadas del mundo real que nos ayudan a entenderlo, sino que, además, establecen pruebas sobre casos hipotéticos para formular preguntas acerca del impacto del hombre sobre un ecosistema.

Los ecosistemas son capaces de un autodesarrollo que puede incluir procesos como: programación interna o inducida 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. También es importante conocer en especial, si

un ecosistema se halla en estado de cambio o estable para así, prever condiciones futuras y tener la capacidad de juzgar si dicha condición futura es el resultado de un proceso natural o de una perturbación causada, quizá por el hombre. Por el momento, se considera un ecosistema como una unidad que podría representarse como un simple rectángulo en un diagrama, llamado caja negra, la que es posible definir como: “Una unidad cuyas funciones pueden evaluarse sin especificar el contenido interno”. La figura 3-50 muestra “diagramas de caja” de los tres estados en que podría estar un ecosistema, en relación con un cambio anticipado con el tiempo. El estado transitorio positivo, o, sistema en crecimiento, se caracteriza por el exceso de entrada sobre el de la salida (los grosores de las flechas indican la entrada y la salida), el cual se utiliza para agregarlo a la estructura interna o para hacer el sistema más grande. El estado transitorio negativo o sistema decadente es aquel en el cual sale más de lo que entra, de tal modo que lo almacenado y las partes, se utilizan más rápido de lo que pueden ser reemplazadas y el sistema viene a ser más pequeño o menos activo. En la parte media de la figura, se muestra un sistema de estado estable en el que la entrada y la salida están equilibradas.

Un campo recién sembrado o una charca reciente en donde los organismos inician la colonización, son ejemplos de ecosistemas de crecimiento. Un tronco caído es un 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”.

Figura 3- 50: Cibernetica elemental de un ecosistema; los tres “estados del sistema” en términos de su cambio en el tiempo.



Una floresta madura o el océano, que no cambian de apariencia general y de estructura año con año durante un largo tiempo, pueden considerarse como sistemas de estado estable, ya que los árboles y otros componentes son reemplazados, en promedio, en la misma proporción según mueren o son dispersados.

El hecho de que un ecosistema se encuentre en estado estable no significa que esté inactivo. Un bosque maduro, extenso, al igual que un gran elefante adulto tiene un tremendo metabolismo y requiere de un flujo de energía para sostenerlo. Es probable que no exista algo como un “estado firme” del estado estable, ya que pueden verse fluctuaciones incluyendo ciclos estacionales o anuales. También las enfermedades y las tormentas frecuentemente causan retrocesos a los que siguen periodos de crecimiento y de recuperación, razón por la cual, se utilizó una línea ondulada en lugar de una línea recta, para representar el estado estable del ecosistema.

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.

Principales tipos de ecosistemas con base en fuente y nivel de energía

Por ser la energía un común denominador muy importante en todos los ecosistemas, diseñados ya sea por la naturaleza o por el hombre, proporciona un fundamento para lo que podría llamarse clasificación de primer orden. La fuente y la cantidad existente de energía determinan en mayor o menor grado, el tipo y el número de organismos y la ruta de los procesos funcionales y del desarrollo. Por lo tanto, el conocimiento de la energética de un ecosistema, es siempre de importancia primordial para entender cabalmente sus propiedades.

Los ecosistemas dependen de dos tipos principales de energía, la solar y la producida por combustibles químicos (o nucleares), de tal modo que es posible distinguir entre sistemas impulsados por el sol e impulsados por combustibles, en lo que se refiere a la fuente principal que entra al sistema, teniendo en mente que en cualquier situación

dadas ambas fuentes pueden ser utilizadas. Aun cuando la energía solar total que se recibe sobre la tierra es enorme, es importante hacer notar que la radiación solar, en términos de área, es una fuente de energía diluida, ya que solo una pequeña parte es utilizada por los organismos. En contraste, el combustible puede proveer una fuente muy concentrada en términos de conversión de trabajo útil dentro de un área reducida.

Una clasificación del ecosistema basada en la energética se esbozará, junto con la estimación del orden de magnitud en kilocalorías (kcal.) del rango utilizado por metro cuadrado por año; aquí los diferentes tipos de ecosistemas.

Ecossistemas naturales no subsidiados, impulsados por energía solar

Estos sistemas que en parte o totalmente dependen del sol, denominados categoría 1, no son subsidiados en el sentido de que hay o apenas existe, una reducida fuente auxiliar de energía para incrementar o complementar la suministrada por la radiación solar. El dominio pelágico, extensos trechos de bosques de zonas altas, los lagos extensos y profundos, los océanos son ejemplos de este tipo de ecosistemas. Con frecuencia, éstos se hallan sujetos a otras limitaciones como son carencia de nutrientes o de agua. Por lo general, tienen poca productividad, es decir, la capacidad para realizar trabajo y el impulso energético que reciben es bajo. Los organismos que forman parte de estos sistemas han producido adaptaciones notables para vivir y usar con eficiencia la escasa energía y otros recursos.

En estos ecosistemas naturales, difícilmente podrían mantener una alta densidad de población humana, no obstante, son en extremo importantes, por su enorme amplitud. Desde el punto de vista de interés humano, estos ecosistemas deben ser altamente valorados para el sostenimiento de la vida, el cual suministra una estabilidad homeostática para la nave espacial llamada Tierra. Es ahí donde se purifican grandes volúmenes de aire, donde el agua realiza su ciclo, donde se controla el clima y el estado del tiempo y donde otros fenómenos útiles se llevan a cabo. Una parte del alimento humano y de fibras textiles necesarios se producen también como producto extra sin costo económico o esfuerzo administrativo para el hombre. Por supuesto que esta evaluación no

incluye el inapreciable valor estético intrínseco en la admiración del océano o la grandeza de un bosque silvestre o el plausible deseo cultural de contar con espacios abiertos. Su flujo anual de energía (a nivel de trabajo realizado), está entre 1 000 y 10 000 kcal./m²

Ecosistemas naturales subsidiados, impulsados por energía solar

En este marco el subsidio de energía, es una fuente auxiliar, que reduce la unidad de costo del auto mantenimiento del ecosistema, y ahí se incrementa la cantidad de energía solar que puede convertirse en materia orgánica producida. La parte costera de un estuario constituye un ejemplo de este tipo de ecosistema natural subsidiado por la energía de los mares, de las olas y corrientes. Puesto que el vaivén en el flujo de agua participa en la reposición de nutrientes minerales y en el transporte de alimentos y desechos, los organismos en un estuario son capaces de concentrar sus esfuerzos, en una conversión más eficaz de la energía solar en materia orgánica. Siendo realistas, se puede decir, que los organismos en los estuarios están adaptados para utilizar la fuerza energética de la marea.

En consecuencia, los estuarios tienen tendencias a ser sistemas más fértiles que, por ejemplo, una área adyacente de terreno o charca que reciben la energía solar, pero no reciben el beneficio de la marea o de otro subsidio de energía producido por el flujo de agua.

Los subsidios energéticos que acrecientan la productividad pueden ser de otro tipo, por ejemplo, el viento y la lluvia en las selvas tropicales, el agua corriente de un riachuelo o la materia orgánica y los nutrientes que llegan al cuerpo de agua proveniente de su cuenca o área de escurrimiento. Con estas características su flujo anual de energía esta entre 10 000 y 40 000 kcal./m²

Ecosistemas humanos subsidiados, impulsados por energía solar

El hombre aprendió tempranamente a modificar y subsidiar la naturaleza para su propio beneficio y ha progresado en forma notable la habilidad para elevar la productividad encaminada en gran parte

a la obtención de alimentos y fibras vegetales que sean fácilmente cultivables, procesables y de amplio uso.

La agricultura (cultivo de especies terrestres) y la acuicultura (cultivo de especies acuáticas) son ejemplos principales de esta categoría. Altos rendimientos de alimento se mantiene la entrada de grandes cantidades de combustible al sistema, utilizando en labores de cultivo, riego, aplicación de fertilizantes, selección genética y control de plagas.

De modo que el uso de la maquinaria agrícola o la actividad de los animales de labranza o la del hombre, casi representan una entrada energética semejante a la solar y puede medirse en calorías o como caballos de fuerza desplegados. Como. Odum (1971) ha expresado apropiadamente que el pan, el arroz, las papas, etc., que alimentan a multitud de personas, “están hechas en parte de petróleo”. El combustible suministrado por el hombre y por las sustancias químicas lleva acabo la mayor parte de las tareas de protección y mantenimiento, mismas que, en el caso de vegetales silvestres, se llevarían a cabo mediante el gasto de la propia energía de éstos, los vegetales cultivables son capaces de convertir la mayor parte de energía solar en grano.

La pericia del hombre para aumentar la conversión natural de energía solar en alimento mediante la selección genética tiene cierto paralelismo con los mecanismos de la naturaleza y ha detenido, al menos temporalmente, la hambruna en algunas partes del mundo. La productividad de trabajo realizado de estos ecosistemas se compara con el número 2, y el flujo anual de energía esta entre 10 000 y 40 000 kcal./m² .

Sistema urbano-industrial, impulsado por combustible

También conocidos como sistemas urbano industriales. En estos una gran cantidad concentrada de energía potencial de los combustibles, reemplaza, más que complementa, la energía solar. Las ciudades se administran actualmente de tal modo que la energía solar, no sólo es aprovechada, sino que se convierte en una molestia costosa, ya que calienta el concreto de las construcciones, contribuye a la generación del smog y, como éstas, hay muchas otras situaciones.

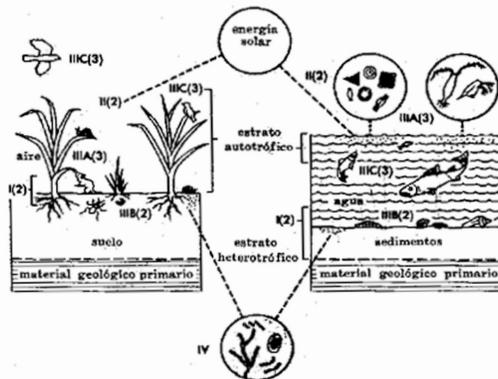
Aquí se considera el alimento, producto de los ecosistemas impulsados por la energía solar, como un factor externo al sistema ya que en su mayor parte proviene del exterior de la ciudad. A medida que el combustible es

más caro, es probable que el interés del hombre para utilizar la energía solar se incremente, anticipando a un nuevo ecosistema: “ciudades impulsadas por combustible, subsidiadas con energía solar”.

Es necesario subrayar dos propiedades de este tipo de ecosistemas, primero, hay que tomar nota de los enormes requerimientos energéticos por parte de un área urbano industrial densamente poblada, es por lo menos dos o tres veces mayor el flujo de energía que mantiene la vida en los ecosistemas impulsados por energía solar, sean naturales o seminaturales; esta es la razón, de que mucha gente pueda vivir reunida en un espacio reducido. La cantidad de kilocalorías por metro cuadrado que fluyen anualmente en una ciudad industrial, está entre los 100 000 y 3 000 000 de kcal/m₂.

La segunda propiedad que se subraya, es que este ecosistema, en contraste con los naturales impulsados por la energía solar, es un ecosistema incompleto o dependiente en términos de mantenimiento vital, ya que no produce alimento, asimila muy pocos desechos y recircula solo una porción reducida del agua y de otros materiales necesarios; en tanto que la mayor parte de la energía que lo impulsa proviene del exterior, con frecuencias de grandes distancias.

Figura 3.51 Tipos de ecosistemas: Ecosistemas autotróficos impulsados por energía solar. Comparación de la estructura general de un ecosistema de pradera y uno acuático (ya sea de agua dulce o marino). Las unidades necesarias de carácter funcional son: I sustancias abióticas (compuestos inorgánicos y orgánicos básicos). II productores (vegetación, sobre la tierra y fitoplancton en el agua). III macro consumidores o animales: (A) herbívoros directos, o que pastan (chapulines, roedores etc., sobre la tierra; zooplancton, etc., en el agua); (B) consumidores indirectos o detritívoros o saproviotas (invertebrados del suelo, en la tierra; invertebrados del fondo en el agua); (C) los carnívoros superiores (halcones y peces grandes). IV desintegradores, bacterias y mohos de la materia en descomposición.



Ecosistemas controlados por el hombre

Normas para la acuicultura orgánica

Generalidades:

Los cultivos orgánicos se definen como la práctica de la agricultura de una forma natural, de forma más explícita en el uso de productos naturales aplicados a las siembras como son los abonos, venenos para fumigaciones, etc.

El ministerio de Agricultura de Estados Unidos de Norte América define a los cultivos orgánicos como: "la agricultura apropiada para las particularidades de los ecosistemas en los que se desarrolla y con los cuales guarda una relación armoniosa"

Se puede decir que los cultivos orgánicos son una forma de practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos de la naturaleza; ya que esta se basa en productos naturales procedentes de los seres vivos, concede riqueza nutricional al suelo.

Ventajas

Los cultivos orgánicos proponen alimentar los microorganismos del suelo para que estos a su vez de manera indirecta favorezcan a las plantas, esto se realiza mediante la adición de ciertos desechos naturales: estiércol de animales, desechos urbanos compostados, rocas minerales, etc.

*Mejora la calidad orgánica del suelo, facilitando la penetración del agua y las raíces por los poros que se forma en el suelo.

*Incrementa la retención de humedad

*Mejora la actividad biológica.

*Disminuye los precios de los abonos y el costo de producción.

Consejo

Para acabar con los problemas una alternativa viable es utilizar la agricultura orgánica como medio de producción, esto reduciría

notablemente en impacto ambiental producido por las químicas agropecuarias.

En estos momentos las personas del mundo deben pensar en la destrucción causada a partir de la agricultura química, por en la actualidad la población prefiere consumir alimentos más naturales y saludables como son los del resultado de la producción de la agricultura orgánica.

Cultivo de camarón en piscinas (camarón blanco occidental

Litopenaeus vannamei y otros)

Protección del manglar

a. Las comunidades de plantas en los manglares deben ser considerados de extrema importancia para el ecosistema esto es como plataforma de crianza para las especies marinas, que a su vez están desapareciendo a nivel mundial a una velocidad alarmante debido a las actividades humanas.

Por lo tanto, no está permitido remover o dañar los bosques de manglar para la construcción o expansión de las camaroneras. Cualquier medida llevada a cabo por la granja camaronera o bajo petición de la misma que pueda de alguna manera afectar al bosque del manglar adyacente debe ser denunciada a la autoridad competente.

b. Las granjas camaroneras (sean independientes o unidades dentro de una producción coherente) que en parte ocupen áreas que previamente hayan sido manglar, pueden convertirse a la acuicultura orgánica según las normas de Naturland si es que el área previa de manglar no excede del 50% del total del área de la granja. Sin embargo, un prerrequisito es que la remoción del manglar haya ocurrido antes de que la ley de protección del manglar haya sido emitida.

El área previa del manglar de propiedad de la granja camaronera deberá ser reforestada en al menos un 20% durante el periodo máximo de 5 años, caso contrario, la cosecha de esta área no puede ser etiquetada como producto orgánico ni ser vendida como tal hasta que un comité de certificación confirme que la reforestación se ha completado exitosamente.

c. La distancia entre las áreas de producción orgánica y las de producción no orgánica u otras posibles fuentes de polución debe ser suficiente para garantizar que se disminuya el riesgo de contaminación.

Protección del ecosistema.

a. La calidad del agua de los afluentes (amonio, demanda biológica de oxígeno, oxígeno disueltos, fosfatos, sólidos en suspensión) deben ser monitoreados mensualmente y registrada por la granja camaronera.

b. Deben tomarse medidas adecuadas para minimizar el flujo de salida de nutrientes y/o de sólidos suspendidos, especialmente durante la cosecha. Los sedimentos orgánicos deben ser removidos regularmente de los canales y deben ser llevados a una utilización adecuada (por ejemplo fertilizante para unidades agrícolas).

c. Las áreas de agricultura adyacente no deben ser influenciadas negativamente por la filtración de aguas salinas de las piscinas. Si existieren indicios de efectos adversos a las áreas de agricultura (por ejemplo bordes amarillentos en las plantas), se deberán tomar medidas preventivas adecuadas (por ejemplo construcción de canales de drenaje, plantaciones resistentes a la sal, montes de crecimiento alto, etc.).

d. Con el fin de estabilizar/mejorar el ecosistema y la dinámica natural del área de granja, todas las pendientes y cimas de los diques deben ser cubiertas por plantas en lo posible.

La extensión de la cubierta de las plantas debe ser al menos el 50% del área total de diques. Esto deberá alcanzarse en un máximo período de tres años.

Las especies de plantas recomendadas son por ejemplo árboles de leguminosas (algarrobo), sábila y otros para topes de diques, especies de manglar, hierbas semi- acuáticas y montes flotantes para la parte baja de las pendientes.

Se exceptúan las granjas situadas en áreas originalmente libres de vegetación (dunas y desiertos).

e. Con el fin de tener un manejo anti depredador económicamente efectivo y ecológicamente adecuado, deberán elevarse registros de los predadores salvajes, pérdidas estimadas de cosechas y tipos de medidas preventivas. Se recomienda los esfuerzos de criar patos en las piscinas, que alejan a las aves intrusas de su territorio de crecimiento.

Los animales nativos (hormigueros, iguanas, aves acuáticas migratorias, gatos salvajes) que vivan permanente o temporalmente el área de la granja deberán ser protegidos como indicadores de un ambiente sano.

f. Los peces no deseados en las piscinas serán regulados solamente por medios mecánicos (por ejemplo redes, barrederas) o por la aplicación de ictiocidos naturales de hierbas (por ejemplo barbasco y saponina).

El uso de herbicidas y pesticidas sintéticos no será permitido en el área de la camaronera.

g. Deberá prevenirse que se suelten sustancias tóxicas u otras sustancias dañinas a las piscinas, canales y bancos. Esto se refiere en especial a la instalación y manejo de las estaciones de bombeo (por ejemplo derrame de crudo), de cosecha, así como a las condiciones higiénicas en general de la camaronera.

Especies de origen de las semillas

a. Para el cultivo marino o de agua salobre solamente servirán como semilla las especies nativas. Se puede solicitar el cultivo de especies de agua dulce *Macrobachium rosenbergi* fuera de su distribución geográfica natural, si se prueba detalladamente su necesidad.

Se recomienda la diversificación de las especies cultivadas. Esto se puede lograr mediante sistemas de policultivo (por ejemplo camarón – tilapia – patos) o mediante la producción de diferentes especies de crustáceos (por ejemplo *macrobachium*, *litopenaeus*).

b. Es un objetivo declarado, volverse completamente independiente de la captura de postlarva salvaje (PL) o semilla de cría (Brood-stock) y utilizar solamente semilla obtenida a través de la reproducción controlada (domesticación).

Crianza

a. La reproducción en laboratorios deberá llevarse a cabo de la manera más natural posible. Por lo tanto, se preferirán las medidas más gentiles y no mutilatorias para la obtención de la larva (por ejemplo mejorar la

madurez reproductiva a través de un régimen alimenticio especial; reemplazar la inseminación artificial por el apareamiento natural).

Este tipo de medidas alternativas deberá llevarse a cabo como un primer paso, con al menos 10% de los individuos mantenidos en el lugar para propósitos de crianza.

b. Se recomienda las medidas para enriquecer el ambiente larvario (esto es, brindando sustratos especiales) y para aumentar la productividad en los tanques de desove y semilleros (cultivo de organismos alimenticios).

c. La salud de las larvas será salvaguardada a través de medidas preventivas. La aplicación de medicina convencional es permitida solo por un tiempo limitado para las larvas mantenidas bajo condiciones de laboratorio; ésta seguirá a un diagnóstico adecuado (considerando la resistencia al estado de patógenos) y prescrita por una institución científico/biológico.

No está permitido el uso rutinario o aplicaciones profilácticas de medicina convencional.

Diseño, calidad del agua, densidad de semilla en las piscinas de crecimiento

a. Se deberán realizar los esfuerzos necesarios para apoyar el comportamiento natural de pasturaje del camarón, mediante un diseño adecuado de las piscinas (por ejemplo, proveyendo sustratos para así aumentar la superficie apropiada para el crecimiento de algas bénticas/diatomeas como fuente de alimentación dominante).

b. No está permitido calentar, oxigenar o airear las piscinas permanentemente. Se permite los sistemas de respaldo para uso temporal solo bajo condiciones ambientales extremas.

c. Con el fin de disminuir el consumo de energía así como los nutrientes, deberán llevarse a cabo los esfuerzos necesarios para reducir en lo posible al mínimo los intercambios de agua.

Los periodos de bombeo deben limitarse a la marea alta y deberán evitarse las tuberías protuberantes con el fin de disminuir el consumo de energía.

d. Una densidad provisional de semilla máxima es de 20 animales/m² (en el punto de cosecha).

Salvaguardando la salud e higiene en las piscinas de crecimiento (grow -out ponds)

a. Deberá ponerse énfasis en las medidas preventivas (esto es: origen controlado de la larva, monitoreo de la calidad de agua y condiciones ecológicas de la piscina). Está permitido la aplicación/cultivo de microorganismos probióticos (no modificados genéticamente).

b. El estado de salud de los animales debe monitorearse y documentarse en una base regular. Deberán hacerse esfuerzos especiales para detectar la correlación entre las medidas de manejo, la manifestación de enfermedades virales razones de mortalidad, crecimiento individual y desarrollo resultado de la biomasa.

c. El tratamiento del camarón con antibióticos, sustancias quimioterapéuticas y otras comparables no están permitidos en las piscinas de maduración.

d. Después de la cosecha, el fondo de las piscinas deberá tener suficiente tiempo para secarse. Se deberá permitir que las aves acuáticas se alimenten con los remanentes de peces e invertebrados en el fondo de la piscina que se está secando y que a su vez fertilicen con su excremento.

Se deberá considerar medidas adicionales para la recuperación del suelo de las piscinas después de varios ciclos de producción (por ejemplo: cosecha, arado, cultivos intermedios como por ejemplo *Salicornia*).

Fertilización de las piscinas de crecimiento

Se permiten contribuciones suplementarias de fosfatos (como fosfato crudo de fuentes naturales). La cantidad total de fertilizantes deberá ser limitada en primera instancia a la calidad de agua de los afluentes.

Alimentación en las piscinas de crecimiento

a. Deberán llevarse a cabo esfuerzos hacia la reducción de la alimentación externa de las piscinas para que respectivamente se aumente la importancia de la alimentación natural (fito, zooplancton). Por lo tanto se tendrá un registro llevado a cabo de forma muy cuidadosa, para así poder calcular el índice de conversión de alimentos (FCR: Feed conversion rate). Adicionalmente, el contenido de harina de pescado así como el total del contenido de proteínas del alimento deberá ser reducido en lo posible. Se fijarán niveles máximos provisionales: 20% para el contenido de harina/aceite de pescado y 25% para el total de proteínas.

Comida de origen convencional usada en particular para aumentar el contenido proteico, se permite hasta en un 20% del total del alimento; dado que el alimento de una fuente orgánica certificada esté restringido.

b. En lo posible, todos los ingredientes vegetales del alimento deberán provenir de fuentes orgánicas certificadas, siempre que estén disponibles. Si se debe traer materiales de fuentes no orgánicas (convencional), deberá estar libre de pesticidas y otros residuos químicos, así como cosechas modificadas genéticamente.

c. El consumo de alimentos deberá ser monitoreado y documentado cuidadosamente con el fin de evitar la acumulación de sedimentos orgánicos debido a un exceso de alimentación. Se recomienda la aplicación del alimento en bandejas.

Cosecha y proceso

a. Antes de la cosecha deberán cesar la alimentación y la fertilización, como un mínimo de tres días.

El drenaje de las piscinas debe llevarse a cabo en la manera más cuidadosa/ lenta con el fin de no soltar cantidades descontroladas de sedimento orgánico en los canales. Se podrá utilizar alternativamente una barrera en el canal de drenaje para detener el fango. El estado de los sedimentos de las piscinas (tipo y cantidad) deben ser analizados

y documentados después de cosechar con la finalidad de optimizar las medidas de manejo.

b. Hasta el año 2001 se permitió el uso de meta bisulfito de sodio, para los productos de camarón comercializados con cabeza (Head-on). Durante este periodo el excedente de las soluciones de meta bisulfito no se debió soltar en los canales de la camaronera, sino que deberían mantenerse en tanques/piscinas de sedimentación hasta que alcancen un grado inofensivo por oxidación.

c. Se permiten los tratamientos con aditivos naturales basados en plantas para neutralizar los aromas no deseados (por ejemplo el causado por las algas verdeazuladas).

d. Las cabezas de camarón y otros residuos del proceso deberán llevarse a una reutilización adecuada. Debido a razones higiénicas no está permitido la alimentación con los residuos de la misma especie no tratada del proceso.

Aspectos sociales

a. El personal deberá estar entrenado con respecto con respecto a los principios básicos de la acuicultura orgánica. Al menos deberá haber una persona responsable y familiarizada con el contenido de estas normas que esté permanentemente asequible a la camaronera.

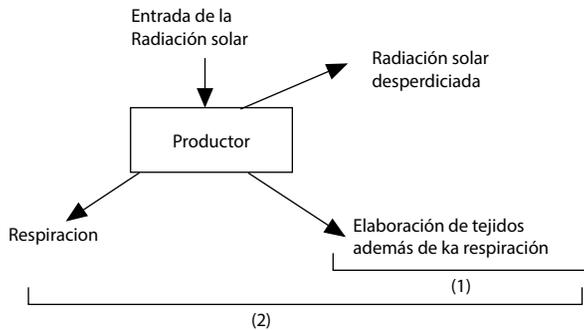
b. El operador de la camaronera tiene la responsabilidad de hospedaje así como de las condiciones de vida de los empleados que habitan permanente o temporalmente el área de la granja. Deberán sujetarse a las condiciones respectivas de la legislatura laboral.

c. De acuerdo con las autoridades municipales/regionales, el operador deberá permitir el libre acceso de los pescadores y otras personas interesadas en las aguas abiertas que circundan el área de la camaronera. En cualquier caso, deberán sujetarse a las normas legales.

Preguntas de autocontrol

1. ¿A qué se refieren los meso ecosistemas, micro ecosistemas y macro ecosistemas?

2. ¿Cuáles son los componentes de un ecosistema, desde el punto de vista general?
3. ¿De qué formas o maneras se pueden distinguir los componentes heterotróficos?
4. En cuanto a los organismos detritívoros, de acuerdo al estado de la materia orgánica muerta, indique los grupos que se distinguen en ellos.
5. Referente a los componentes abióticos, indique los grupos principales y su importancia en el funcionamiento del ecosistema.
6. ¿Qué sucedería si el sol irradiase energía a la Tierra con una longitud de onda de 12 micrones?
7. ¿Qué importancia tiene la fotosíntesis en el funcionamiento de los ecosistemas?
8. Describa la forma en que la energía queda a disposición de los animales.
9. ¿Cuando hablamos de energía, a qué nos referimos?
10. Defina la primera ley de la termodinámica.
11. ¿A qué se refiere la segunda ley de la termodinámica y cuáles son sus implicaciones en los ecosistemas?
12. ¿Las radiaciones solares son importantes para los seres vivientes de la tierra porque le proporcionan?
13. Describa la forma en que las plantas transforman la energía solar.
14. ¿De qué ley se deriva la siguiente aseveración: En cualquier ecosistema deben medirse todas las entradas y salidas de energía?
15. Defina el nivel trófico.
16. ¿Cuál es límite superior práctico del número de etapas que puede presentar una cadena alimenticia; por qué?
17. Describa y defina las necesidades humanas de energía interna.
18. Describa y defina las necesidades humanas de energía externa.
19. Indique el nivel trófico que ocupa el hombre?
20. ¿Qué es la productividad?
21. Mencione las principales fuentes energéticas con que contará el hombre en el futuro. ¿Qué problemas están relacionados con estas fuentes?
22. Marque en la figura la producción bruta y neta.



Preguntas generales de repaso

1. Defina y compare los términos: especie, población, comunidad biótica, factores ambientales abióticos, ecosistema.

2. ¿En qué se asemejan y en qué difieren la biosfera, los biomas, los ecosistemas y los ecotonos?

3. Identifique los componentes bióticos de su región.

4. Identifique y describa los componentes abióticos del bioma de su región.

5. Cite las tres principales categorías de organismos que componen la estructura biótica de los ecosistemas y explique la función que cumple cada uno.

6. Cite cuatro categorías de consumidores presentes en los ecosistemas y diga qué funciones desempeñan.

7. Señale las semejanzas y diferencias entre los saprofitos y los descomponedores en términos de lo que hacen, cómo lo hacen y los organismos que comprende cada categoría.

8. Todos los organismos se pueden clasificar en dos categorías. Nómbrelas y describa sus características.

9. ¿Cuál es la distinción entre cadenas alimentarias, redes o tramas alimentarias y niveles tróficos?

10. Describa tres asociaciones que no sean de alimentación.

11. ¿Cómo es la competencia entre especies diferentes de consumidores en los ecosistemas reducidos?

12. Haga una lista de cinco factores abióticos que influyan en los organismos. ¿Cuál es el efecto en una población si algún factor abiótico se desplaza del punto óptimo al límite de tolerancia y luego lo rebasa?

13. ¿Cómo determinan los factores limitantes la distribución de especies y la formación de ecotonos?

14. ¿Qué es el clima y cómo influye en la formación de los biomas?

15. ¿Qué son los microclimas y cómo influyen en la diversidad de especies de los ecosistemas?

16. ¿Qué factores además de los abióticos actúan como limitantes?

17. ¿Por qué fue la aparición de la agricultura un cambio decisivo en la historia de la humanidad?

18. ¿De qué modo el hombre ha superado los límites que tienden a mantener a los ecosistemas naturales dentro de ciertos confines?

19. ¿En qué se parece y en qué difiere el sistema humano de los ecosistemas naturales?

20. ¿Cuáles son los elementos clave de los seres vivos y dónde se encuentran en el ambiente? En cuatro casos, señale la molécula particular de la que viene cada uno.

21. Haga una descripción sencilla de lo que ocurre con los seis elementos clave en el curso del crecimiento y la descomposición. ¿Cuál es el “común denominador” que distingue a las moléculas orgánicas de las inorgánicas.

22. Enuncie las definiciones de materia y energía. Nombre las tres principales categorías de la materia y haga una lista de cuatro formas de energía cinética.

23. Dé cinco ejemplos de conversiones diferentes entre formas de energía cinética. Dé otros cinco ejemplos de conversión entre energía cinética y energía potencial.

24. Nombre las dos leyes de la energía y aplíquelas a la descripción de las cantidades y formas relativas de energía que participan en las conversiones que citó en la pregunta 4.

25. ¿Qué es la energía química? ¿Qué cambios de energía ocurren en la formación y la descomposición de moléculas orgánicas?

26. Explique la fotosíntesis en términos de lo que ocurre con los átomos específicos (materia), así como de dónde procede la energía y a dónde va. Haga lo mismo con la respiración celular.

27. La comida que ingieren los consumidores sigue tres vías. Explíquelas en términos de lo que ocurre con la ingesta y señale los productos y los subproductos de cada caso.

28. Defina y compare inanición y desnutrición; señale sus causas y consecuencias.

29. Compare y distinga a los descomponedores de otros consumidores en términos de los cambios que originan en la materia y la energía.

30. ¿Dónde se encuentran en el ambiente el carbono, el fósforo y el nitrógeno y cómo pasan por los organismos de regreso al ambiente?

31. ¿En qué forma la energía ingresa, cruza y deja los ecosistemas?

32. ¿Cuáles son los tres factores que dan cuenta de la disminución de la biomasa en los niveles tróficos superiores, es decir, de la pirámide de la biomasa?

33. ¿Qué es la biomasa permanente? ¿Qué implica en relación con las poblaciones de consumidores?

34. ¿Cuáles son los tres principios de la sostenibilidad de los ecosistemas?

35. Evalúe nuestro sistema humano de acuerdo con los principios de la sostenibilidad.

36. ¿Qué problemas ambientales resultan de no seguirlos?

37. ¿Qué direcciones recomienda para lograr la sostenibilidad?

Bibliografía consultada

- COOK, E. 2009. The flow of Energy in an Industrial Society. Scientific American. pp. 118-126.
- DAVIS, G. R. 2008. Energy for plant. Earth Scientific American. pp. 69-78.
- LEMNINGER, A.L. 2009. Bioenergetics. Menlo PARK, Cal: W. A. Benjamin, Inc. pp. 112-118.
- MARCILLO, E. , LANDIVAR, J. 2000. Tecnología de producción de alevines mono sexo y el ecosistema. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. pp. 22-38.
- MARGALEF, R. 2009. Ecología. Ed. Planeta. pp. 270-285.
- NATURLAND-Asociación para la Agricultura Orgánica. 20008. Normas para la Agricultura Orgánica. pp. 6-10.
- NEBEL, B.; WRIGHT. 2009. Ciencias Ambientales: Ecología y desarrollo sostenible. México. pp. 22- 66
- ODUM, H. T. 2009. Tropic structure and productivity of Silver Springs. Florida. Ecological Monograph. pp. 88-97.
- ODUM, E. 2007. Ecología: Vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales. Ed. Continental. México. pp. 275-290.
- OLIVER, Manuel. 2 002. Publicación artículo diario el Universo (21 de enero de 2002) 2da sección.
- ONDARZA, R. N. 2005. Ecología: El hombre y su Ambiente. Ed. Trillas. México. pp. 204-218.
- ONDARZA, R. N. 2006. Alternativas Para el incremento de la producción de alimentos. Seminario regional para la alimentación, rol de la

Química en el suministro de alimentos. Argentina. pp. 89-97.

- ONDARZA, R, N. 2008. Ecología, Ambiente y Salud.

México. pp. 262-280.

- ONDARZA, R. N. 2009. Implicaciones en el desarrollo urbano- industrial en el ambiente en América Latina y alternativas de solución. México. pp. 124-136.

- SELVA ANDRADE, C. 2007. El ecosistema y palabras claves. Ed... Albatros. Buenos Aires. pp. 32-48.

- SITARZ, Daniel. 2003. Agenda 21: The Earth Summit Strategy to Save Our Planet. Boulder, CO. pp 26- 32.

- VILLE, G, A., SALOMÓN, E, P., Y DAVIS, P. W. 2005. Biology. Filadelfia. pp. 76-89.

- WITTAKER, R. H. 2000. Communities and ecosystems. New York. pp. 94-106.

Biodiversidad y calentamiento global

*La megadiversidad de nuestro país es impresionante,
cuidémosla!*

Preguntas de autocontrol

- ¿Acaso la biodiversidad se refiere a la variabilidad de organismos, por qué?
 - ¿El Ecuador es Megadiverso, sin embargo de tener solo al 0.2% de superficie en el mundo, por qué?
 - ¿Por qué el calentamiento global tendrá consecuencias políticas?
 - Principales gases del efecto invernadero en el calentamiento global.

Objetivos:

Diferenciar los conceptos de biodiversidad y calentamiento global.

Identificar los factores que influyen en la Megadiversidad y Calentamiento global.

Describir adecuadamente los factores que ayudan a una contaminación ambiental

Contenidos

¿Qué es Biodiversidad?

- Niveles de la Biodiversidad y sus especificaciones.
- Valor de la Biodiversidad.
- La Biodiversidad en el Ecuador y sus tipos.
- Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador.
- Tipos de amenazas de la Biodiversidad en el Ecuador.
- Importancia económica de la Biodiversidad.
- Calentamiento global.
- Efecto Invernadero.
- El rol de los océanos en el Calentamiento Global.
- El Microplancton como herramienta paleoclimática.
- Desastre Global.
- Medidas de Prevención.
- Calentamiento global y Pérdida de la Biodiversidad.

Contenidos

¿Qué es la biodiversidad?

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, que hasta febrero del 2000 ha sido ratificado por 177 países, la biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos procesos ecológicos de los que forman parte; se refiere a los diferentes lugares y formas de vida que existen sobre la Tierra, tanto los naturales como los creados por el ser humano, por ejemplo los agros ecosistemas.

En primer lugar, como consta en su definición, incluye tres niveles: los genes, las especies y los ecosistemas.

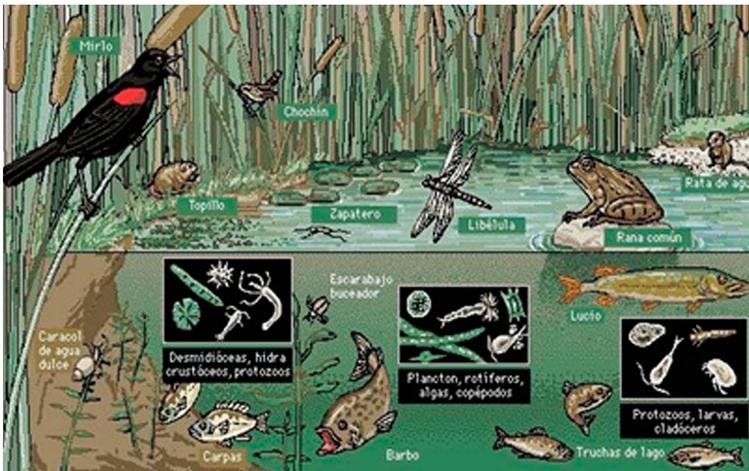
Pero además implica dos componentes: uno tangible (que incluye los recursos biológicos como la madera o la pesca), y otro intangible, ligado con los conocimientos, las innovaciones y las prácticas humanas asociadas con la biodiversidad (por ejemplo las técnicas agrícolas o los conocimientos científicos).

La definición se extiende hacia un tercer plano pues sus connotaciones están cruzadas también por valores. Estos son de tipo económico, ecológico, ético, cultural, social, científico, educativo, recreativo y estético, entre muchos otros.

La diversidad biológica se expresa generalmente en términos del número de especies que viven en un área determinada. Cerca del 75% de la biodiversidad del planeta está concentrada en apenas 17 países, los cuales son considerados mega diversos. El Ecuador se cuenta entre dichas naciones pero tiene una característica particular: abarca la menor superficie. Si se considera la biodiversidad como el número de especies por unidad de área, este país bien podría resultar el número uno en la lista mundial.

La megadiversidad de una nación sumida en una crisis socioeconómica se convierte de esta manera en un excelente recurso estratégico, pues ni está desprestigiada ni requiere ser inventada. Conocerla mejor y manejarla sustentablemente es una prioridad.

Figura: 4-52. Biodiversidad de un ecosistema



La bahía de Salango en la costa el volcán Antisana en la Sierra y el río Cuyabeno en la Amazonía son algunos ecosistemas del Ecuador continental.

Los tres niveles de la biodiversidad:

- Los Ecosistemas
- Las Especies
- Los Genes

Los ecosistemas:

Un ecosistema está formado por una comunidad de organismos que interactúan entre sí y con el medio circundante. Son complejas redes ubicadas en espacios geográficos determinados y que pueden ser naturales o creadas por los seres humanos, como los campos de cultivo o las ciudades.

Los ecosistemas son un bullicio: animales, plantas, hongos, virus y microorganismos en interacción con la lluvia, la temperatura el suelo, la salinidad y otros factores abióticos ¡son la biodiversidad en su mayor nivel! Algunos ecosistemas son los páramos, los manglares y los bosques amazónicos.

La diversidad de ecosistemas se debe a las diferentes condiciones climáticas y geográficas (entre otras) que ocurren en cada lugar. Por ejemplo, en los páramos las plantas tienen hojas pequeñas para sobrevivir al frío, mientras en la planicie amazónica los árboles han desarrollado estrategias para aprovechar los escasos nutrientes del suelo tales como desplegar grandes raíces superficiales. Así mismo, en los bosques secos de la Costa viven especies adaptadas a un medio árido, el cual está determinado por la influencia de la corriente fría de Humboldt, fenómeno que provoca la disminución de las lluvias durante la mayor parte del año.

Para su estudio, en el Ecuador los ecosistemas naturales han sido agrupados en terrestres, dulce acuícolas, marinos y costeros, los cuales son descritos con mayor detalle en la sección sobre biodiversidad del Ecuador.

Las especies

Una especie es un conjunto de organismos que comparten muchas características (entre ellas las genéticas) y que pueden procrear

descendientes fértiles, es decir, que pueden reproducirse (encontraste, los híbridos como la mula u otros no pueden tener progenie). Ejemplos de especies son el oso de anteojos, el cedro y los seres humanos.

Este lugar puede ser toda la Tierra, un país, una región o una isla. Sin embargo, las especies no están distribuidas uniformemente sobre el planeta, y hay países como el Ecuador que albergan un número mayor; en países como éste muchas de las especies son endémicas (aquellas cuya distribución está restringida a un área específica, en este caso el territorio nacional). La iguana marina, los galápagos que vive únicamente en el archipiélago de Galápagos, son especies endémicas.

Debido a que el número de especies en el mundo es sumamente grande, para facilitar los análisis se las clasifica en grandes grupos como mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, insectos y plantas.

Los genes

Los genes son una parte de las células donde está almacenado el material hereditario que pasa de una generación a otra. Cada gen posee información sobre una o varias características físicas (como el color de la piel) controlan funciones reguladoras de la vida (como la elaboración de proteínas), o puede albergar información relacionada con el comportamiento (mayor o menor agresividad).

Sin embargo, los genes de los diferentes miembros de una misma especie no son copias exactas. Así, las numerosas variedades de maíz que existen en Latinoamérica contienen genes distintos, y es esta diversidad la que propicia que algunas plantas sean resistentes a las plagas mientras otras son fácilmente infestadas.

La diversidad genética contempla la variabilidad dentro de cada especie, la misma que es muy vasta. Su conservación se ha convertido en un tema de debate muy actual en el mundo y en especial en los países del Sur, donde la erosión genética ocasionada por la utilización de pocas variedades, así como la fuga ilegal de material genético al exterior, constituye una amenaza grave a este recurso estratégico.

Los tres niveles de la biodiversidad no son excluyentes; por el contrario, éstos se compenetran a plenitud. Los genes están dentro de las

especies y éstas constituyen una parte fundamental de los ecosistemas. La biodiversidad es una sociedad que funciona perfectamente y que ha sido formada durante millones de años. Su conservación incumbe a todos los habitantes de este planeta, y su pérdida implicará graves consecuencias ecológicas, sociales y económicas.

Dos tubérculos andinos, el melloco y la mashua, son especies que albergan una extraordinaria cantidad de variedades. Esa es la diversidad genética.

Componentes de la biodiversidad

Los componentes de la biodiversidad son dos: la naturaleza misma; o tangible; y lo que conocemos de ella; lo intangible.

El componente tangible de la biodiversidad, está conformado por la variedad de genes, de especies y de ecosistemas que podemos identificar, manejar y usar. En otras palabras, lo conforman el material genético, las poblaciones naturales y los recursos de los ecosistemas que pueden ser evaluados físicamente. Ejemplos de este componente son los árboles, peces comerciales, plantas medicinales, etc.

El componente intangible de la biodiversidad, por otro lado, está constituido por la variedad de conocimientos, innovaciones y prácticas, individuales o colectivas relacionadas con la diversidad biológica. Dentro de este componente se incluyen los saberes de los pueblos indígenas y de las comunidades campesinas, así como las tecnologías modernas y las innovaciones científicas para usar los recursos.

Valor de la biodiversidad

¿Cuánto vale la sombra de un árbol frondoso? ¿Y los pensamientos que tenemos cuando cae la tarde sobre un bosque o cuando nos deleitamos con el mar? ¿Cuál es el valor de la biodiversidad?

Se vive en una sociedad consumista donde la brecha entre ricos y pobres es cada día mayor y en la cual la naturaleza ha sido observada como un objeto que debe ser explotado. Bajo este modelo de desarrollo,

cuyos objetivos son la acumulación de riqueza y el consumo, lo que "vale" es el dinero: vaya y pregunte cuál es el "valor" de algo y la respuesta será un precio.

Pero además de ser una fuente de ingresos económicos, la naturaleza tiene otros valores intrínsecos que son de todo tipo: ecológico, ético, cultural, científico, recreativo y estético. Por supuesto, dichos valores pueden ser analizados desde perspectivas distintas y sus implicaciones sobreponerse y complementarse.

Valor económico

La Biodiversidad tiene un valor económico actual y potencial que resulta incalculable, y esa es otra de las razones por las cuales esta riqueza constituye un recurso estratégico. Qué ingresos genera la diversidad biológica en el Ecuador del siglo XXI y cuales estrategias pueden servir para potenciar su valor en el futuro son los temas de esta sección.

¿Sabes de dónde salieron el jabón, la penicilina o los muebles de tu casa? ¿y las fibras de tu ropa, las plantas domesticadas, el aceite y los perfumes?. Pues bien, toda la variedad de productos que existen en el mundo moderno (o por lo menos sus materias primas) proviene de la biodiversidad. Nuestra riqueza es nuestra naturaleza y en un mundo globalizado y consumista, ésta se vuelve nuestra mejor aliada para el desarrollo, pues constituye la fuente de innumerables productos. Madera, peces marinos y de agua dulce, camarones, fibras textiles, papel, semillas, artesanías, enemigos naturales que combaten las plagas, carne, entre otros, son recursos que se obtienen de la diversidad biológica.

Para calcular el valor económico actual de la biodiversidad en el Ecuador pensemos en los ingresos generados por la exportación de productos como el camarón, los peces marinos (atún y otros), la madera, el cacao, la paja toquilla y muchas otras plantas y animales. Los camarones o las artesanías son algunos de los varios productos que provienen directamente de la diversidad biológica, y que por lo tanto forman parte de su valor económico. A este valor agreguemos el costo de ciertos servicios ambientales como el agua pura y las bellezas

escénicas (que atraen el turismo mundial), y por último sumemos los empleos directos e indirectos que proporcionan estas actividades. El resultado bien podría ser una cifra superior a la del Producto Interno Bruto del país.

Los ecosistemas, las especies y la información genética tienen un valor económico actual y potencial enorme. Actividades de toda clase, desde la agricultura y el ecoturismo, hasta la explotación maderera y petrolera, dependen de la existencia de la biodiversidad. Tintes, fibras, alimentos, medicinas y variedades silvestres de especies cultivadas son apenas una parte del valor económico actual de la biodiversidad. Pero además de ser una fuente de dinero a través de la pesca, de la empresa maderera y de la oferta turística, la biodiversidad tiene un gran valor potencial en la actualidad. Algunas empresas de los países del Norte cuyas emisiones a la atmósfera, al suelo y al agua amenazan el equilibrio climático global, canjean dinero por conservación de bosques. Paradójicamente, la creciente pérdida de biodiversidad se debe al poco valor económico que se le asigna. Estos aspectos constan con mayor detalle en la sección de importancia económica de la biodiversidad.

Los peces comerciales son una excelente fuente de ingresos para mucha gente: en Bahía de Caráquez, Puerto Bolívar, Salinas, Pedernales, San Lorenzo etc. que un pescador lleva su producto a la playa para venderlo a los intermediarios.

Valor ecológico

La vida en la Tierra está sustentada por complejas interacciones que durante más de cuatro mil millones de años han formado el ambiente que conocemos, ecosistemas son un componente esencial en esas interacciones pues cumplen importantes papeles en aspectos como la estabilidad climática (cantidad de oxígeno y lluvia) la retención de nutrientes y el control de la erosión, todos fundamentales para la vida.

Los seres humanos obtenemos nuestra energía a través de procesos bioquímicos que necesitan oxígeno. Respiramos un aire que contiene moléculas de oxígeno que comenzaron a ser liberadas en la atmósfera hace millones de años por organismos fotosintéticos que hacen parte

de la biodiversidad. Si estas plantas y algas no hubieran evolucionado y perdurado a lo largo del tiempo, seguramente no existiríamos.

Figura: 4-53. El gráfico muestra el valor ecológico de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres y acuáticos.



Pero el oxígeno no es lo único importante. Necesitamos además otras moléculas que están diseminadas en la diversidad de especies. Así, en la miel o en la papa están los carbohidratos, mientras en los animales muchas proteínas. A estas moléculas se suman las vitaminas y los minerales, partes esenciales de nuestros cuerpos, que también obtenemos de la biodiversidad.

Además, la diversidad biológica cumple un papel protagónico en varios procesos globales. Uno de éstos, la regulación de la composición de las capas de la atmósfera, sirve para protegernos de los temibles rayos ultravioleta; otro, la cobertura vegetal, regula los ciclos del agua y de los nutrientes.

La provincia de Loja, ubicada en el sur del Ecuador, nos muestra la importancia ecológica de la biodiversidad. Allí casi se ha extinto la cobertura boscosa y ahora hay sequía, suelos poco productivos y avanza el desierto. Esto ha propiciado que muchas familias y personas que vivían de este recurso tengan que emigrar hacia otras regiones del país y hacia el exterior.

Figura: 4-54. Valle de la provincia de Loja donde apreciamos la extinción de la cobertura boscosa, indicando la necesidad de cuidar la biodiversidad ecológica.



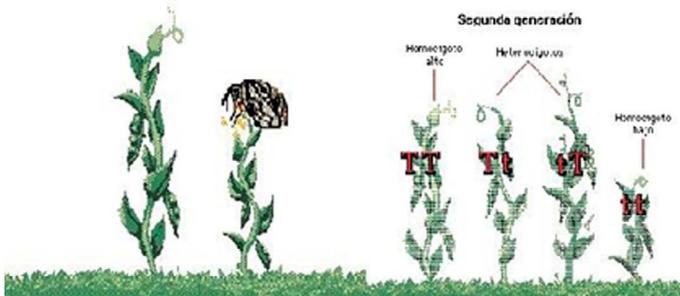
El valor ecológico de la biodiversidad tiene que ver con las funciones reguladoras de los procesos ecológicos. La conservación de la naturaleza es importante pues de ello depende que en el futuro haya agua, aire y suelos fértiles...

¿Cuál es el precio de esto?

Valor Científico

La biodiversidad tiene un valor ilimitado para la ciencia, pues ésta ha inspirado muchos deseos e inventos. La biodiversidad ha inspirado muchos inventos, entre éstos las máquinas voladoras. Volar, una sensación tan anhelada, fue una idea que se le ocurrió a alguien cuando observaba un pájaro. Las máquinas voladoras como el helicóptero o los ultraligeros son imitaciones de la diversidad de modalidades de volar que existen hace miles de años en las diferentes aves.

Figura: 4-55. Valor científico de la biodiversidad, nos muestra el proceso genético de las especies en los ecosistemas.



Las ideas de los griegos sobre los fenómenos biofísicos, la teoría de la evolución, el estudio de la vida extraterrestre y muchos otros campos del conocimiento e ideas han descubierto en la diversidad biológica las explicaciones para el cosmos. Por ejemplo, los bioplanetólogos que son quienes investigan la vida en otros planetas han observado que sobre la Tierra hay organismos capaces de vivir sin oxígeno, y eso ha dado mayor credibilidad a sus hipótesis

Pero el estudio de la diversidad de ecosistemas, especies y genes no solo significa saber por saber. En la naturaleza, los científicos descubren diariamente nuevas medicinas, alimentos, fibras y otros productos insospechados. Desde la tecnología hasta la antropología, todos los saberes conviven con la biodiversidad y la aprovechan para generar más conocimiento. Por ejemplo, las empresas camaroneras del Ecuador podrían investigar los genes de los camarones silvestres para descubrir variedades resistentes a las diferentes enfermedades.

La biodiversidad es una caja de sorpresas que contiene las soluciones a muchos problemas actuales y futuros. Conocerla científicamente es la mejor forma de aproximarnos a su manejo sustentable.

El Ecuador megadiverso

Comparado con la mayoría de los países suramericanos, el territorio ecuatoriano es pequeño: apenas 256 370 km². Sin embargo, en esta reducida superficie hay por lo menos 50 tipos de vegetación natural terrestre, diversos ecosistemas dulceacuícolas, marinos y costeros, muchísimas especies silvestres conocidas, otras tantas domesticadas; y una inmensa diversidad genética.

Esta mega diversidad ha sido propiciada por la confluencia de diversos factores, pero especialmente por la presencia de la cordillera de los Andes. Estas cadenas montañosas, además de contener valles interandinos, forman un gradiente altitudinal que se extiende desde la llanura amazónica hasta casi 5 900 metros de altura en el volcán Cotopaxi, y desde más de 6 000 metros (en el volcán Chimborazo) hasta el Océano Pacífico. Allí aparece la riqueza del mundo submarino y más allá, a mil kilómetros de la línea costera, el Archipiélago de Galápagos, único en el mundo por sus especies endémicas.

La inmensa biodiversidad del Ecuador no puede ser descrita en pocos párrafos. Por eso, para conocerla iremos por partes, usando los tres niveles de la diversidad biológica: los ecosistemas, las especies y los genes.

La diversidad de los ecosistemas del Ecuador

Un ecosistema está formado por una comunidad de organismos de toda índole que interactúan entre sí y con los otros elementos no vivos. Son complejas redes ubicadas en espacios geográficos determinados, y pueden ser creadas por las personas -como los agro ecosistemas- o naturales.

Observados con un lente gran angular, los ecosistemas pueden ser de tres tipos: terrestres, dulceacuícolas, marinos o costeros. Tal clasificación es muy general y no describe a fondo la diversidad, por lo que se han propuesto diferentes sistemas que profundizan sobre las particularidades de cada área tomando en cuenta varios fenómenos ambientales. (Ministerio del Ambiente, Eco Ciencia y UICN 2000).

Los ecosistemas terrestres

Se han propuesto varias formas de clasificación de los ecosistemas terrestres del Ecuador, entre éstas "eco regiones" y la de "tipos de vegetación del Ecuador Continental".

a- Las eco regiones terrestres forman parte de un sistema global de clasificación que fue desarrollado en 1995 por el Fondo Mundial para la Naturaleza, y cuyo objetivo fue determinar áreas de prioridad mundial para la conservación. En este estudio se reconoce que toda la superficie del Ecuador alberga eco regiones que son de máxima prioridad para la conservación.

b. La clasificación del territorio continental ecuatoriano en tipos de vegetación, por otro lado, fue realizada a fines de la década de 1990, y se basó en los patrones de vegetación, las características ambientales y las variaciones altitudinales y regionales. Mediante este sistema se conoció que en el Ecuador Continental hay 45 tipos de vegetación representados

en bosques, manglares, matorrales, espinares, herbazales, sabanas, páramos y superáramos. A estos 45 tipos se suman por lo menos otros cinco de Galápagos, algunos endémicos de las islas como los bosques de árbol *Scalesia pedunculata*, dando un total de 50 en todo el país.

Figura: 4-56. Pinzón vegetariano de un ecosistema terrestre de Galápagos. Darwin indicó que la diversidad de la vida animal en los ecosistemas estimula una evolución gradual debido al aislamiento geográfico.



Biodiversidad en ecosistemas

Los ecosistemas terrestres de la región andina son sumamente variados: desde los paisajes agrícolas hasta los bosques secos de la provincia de Loja y los páramos.

Los ecosistemas dulceacuícolas

Aunque la clasificación en 45 tipos de vegetación usada para los ecosistemas terrestres sí incluye las zonas con agua dulce (como los pantanos), hemos considerado que el sistema de clasificación de la Convención de Ramsar sobre Humedales es útil para determinar la diversidad de ecosistemas dulceacuícolas (los humedales son ecosistemas cuyo componente básico es el agua dulce o salobre).

Algunos ejemplos de humedales dulceacuícolas del Ecuador son las lagunas amazónicas, los ríos y arroyos, los pantanos, los manantiales, los sistemas subterráneos, las termas, y también los reservorios de las grandes ciudades o las represas de los proyectos hidroeléctricos como la Josefina o Daule- Peripa.

La poza la Tembladera y represa Tahuín, son dos impresionantes ecosistemas dulceacuícolas ubicados en la Provincia de El Oro.

Sabemos cuántos tipos de humedales hay en el Ecuador. Falta conocer cuántos son y dónde están. Al respecto, el Inventario Nacional de humedales ha identificado e investigado 32 de estos ecosistemas en gran parte de la Costa y se planea conocer los del resto del país hasta el 2002. En este estudio se ha seleccionado únicamente los lagos y lagunas que abarcan superficies de más de diez hectáreas. Sobre estos ecosistemas dulceacuícolas también nos falta conocer su dinámica y diversidad de especies, sobre todo de invertebrados.

Los ecosistemas marinos y costeros

El mar territorial del Ecuador se extiende 200 millas desde el límite de las playas hacia mar abierto, tanto desde las Galápagos como desde el litoral continental. En este territorio existe una gran diversidad de ecosistemas que son el producto de tres factores:

El primero es el gradiente que va desde las playas hasta los abismos de más de 5.000 metros de profundidad, y que propicia la existencia de diferentes ambientes.

El segundo factor es la confluencia de dos corrientes marinas: la fría de Humboldt (rica en nutrientes, que proviene del sur) y la cálida de Panamá, que viene del norte. Ambas confluyen frente a la Costa, cerca de la línea ecuatorial, para luego dirigirse hacia Galápagos.

Tres: A estos factores topográfico y oceanográfico se suma la presencia de estuarios como el de Guayaquil que tienen una alta productividad y que descargan muchos sedimentos al mar especialmente durante la época de lluvias.

En el Ecuador no se cuenta con un inventario detallado de los ecosistemas marinos y costeros, así que para describir su diversidad hemos de remitirnos a un sistema de clasificación global. Así, de los 14 ambientes oceánicos que hay en el planeta, diez existen en el Ecuador (algunos son islas, bajos, bancos y planicies abisales), y de los trece ecosistemas costeros que hay en la Tierra, once están presentes en este país; playas, estuarios, bahías, deltas y dunas entre otros. ¡Que increíble biodiversidad!

La bahía de Salango, el mundo submarino de Galápagos y la desembocadura de un estuario en Machalilla, son una muestra de la riqueza de los ecosistemas marinos y costeros del Ecuador.

Conservación de la biodiversidad.

La biodiversidad mundial ha sido sumamente intervenida y degradada, y las generaciones presentes vemos con tristeza como las anteriores nos despojaron de los paisajes naturales. Sin embargo, durante los últimos treinta años del siglo xx las iniciativas por conservar este recurso estratégico se han multiplicado.

La conservación de la biodiversidad es un tema muy actual en el que se han involucrado muchas instituciones. Pero en esta labor está comprometida toda la humanidad, pues somos consumidores de biodiversidad. Decidimos cual es el maíz más sabroso, que industrias contaminan, donde debe ir la basura, que maderas y artesanías usamos, etcétera. Al seleccionar los productos podemos determinar que industrias preferimos, y así favorecer las formas de uso de la biodiversidad que sean amigables con el ambiente.

Otro ejemplo de la importancia de la participación colectiva es en lo relativo al calentamiento global (efecto invernadero), pues si este fenómeno se vuelve crónico podría modificarse la vegetación de la Tierra y se volverían ineficaces las áreas destinadas a su protección -por ejemplo, lo que es un bosque podría ser un desierto (UICN 2000). Si eso sucede, los esfuerzos de conservación habrán sido en vano. De allí que las actitudes consumistas se involucren en cualquier proceso de conservación.

Pero también las políticas, la legislación, los mecanismos de financiamiento y muchas otras actividades individuales y colectivas son importantes para garantizar que la biodiversidad (fuente y motor de la vida en el planeta) perdure efectivamente para las generaciones futuras.

El objetivo de esta sección es ilustrar las iniciativas de conservación in situ y ex situ que son llevadas a cabo en el Ecuador, y que están relacionadas con evitar la extinción del componente tangible de la biodiversidad.

Conservación in situ

La conservación in situ o (en el lugar) consiste en el mantenimiento y recuperación de los hábitats y poblaciones naturales, y en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los lugares donde hayan desarrollado sus propiedades específicas (UICN 2000). En el Ecuador la diversidad de ecosistemas, especies y genes es conservada in situ tanto en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) como fuera de éste en los bosques privados y comunales, y en los bosques protectores del Estado. Podemos considerar en este ámbito también a las zonas declaradas como "Intangibles" pues estas, además de cubrir áreas incluidas en el SNAP, comprenden territorios que hasta 1999 no estaban protegidos. La conservación in situ de las especies domesticadas y sus variedades es realizada en los campos de cultivo y en los lugares donde se cría animales.

Para conservar in situ la biodiversidad es necesario desarrollar un plan de ordenamiento territorial nacional que contemple el manejo sustentable de los recursos naturales. Esto no sucede en el Ecuador (y probablemente en ninguna nación del mundo) así que nos referiremos solo a las iniciativas que apuntan a la conservación de determinadas áreas del territorio. Por supuesto, existen muchas otras zonas (como los campos de cultivo) cuya forma de conservar la biodiversidad no ha sido planificada, pero que deberían incluirse dentro de un plan nacional de manejo.

Conservación ex situ

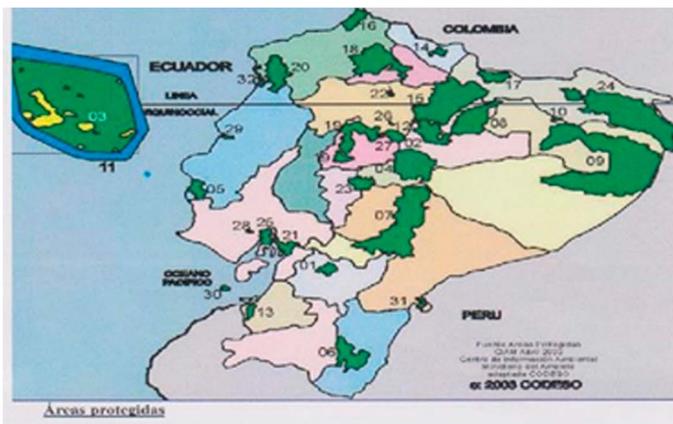
En el Ecuador, la biodiversidad es conservada ex situ (afuera de su hábitat natural) por organizaciones y personas que manejan centros de crianza con fines de conservación, bancos de germoplasma, zoológicos, jardines botánicos, herbarios y viveros.

Si bien en muchos centros de tenencia de fauna y flora se manejan especies exóticas con fines de producción, no los consideramos para este análisis pues dichos lugares no tienen objetivos de conservación; por el contrario, las especies exóticas constituyen una grave amenaza

a la biodiversidad. Los centros que nos interesan pueden ser divididos en los que se ocupan de la fauna, los que guardan flora y los bancos de germoplasma.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, cuyo manejo está a cargo del Ministerio del Ambiente, abarca cerca del 18% del territorio nacional: casi 47.000 km² repartidos en 26 áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales (Ruiz 2000).



Este sistema enfrenta problemas pues varias zonas fueron creadas sin considerar la opinión de los pueblos indígenas y de las comunidades campesinas asentadas en las mismas. Debido a esto, en la actualidad el Estado se dispone a incorporar a los habitantes de las áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento en el manejo de los recursos a través de procesos de descentralización, para lo cual el Ministerio del Ambiente ha elaborado en julio de 1999 una propuesta de políticas para el manejo del SNAP (Ruiz 2000).

Pese al mencionado problema y a otros como las explotaciones maderera, petrolera y minera que suceden al interior de los parques nacionales y de las reservas, el aumento del número de áreas protegidas desde la década de los ochenta representa un gran avance en lo que

a protección de la biodiversidad se refiere, pues ahora se cuenta con espacios cuyo principal objetivo es conservar los recursos naturales.

Centros de tenencia de fauna

Los centros de tenencia de fauna son los criaderos de animales, los zoológicos y los centros de tránsito y de rescate de fauna. En el Ecuador, la mayoría de los zoocriaderos tienen objetivos comerciales. La ley de este país permite comercializar, la fauna nativa siempre que se haya reproducido en cautiverio. Entre los grupos y especies que son preferidas para la crianza están las mariposas, las ranas tropicales, el caimán negro, el chame y las boas. Hay criaderos de mamíferos en la Amazonía que producen estas especies, y en la Sierra hay 24 centros dedicados a la crianza de llamas con fines productivos. Además, en Galápagos hay un criadero de tortugas e iguanas con fines de conservación.

Los centros de rescate de fauna son diez en el Ecuador. En estos espacios se mantienen los animales que son recuperados del tráfico de especies, y su objetivo es cuidarlos y liberarlos en su hábitat natural cuando sea posible. Por otro lado, los centros de tránsito de fauna reciben los especímenes y los encaminan hacia los centros de rescate. Aunque en el Ecuador no está reconocida esta categoría, entidades como el Vivarium de Quito, operan de esta manera.

Un zoológico es un centro que mantiene una colección de fauna silvestre con varios objetivos: recrear y educar a la sociedad, e investigar y conservar las especies amenazadas. En el Ecuador los lugares que han sido identificados como "zoológicos" no cumplen cabalmente con estos cuatro requisitos, por lo cual apenas deberían ser llamados colecciones o "muestras de fauna". El número de centros que cumplen al menos parcialmente con las características de un zoológico es vana. El Departamento de Vida Silvestre del Ministerio del Ambiente ha señalado que existen ocho, pero podrían ser más de 15, pues algunos que han sido clasificados por dicha entidad en otras categorías no conservan ni investigan; más bien se dedican a mantener los animales con fines recreativos.

El criadero de cocodrilos (*Cocodrilous acutus*). Ubicado en Ayangué (Machalilla) y el zoológico de Guayllabamba y de Baños son centros de tenencia de fauna donde se lleva a cabo la conservación ex situ.



Figura. 4-58: Centro de tenencia de fauna; criadero de cocodrilos

Consta una síntesis sobre el estado de conservación de los ecosistemas de la Costa, la Sierra, la Amazonía, Galápagos y el mar, así como un panorama de las actividades y actitudes (directas e indirectas) que amenazan a cada región. Pero antes hemos de aclarar que la mención de ciertas actividades productivas como una amenaza no quiere decir que éstas deban desaparecer, sino que deben ser transformadas para lograr el uso sustentable de la biodiversidad.

La Costa

La Costa es la región que se extiende desde las playas del Océano Pacífico hasta 1 300 metros de altitud en el pie de monte de la Sierra. A partir de 1 945 en esta región se construyeron aceleradamente caminos por los cuales salieron la madera y las especies nativas como la tagua o la paja toquilla primero, y los productos como el banano, el camarón y el petróleo después hacia el exterior. Se calcula que a mediados del siglo XX por lo menos tres cuartas partes de los bosques de la Costa eran vírgenes, y que en el 2 000 quedaría menos de un 5%.

Esta región es quizá la más devastada del país y ha sido declarada como un ejemplo mundial de extinción masiva de especies de plantas

por deforestación, dato indicado por la UNESCO. En el 2000, es la que tiene menos superficie incluida dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador y hay pocos bosques privados y comunales. En la Costa merecen atención para la conservación los bosques húmedos tropicales del Choco (en el norte de la provincia de Esmeraldas). Pero también deben ser conservados los humedales, los bosques piemontanos, los secos y los de las montañas de la cordillera de la Costa (como la de Chongon- Colonche), que proveen de agua dulce a muchas poblaciones cuyo régimen anual de lluvias es escaso.

Figura. 4-59: Zona de bosque de manglar virgen de la Prov. de El Oro



Además de ser la región más devastada, allí es donde las amenazas a los ecosistemas terrestres son mayores. La deforestación, junto con la práctica extensiva de monocultivos de banano, palma africana y palmito continúan disminuyendo las áreas cubiertas por bosques. A esto se suma la aguda pobreza de la región, lo cual aumenta la presión sobre los remanentes boscosos.

Los ecosistemas dulceacuícolas de la Costa están sumamente afectados por el represamiento de algunos, por la sedimentación que disminuye el nivel del agua de los ríos, por la contaminación, por la tala del manglar y por la construcción de piscinas camaroneras. También la urbanización no planificada de ciudades como Guayaquil y Machala ha perjudicado muchos ecosistemas terrestres y dulceacuícolas.

La expansión de las piscinas camaroneras ha destruido muchos manglares, y el desarrollo de esta actividad también ha contaminado muchos cuerpos de agua de la Costa. Si bien la industria camaronera

ha generado empleo y renta para el país, la drástica caída de su producción desde mediados de la década de 1990 debido a las plagas es un indicador de que esta actividad no es sustentable.

Las implacables especies exóticas

La diversidad de animales, plantas y otros microorganismos silvestres del Ecuador está amenazada por la introducción de especies exóticas en los diferentes hábitat (las especies exóticas son las que provienen de otras regiones). Lastimosamente, en ese campo la legislación ha promovido y promueve estas actividades que no son amigables con el ambiente. Por ejemplo, los páramos han sido reforestados con pino, un árbol que vuelve el suelo más ácido, modifica el paisaje y causa la pérdida de hábitat de las especies nativas. Lo mismo sucede con los bosques andinos, donde se prefiere el eucalipto en vez del pumamaqui, el cedro o el nogal para reforestar.

Pero no solo las plantas son introducidas. También la fauna exótica es dañina, como en el caso de Galápagos, donde hay hormigas, cabras, cerdos, puercos, gatos y otros animales que ponen en riesgo la supervivencia de los organismos nativos. Algunas especies se han extinto por esa razón y aunque se ejecutan programas de erradicación, las ratas y otros animales y plantas son difíciles de controlar lo que agudiza el problema.

Figura. 4-60: La biodiversidad siempre está amenazada por las actividades humanas



En el Ecuador otros animales exóticos son la rana toro, la trucha y la tilapia. El caso de la rana toro es triste. Originaria de Estados Unidos, fue traída en 1988 sin estudios previos.

Algunos individuos escaparon de los centros de crianza y ahora compiten con los animales nativos por el alimento y el espacio e introducen enfermedades que ponen en riesgo las poblaciones silvestres. La Tilapia nilótica y *Cyprinus carpus*, originarios de África y Asia respectivamente se introdujeron al Ecuador en la década del ochenta con la finalidad de proveer con proteína animal a las poblaciones rurales, principalmente de la Prov. de El Oro – Ecuador, consiguiendo diezmar las poblaciones nativas de peces de los ríos de la región sur del Ecuador principalmente, además de los cursos de agua dulce de las provincias de Guayas y de Los Ríos, etc.

La rana toro, los chivos y ciertas plantas son especies introducidas que desplazan a las nativas y amenazan con extinguirlas. Pese a esto, en el Ecuador los mecanismos de control y punición aun no son suficientemente eficaces para detener la avalancha de organismos exóticos.

Junto con actividades como la deforestación, la construcción de caminos y la ampliación de la frontera agropecuaria, que constituyen amenazas directas a los ecosistemas, están las amenazas indirectas, aquellas relacionadas con una serie de fenómenos sociales, tecnológicos, económicos, políticos, institucionales y demográficos.

La falta de una conciencia ambiental es una amenaza indirecta que se cierne sobre todos los ecosistemas del país. Pese a que la educación ambiental fue incorporada en el currículo educativo en 1996, solo una minoría de centros educativos la han acogido en sus programas. La capacitación ha sido insuficiente y la asimilación de nuevas ideas y visiones del mundo se vuelve aún más difícil en el ámbito educativo nacional, caracterizado por ser inestable, politizado y por recibir escasos recursos del Estado.

Pero no solo se aprende en la escuela: también en la radio, la tv, la red de Internet y otros medios que sirven para educar en la destrucción o en la conservación. En el Ecuador, la mayoría de los programas de televisión privilegian temas superficiales que tienen audiencia y son pocas las producciones sobre biodiversidad. Las pocas que se llevan a cabo sobre el tema cuentan con financiamiento internacional exterior y muchas no son divulgadas en el ámbito nacional. La gente necesita saber primero la importancia de la biodiversidad para cuidarla y aprovecharla, por lo cual es necesario que comunicadores sociales dediquen más espacios a transmitir información sobre la importancia de este recurso.

Otras amenazas indirectas a la biodiversidad son la falta de sanciones legales a quienes la destruyan (crímenes ambientales), y también el tema de la tenencia de la tierra que ocurre en muchas áreas protegidas y no protegidas. Esto último ha dificultado la ejecución de programas de manejo sustentable, pues las personas cuyas tierras no están legalizadas muestran menos interés por conservarlas.

El desarrollo tecnológico inadecuado también es una amenaza indirecta, pues muchas formas de intervenir en los ecosistemas (como la construcción de camaroneras) no son amigables con el ambiente y conllevan una pérdida de biodiversidad.

Amenazas directas

Explotación maderera, explotación minera, explotación petrolera, pesca industrial, colonización y expansión de la frontera agropecuaria, reforestación con especies introducidas, introducción de especies animales como la trucha, la rana toro, la tilapia, los chivos, etc. Sobreexplotación, avance del desierto (desertificación), turismo depredador, industria camaronera, contaminación, son los más importantes.

Amenazas indirectas

Falta de legislación; falta de recursos del Estado para la planificación y el manejo de la biodiversidad; falta de conciencia ciudadana sobre el valor estratégico de la biodiversidad.

Causas que destruyen la biodiversidad

1. Acción depredadora irreflexiva del hombre.
2. Tala indiscriminada de bosques para sustituirlos, por ejemplo: por sombríos o camaroneras.
3. La introducción de especies exóticas ajenas al entorno.
4. Caza y pesca indiscriminada, ejemplo: Uso de explosivos y sustancias tóxicas. Irrespeto a las vedas.

5. Elevados niveles de contaminación por uso de insecticidas, plaguicidas, etc.
6. Desastres provocados por el hombre: construcción de represas, carreteras, proyectos hidroeléctricos, etc.
7. Desastres naturales inundaciones incendios forestales.
8. Monocultivos: pastizales, arrozales.
9. Uso de productos transgénicos.
10. Venta comercial de especies en extinción.

Consecuencias de la destrucción de la biodiversidad

1. Alteraciones del ecosistema.
2. Pérdida de la riqueza natural.
3. Interrupción de cadena alimenticia: fauna, flora y hombre.
4. Desaparición de fuentes de trabajo.
5. Disminución de alimentos de origen vegetal y animal.
6. Migraciones.
7. Enfermedades, epidemias.
8. Interrupción de las prácticas tradicionales de los pueblos y comunidades indígenas.

Medidas preventivas para conservar la biodiversidad

1. Valorar y cuidar nuestras especies nativas, para que no desaparezcan.
2. Reforestar con plantas y semillas autóctonas.
3. Diversificación de los cultivos.

¿Cuánto dinero generan las actividades productivas que dependen de la biodiversidad?

De la existencia de la biodiversidad depende la mayoría de las actividades económicas y de subsistencia. La pesca, la acuicultura, la extracción de madera, la agricultura y muchas industrias son actividades cuya

productividad está determinada por el estado de la diversidad biológica que explotan.

Por ejemplo, según la base de datos de comercio exterior del Banco Central del Ecuador, en 1999 los ingresos por venta de "otras maderas" en el puerto superaron los 25 millones de dólares. Sin embargo, este valor no contempla todos los productos forestales que incluyen madera, tableros, muebles, pulpa de papel, artesanías y otros tantos productos lo cual haría que esta cifra oscile entre 75 y 100 millones de dólares anuales (estimaciones de la Corporación de Exportaciones e Importaciones -CORPEI- y de la Asociación Ecuatoriana de Industriales de la Madera -AIMA).

¿Y los camarones y los peces? Al respecto la base de datos del BCE menciona que en 1999 se pagó en los puertos más de 600 millones de dólares por camarones, y más de 70 por pescado, langostas y otros productos piscícolas que son biodiversidad.

Respecto a la agricultura (excluyendo las plantas introducidas como el banano, el café o muchas flores de invernadero) tenemos que por cacao se pagó casi 65 millones de dólares en 2001. A esto sumemos los productos enlatados y los ingresos del mercado interno.

Un ejemplo más coyuntural sobre el valor económico de la biodiversidad es el de los pepinos de mar, cuya extracción legal en Galápagos genera cerca de 10 millones de dólares durante dos meses. Estos animales casi se extinguieron de la Costa ecuatoriana en un lapso de dos años, y en el 2001 las poblaciones de Galápagos sufren la misma amenaza. Si éstas también desaparecen por una explotación inadecuada perderemos una excelente fuente de ingresos.

Uso sustentable de la biodiversidad

La diversidad biológica, además de ser una fuente de empleo e ingresos actual, tiene un valor potencial inconmensurable. Debido a que durante las últimas décadas se ha podido conocer que la destrucción del ambiente está cambiando el clima global y afectando la salud y la seguridad alimentaria, muchas personas, instituciones y gobiernos están promoviendo mecanismos que sirven para valorar la biodiversidad y promover su conservación.

Dicha movilización ha llevado a que se proponga una alternativa al modelo de desarrollo actual que ha sido llamada desarrollo sustentable.

El desarrollo sustentable es una propuesta que fue bien recibida cuando apareció en 1987. En la actualidad con estas palabras, mediante este modelo se busca satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Para lograrlo es necesario que toda la sociedad se comprometa en la conservación y manejo adecuado de la biodiversidad, y que esta se convierta en un eje que atraviese transversalmente lo político, lo económico y lo social. Dicho modelo es también la alternativa para construir una sociedad más justa, solidaria y democrática, pues otro de sus objetivos es la equidad social.

Bajo un modelo de desarrollo sustentable como el descrito e incluso bajo el modelo de desarrollo actual la diversidad biológica adquiere un valor económico inconmensurable que podría ser mayor que el producto interno bruto. En el siglo XXI, los países megos diversos como el Ecuador cuentan con un recurso estratégico cuyo potencial aun es desconocido.

Las medicinas, fibras, mascotas exóticas, artesanías y otros productos "ecológicos" son cada vez más valorados en los diferentes mercados y son una fuente de empleo e ingresos inmediatos. A todo esto se suman los fondos de algunos países del Norte (poseedoras de la riqueza económica) mediante los cuales se provee de dinero a las naciones emergentes y del tercer mundo (poseedoras de la riqueza biológica), para que no destruyan los recursos naturales. Este dinero puede ser obtenido mediante mecanismos bilaterales y multilaterales que alivian las presiones económicas a cambio de la conservación de la biodiversidad.

El uso sustentable de la biodiversidad: ¿una alternativa para la crisis?

Parece increíble que en un país cuya riqueza biológica es inconmensurable, la pobreza alcance casi al 70% de su población. La particular historia económica y política del Ecuador caracterizada por la corrupción, el mal manejo y el colonialismo ha llevado al país a una crisis endémica. El modelo de desarrollo imperante, además, solo se ha orientado hacia el crecimiento económico y ha relegado a un segundo plano aspectos como la equidad social y un medio ambiente sano.

No es la intención de esta sección explorar la coyuntura ni sus causas, sino mencionar indicadores sociales y económicos de la década de los noventa que muestran cual ha sido el deterioro de las condiciones del país. Por ejemplo, el Ecuador descendió del puesto 56 al 72 en el mundo de acuerdo con el Índice de Desarrollo Humano (que usa variables como el acceso a la salud y a la educación), y durante los últimos treinta años la deuda externa se ha incrementado en más del 6.000%.

El panorama es complicado y la situación tiende a empeorar, inmersa en una crisis tenaz, caracterizada por el desempleo y por la falta de cobertura de necesidades básicas como la educación, la salud y la seguridad alimentaria, considera la sociedad ecuatoriana que es urgente promover un modelo de desarrollo que contemple la biodiversidad como un recurso estratégico? ¿se considera en este país el uso sustentable de la diversidad biológica como una alternativa para salir de la crisis?

En general, en el Ecuador pocas personas conocen el valor actual y potencial de la biodiversidad. Las clases política y empresarial prefieren orientar sus acciones hacia "lo seguro" y se privilegia, por ejemplo, la producción de especies introducidas como el pino o la rana toro, cuya forma de manejo es bastante conocida en los países del Norte y cuya comercialización está asegurada.

A esta sociedad, cuya identidad esta en tránsito, le falta abrir los ojos y reconocer que el camarón, la pesca, las flores y las frutas tropicales, el turismo y muchos otros productos actuales y potenciales provienen y dependen de la biodiversidad. A esta sociedad le hace falta invertir más en la investigación de sus recursos naturales, en el debate por el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual a escala internacional y en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan un crecimiento económico con equidad social. En esta sociedad, la importancia de la biodiversidad aun no es conocida ni reconocida.

Esto por supuesto se complica si pensamos que el Estado destina poco presupuesto a la investigación. Nadie quiere arriesgar en lo desconocido; las élites económicas continúan avalando un modelo de desarrollo que promueve el colonialismo de los países del Norte.

Los albores del siglo XXI parecen ser el tiempo de mirar hacia dentro y de adquirir conciencia sobre los valores de la naturaleza, entre

ellos el económico. La creatividad para aprovechar este recurso y la “internalización” del valor de la diversidad biológica, es decir, reconocer su valor agregado, son pasos esenciales para construir una sociedad donde todas las personas satisfagan sus necesidades sin comprometer las de las futuras generaciones.

La protección de la biodiversidad del mundo

Salvaguardar la diversidad de especies del mundo forma parte de un futuro sostenible. No obstante, conforme el hombre domina y altera cada vez más regiones del planeta aumenta el número de las especies amenazadas con la extinción, y una de las muchas razones es la de obtener ganancia económica a corto plazo. El comercio ilegal de especies silvestres es un negocio calculado de 2000 a 3000 millones de dólares por año, con un margen de ganancias comparable al del narcotráfico.

El World Wildlife Fund y Conservation International (Conservación Internacional) son dos instituciones no gubernamentales dedicadas a la conservación de las especies en todo el mundo. Sus observaciones comprenden labores tanto de campo como políticas. Trabajan con los gobiernos y las instituciones locales no gubernamentales para establecer programas destinados a crear áreas de conservación y a la protección de especies. Al mismo tiempo, se ocupan de las necesidades económicas de la gente que vive dentro y en los alrededores de las zonas protegidas, para lo cual aumentan las actividades en contra de la caza furtiva, emprenden programas educativos para engendrar entre los habitantes más aprecio por las especies silvestres y capacitan al personal de campo local, los guardias de los parques y los pobladores. Especies más relevantes de protección:

1. Albacora. El mayor pez del Atlántico, recorre miles de kilómetros al año y alcanza velocidades hasta de 90 kilómetros por hora. Su población ha disminuido 80 por ciento en los últimos 20 años por la pesca excesiva destinada a abastecer el mercado internacional de alimentos suntuarios.

2. Tortuga de Carey. Esta especie de un metro de largo, que se encuentra alrededor de los arrecifes tropicales, es capturada por su

concha, el carey. Aunque oficialmente está protegida, la caza furtiva y el comercio ilegal la ponen en peligro de extinción.

3. Perico gris africano. Su captura para el comercio de mascotas ha llevado la condición de este pájaro (apreciado por su habilidad para imitar la voz humana) de común a amenazado de extinción en buena parte de su territorio en el centro y el oeste de África.

4. Tejo del Himalaya. La especie está amenazada por la deforestación general y la recolección de sus hojas y corte para la síntesis de un anticancerígeno, el Taxol.

5. Rinoceronte negro. Las poblaciones se han reducido a menos de 8000 ejemplares (una disminución de más del 80 por ciento) desde 1979. Aunque protegidos, todavía se sacrifican ilegalmente por el valor de su cuerno, apreciado como material para fabricar dagas en Yemen y del que algunos asiáticos creen que tiene propiedades curativas, que nunca se han documentado. Los rinocerontes blancos, que pastan al sur del Sahara, suman apenas dos docenas, de una población original de miles.

6. Panda gigante. Aunque ahora su población se reduce a menos de mil animales y rara vez se reproduce en cautiverio, sigue siendo cazado ilegalmente.

7. Tigre. De un territorio que una vez se extendió de la India y el sureste asiático a Siberia, se calcula que la población total del felino es de menos de 6 000. Su mayor amenaza es la caza ilegal para el mercado negro internacional. En los últimos tiempos se ha acentuado la caza furtiva por sus huesos y otras partes, utilizados en la medicina oriental. En este caso tampoco se ha documentado valor terapéutico alguno.

8. Perico rojo y azul. Habitante de apenas unas cuantas islas de Indonesia, se estima que los coleccionistas han eliminado un tercio de la población original para satisfacer una moda repentina en el mercado de mascotas. Quedan menos de 2000.

9. Hipopótamo. Aunque aún no se considera en peligro de extinción, el creciente consumo de su marfil (de los dientes) como sustituto del de elefante viene diezmando las poblaciones en sus cotos del África subsahariana.

10. Oso negro. Su sacrificio ilegal para obtener la vesícula biliar, empleada en la medicina oriental pone en peligro a esta especie y a

varias otras de osos en todo el mundo. Tampoco se ha documentado ninguna propiedad curativa.

11. El Cóndor. El cóndor de los Andes es la especie *Vultur gryphus*; una ave amenazada por el hombre, especialmente por los habitantes de los páramos andinos, debido a que, constituye una amenaza para sus rebaños. El Ecuador a través del Ministerio del Medio Ambiente ha programado su protección y conservación.

Calentamiento Global

Nuestro planeta se está calentando. Los últimos 10 años han sido los más calurosos desde que se llevan registros y los científicos anuncian que en el futuro serán aún más calientes. La mayoría de los expertos están de acuerdo que los humanos ejercen un impacto directo sobre este proceso de calentamiento, generalmente conocido como el "efecto invernadero".

El efecto invernadero es una condición natural de la atmósfera de la tierra. Algunos gases, tales como los vapores de agua, el dióxido de carbono (CO_2) y el metano son llamados gases invernadero, pues ellos atrapan el calor del sol en las capas inferiores de la atmósfera. Sin ellos, nuestro planeta se congelaría y nada podría vivir en él.

Sin embargo, a estos gases los humanos suman contaminantes que son el resultado de una acumulación de gases en la atmósfera. El más importante de los gases producidos por la actividad humana es el CO_2 , el cual es liberado cuando se queman materiales que contienen carbono, tal como el carbón, petróleo o leña, estos gases permanecen en la atmósfera por más de 100 años. En los últimos 200 años, las concentraciones de CO_2 en la atmósfera se han incrementado en un tercio.

Las personas que viven en los países desarrollados contribuyen en un mayor porcentaje al calentamiento global que las personas de los países en desarrollo. En promedio, cada ciudadano de Norteamérica añade 5 toneladas de CO_2 al aire cada año, mientras que un europeo o un japonés contribuyen entre 2 y 3 toneladas, un chino 0.6 y un hindú 0.2.

Actualmente, más del 90 por ciento del dióxido de carbono presente en la atmósfera ha sido emanado desde Europa y Norte América.

De continuar la situación tal y como está, las cantidades de CO_2 se duplicarán en los próximos 100 años. Como resultado de ello la temperatura aumentará en el planeta en un promedio de 1 grado Celsius.

Figura. 4-61: Emisiones de chimeneas industriales. El dióxido de carbono, de azufre y otros contaminantes emitidos por las chimeneas de las industrias contribuyen a la contaminación atmosférica.



¿Cuáles son los efectos del calentamiento global?

A medida que el planeta se calienta, los cascos polares se derriten. Además el calor del sol cuando llega a los polos, es reflejado de nuevo hacia el espacio. Al derretirse los casquetes polares, menor será la cantidad de calor que se refleje, lo que hará que la tierra se caliente aún más. El calentamiento global también ocasionará que se evapore más agua de los océanos. El vapor de agua actúa como un gas invernadero. Así pues, habrá un mayor calentamiento, esto contribuye al llamado "efecto amplificador".

El Panel de las Naciones Unidas sobre Cambios Cismáticos (IPCC) ha reunido a cientos de científicos, quienes confirman que de duplicarse la cantidad de CO_2 en la atmósfera, el efecto amplificador producirá un incremento total en la temperatura del planeta de 2.5 grados Celsius.

Un calentamiento de esta naturaleza, tendrá graves efectos sobre el planeta. Mientras se deshuelan las capas polares, se elevará el nivel del mar, lo cual hará que se inunden las tierras más bajas, y quizás desaparezcan países completos en el Pacífico y afectarán gravemente otros en Asia. Por otra parte, mientras el balance energético de la atmósfera cambia, habrá cambios drásticos en el clima mundial, ocasionando severas fluctuaciones en la temperatura y la pluviosidad, alterando significativamente las estaciones de cultivos agrícolas.

Los desiertos tenderán a expandirse, las arenas del norte de África podrán invadir al Mediterráneo, así como podrán retomar las tormentas de polvo en el Medio Oeste norteamericano. ¿Fueron acaso las sequías en 1980 de Etiopía y Sudán víctimas del efecto invernadero? Nadie puede responder a esta pregunta, pero son esos los efectos que los científicos pronostican.

Calentamiento global desestabiliza a nuestro mundo

¿Qué ocurre a nuestro clima?

La humanidad altera la química de la atmósfera al liberar "gases de efecto invernadero" fundamentalmente dióxido de carbono, CO₂, proveniente de la quema de combustibles fósiles que atrapan el calor del sol y le impiden irradiarse de vuelta hacia el espacio exterior. Durante los últimos diez mil años habíamos tenido la misma cantidad de CO₂ en la atmósfera (alrededor de 280 partes por millón), hasta que, hace unos cien años, comenzamos a quemar más carbón y petróleo. A menos que se tomen medidas urgentes ahora, se espera que esas 280 (que ya han aumentado a 360 ppm) se dupliquen durante el próximo siglo correlativamente a un incremento de la temperatura global de 1 a 3.5 °C (3 a 7 °F). Por contraste, la última Era Glacial fue sólo de 2 a 5 °C (5 a 9 °F) más fría que nuestro clima actual.

El calentamiento global ya se expresa en un clima más inestable, marcado por un creciente número de graves fenómenos meteorológicos. Los científicos han documentado un aumento de fenómenos fuera de estación, temperaturas extremas, incendios forestales, alteración en los patrones de precipitaciones y sequías, y graves tormentas y aguaceros. La razón de lo anterior es simple: a medida que se calienta la atmósfera, se acelera la evaporación de las aguas superficiales. También se produce una expansión del aire, reteniendo más humedad. De manera que al ocurrir una tormenta normal, la precipitación es más intensa.

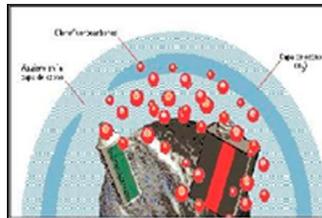
Una medida de la creciente inestabilidad climática la dan las elevadísimas pérdidas de los aseguradores de propiedades del mundo. En la década del 80, los reclamos por daños debidos a fenómenos meteorológicos extremos fueron en promedio de US\$2 mil millones al año; en los 90, promedian unos US\$12 mil millones anuales.

El gigante de los seguros, Múnich Re, informó recientemente que: "continúa la tendencia generalizada hacia un número siempre creciente de catástrofes con costos siempre crecientes". El jefe de la Asociación de Reaseguradores de América ha afirmado que, a menos que se haga algo por estabilizar el clima, éste podría hacer quebrar a la industria. Los representantes de la industria mundial del turismo se encuentran igualmente preocupados por los impactos de los cambios climáticos.

Los cambios climáticos podrían acarrear una catástrofe global tan grande como cualquier otra en la historia. Los crecientes niveles del mar podrían significar la desaparición total de algunos estados insulares e inundaciones a gran escala de muchas regiones costeras donde vive actualmente la mayoría de la población mundial.

La alteración de los patrones de precipitación y sequía podría perturbar las reservas alimenticias, conduciendo a hambrunas y falta de hogares en muchas áreas. Los cambios en el clima, que ya están provocando migraciones de especies y ecosistemas, podrían conducir también a extinciones masivas a medida que las crecientes temperaturas hagan estragos en los hábitats establecidos.

Figura. 4-62: Uso de clorofluorocarbonos (CFC) por el hombre que ayudan a la destrucción de la capa de ozono, aportando al calentamiento global.



¿Cuál es el efecto del calentamiento global sobre la salud humana?

El calentamiento global acelera el ritmo de reproducción de los insectos. Impulsa también a los insectos portadores de enfermedades hacia alturas y latitudes que hasta hace pocos años eran demasiado frías para permitir su supervivencia por mucho tiempo. El resultado es que los mosquitos, por ejemplo, están propagando la malaria, la fiebre amarilla y el dengue hacia poblaciones que nunca antes habían estado

expuestas a estos males. Los científicos proyectan que, al actual ritmo de calentamiento, las enfermedades portadas por mosquitos se duplicarán en las regiones tropicales durante el próximo siglo y aumentarán cien veces en las regiones templadas. A nivel mundial, la malaria se ha cuadruplicado durante los últimos cinco años. La epidemia de cólera de principios de los 90, que afectó a 500 000 personas solamente en Perú, se debió en parte al calentamiento global. Los cambios en el clima han promovido la emergencia de un virus pulmonar frecuentemente mortal en Chile y el sudoeste de Estados Unidos, la propagación de una cepa de encefalitis y un incremento en la enfermedad de Lyme, portada por las garrapatas.

¿Tendrán los cambios climáticos consecuencias políticas?

En el largo plazo, los cambios climáticos podrían perjudicar las perspectivas de la democracia en todo el mundo. No es difícil visualizar a los gobiernos recurriendo a estados de ley marcial permanentes frente a la escasez de alimentos, las sequías, las inundaciones, las incursiones de los refugiados ambientales y las epidemias. En el otoño de 1997, por ejemplo, luego de una racha de sequía y escarcha de cuatro meses, 700 000 habitantes de Papúa Nueva Guinea abandonaron sus hogares y vagaron por los campos en busca de alimentos y agua. Los funcionarios afirmaron que no pudieron controlar la situación. Afortunadamente, otros países vinieron en su ayuda, pero la situación ilustra el tipo de inestabilidad política que podría asociarse a los cambios climáticos.

La inestabilidad climática posee también un potencial económico antidemocrático. Reducirá los mercados e impedirá el flujo internacional de mercancías. Podría conducir fácilmente al racionamiento de alimentos acarreando el crimen asociado del mercado negro. Podría conducir a la militarización de las fuerzas de alivio de desastres a fin de mantener el orden social. La Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos ya está evaluando el potencial de desestabilización política derivado de las alteraciones relacionadas con el clima.

Los expertos predicen un aumento en el número de refugiados ambientales a medida que la gente huya de áreas azotadas por inundaciones, sequías, epidemias o escasez de alimentos. Los

refugiados ambientales suman actualmente unos 25 millones más que el conjunto de todos los demás tipos de refugiados. Se proyecta que esa cifra se duplicará en la próxima década. La baja más probable será el proceso democrático, a medida que los gobiernos recurran a la fuerza para mantener el orden social.

Calentamiento global de la tierra bajo el efecto invernadero

¿Quién no ha oído hablar del calentamiento de la Tierra y de sus efectos? Los expertos afirman que desde comienzos de siglo la temperatura se ha incrementado en 0,5 grados centígrados como consecuencia de la continua emisión de gases a la atmósfera, lo que provoca el ya popular efecto invernadero; la radiación infrarroja del sol se queda retenida en el ambiente, ocasionando un calentamiento de la superficie terrestre y de la parte inferior de la atmósfera.

Según los especialistas, la producción energética provoca además, a nivel mundial, el mayor consumo de combustibles fósiles; claro está que con diferencias importantes entre unos países y otros.

Por ejemplo, si un ciudadano norteamericano provoca por sus altos niveles de consumo la emisión de cinco toneladas de CO₂ al aire cada año, los registros de un europeo o un japonés varían entre dos y tres toneladas, respectivamente, por las 0,6 toneladas de un chino y las 0,2 toneladas CO₂ de un hindú. Asimismo, las últimas mediciones reflejan que más del 90% del dióxido de carbono presente en la atmósfera procede de Europa y USA.

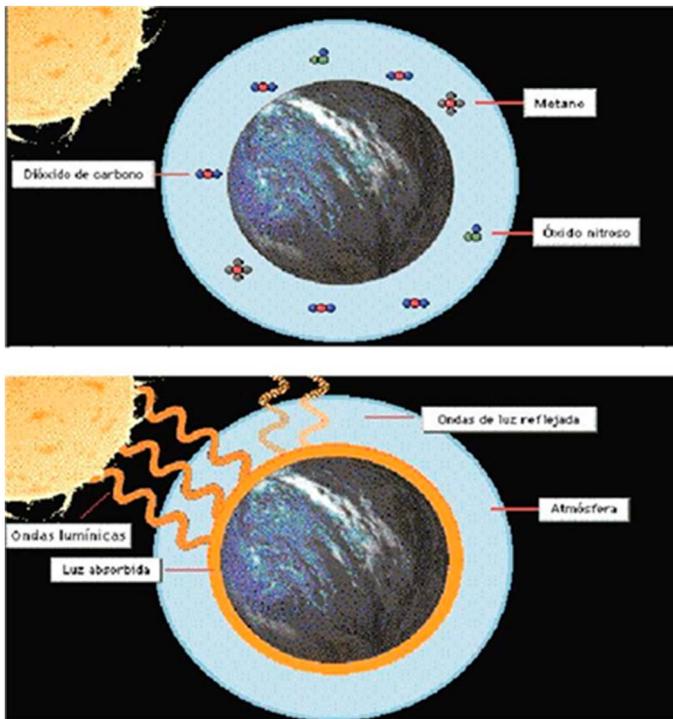
Calentamiento global: causas y soluciones

Deforestación, una de las causas del efecto invernadero.

Hace pocos años, se pudo probar que la deforestación es una de las causas de mayor relieve en la emisión de dióxido de carbono y metano a la atmósfera y que esta situación se agrava progresivamente por la rápida desaparición de selvas tropicales (antes ocurrió algo similar con los bosques templados de los países desarrollados). El problema radica

en el esencial papel que desempeñan estas grandes masas de materia vegetal, al equilibrar la cantidad de CO₂ en la atmósfera, a modo de sumideros de carbono. Según el último informe de Greenpeace, la Tierra pierde cada año 11,2 millones de hectáreas de bosque virgen, una superficie similar a la extensión que suman Andalucía y la Comunidad Valenciana, Y advierte de que sólo queda vivo el 22% de los bosques originarios del planeta, cuando todavía el ritmo de destrucción sigue siendo muy superior al de recuperación: cada dos segundos, según la misma fuente, se pierde una superficie boscosa equivalente a la de un campo de fútbol.

Figura. 4-63 Los gráficos muestran la secuencia del proceso del efecto invernadero que se da en la naturaleza, cuyos actores son principalmente los gases (Óxido nítrico, Metano y Óxido de Carbono) con la atmósfera y la radiación electromagnética del sol.



Los bosques siguen bajo la amenaza de diversos frentes. La industria maderera, la expansión agrícola, la lluvia ácida... influyen negativamente en la capacidad de absorción de los bosques de los

excesos de CO_2 . Y si las actuales extensiones de bosques en el mundo no han sido suficientes para detener la progresiva acumulación de CO_2 , todo hace indicar que esta situación se agravará en un futuro debido a la continua destrucción de la masa boscosa, que debería aumentar de forma significativa para que el problema se redujese. Otros factores negativos para el efecto invernadero son el metano (la agricultura, la silvicultura intensiva y la deforestación favorecen su emisión), la minería de carbón, los escapes de gas en gasoductos, así como los clorofluorocarbonos (CFC) y sus derivados, procedentes principalmente de la industria.

Deforestación

Figura. 4-64: Deforestación por tala y quema. Esta técnica de deforestación, muy utilizada para despejar grandes áreas de bosque con fines agrícolas y otros, es muy dañina para el medio ambiente. La gran cantidad de dióxido de carbono desprendida contribuye al efecto invernadero. La desaparición de los árboles y la cubierta vegetal destruyen hábitats, acelera la erosión y multiplica la carga de sedimentos de los ríos, haciendo que las inundaciones estacionales sean mucho más graves.



El calentamiento será continuo

Los especialistas estiman que si la tendencia continúa como hasta ahora, entre los años 2030 y 2050 la atmósfera contendrá el doble de gases invernadero que a mediados del pasado siglo. Y según los climatólogos, esto provocará que el calentamiento de la Tierra aumente de promedio entre 1,5 y 4,5 grados centígrados, en función de las zonas.

En el trópico, por ejemplo, aunque este calentamiento será leve, se prevé que habrá alteraciones importantes en la cantidad y frecuencia de las lluvias. En esta línea, los científicos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) han demostrado que si no se pone remedio inmediatamente, la Tierra se encamina hacia un periodo de cambio rápido y continuo del clima, caracterizado por un calentamiento global. De hecho, el mínimo aumento de la temperatura del planeta, de 1,5 a 2 grados, que se calcula en el escenario más optimista, traería consigo, según estos expertos, una subida del nivel del mar y la consiguiente desaparición de ecosistemas costeros. Además, las reservas de agua dulce se verían seriamente afectadas, se alterarían los patrones de pesca y aumentarían algunas enfermedades. En definitiva, todos los habitantes del mundo sufrirían estas consecuencias negativas, especialmente quienes viven en territorios vulnerables por la escasez de sus recursos naturales.

Soluciones para la alteración del clima debido al calentamiento global

A pesar de la falta de voluntad política de los gobiernos para enfrentarse a la problemática del clima, los especialistas creen que los países industrializados se encuentran en una buena posición para reducir sus emisiones de CO₂.

- Muchos gobiernos consideran todavía la energía renovable como una anécdota. Entre los países industrializados, el 74% de la financiación pública para investigación y desarrollo durante los últimos 12 años se ha destinado a los combustibles fósiles y la energía nuclear.

- El gobierno del Reino Unido calcula que se desperdicia el 20% de la energía producida en dicho país.

- Pese a la falta de inversión, las energías renovables ya se han demostrado viables. En California (USA), por ejemplo, la energía eólica suministra energía suficiente para mantener una ciudad del tamaño de San Francisco.

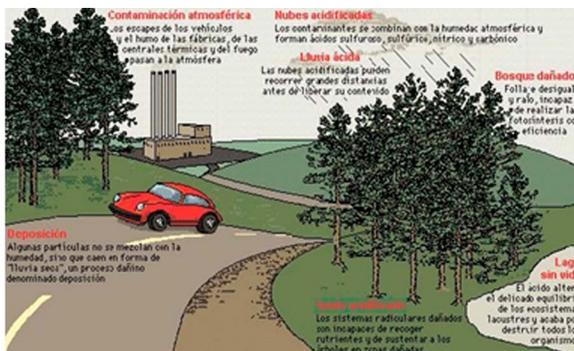
- El Grupo de Naciones Unidas para la Investigación y Desarrollo de la Energía Solar estimó que el 50% del suministro energético a nivel planetario podría llegar de fuentes renovables y económicamente viables

para el año 2050. Las fuentes más importantes serían la solar, eólica, hidráulica (centrales hidroeléctricas y energía de las olas), geotérmica y biomasa (combustibles a base de plantas).

¿Qué podemos hacer los consumidores?

- Reducir el uso del vehículo. Si es posible, viva cerca del colegio o lugar de trabajo. O practique el tele-trabajo. Las nuevas tecnologías abren un amplísimo, y hasta hace pocos años insospechado, abanico de posibilidades para tengamos la oficina en nuestra propia casa, lo que ahorraría al medio ambiente parte de la contaminación atmosférica que genera el transporte diario hasta el lugar de trabajo.
- Camine todo lo posible, o use el transporte público y la bicicleta en sus desplazamientos.
- Elija, como productos para su hogar (por ejemplo, refrigeradores, lavadoras, lavavajillas y bombillas) aquellos que menos energía consuman.
- Utilice, en la medida de lo posible, energías alternativas como la eólica, o solar (como en una calculadora, por ejemplo).
- Instar a gobiernos y representantes políticos a que diseñen planes de reducción de emisiones de gases de invernadero.

Figura.4-65: La lluvia ácida se produce cuando las emisiones industriales se combinan con la humedad atmosférica. Las nubes pueden llevar los contaminantes a grandes distancias, dañando bosques y lagos muy alejados de las fábricas en las que se originaron. Cerca de las fábricas, se producen daños adicionales por deposición de partículas de mayor tamaño en forma de precipitación seca. La contaminación ha ido en aumento desde la Revolución Industrial, pero hasta hace poco sus efectos, como la lluvia ácida, no han producido alarma internacional.



La Niña y calentamiento global suben temperaturas

Temperaturas de 35 grados Celsius en Santiago, 32,6 en Chillán y 26,5 en Concepción superaron lo normal para esta fecha (verano). En la intercomunal el caprichoso evento de La Niña y el calentamiento global de la Tierra son algunos de los ingredientes que mantienen las cuentas del termómetro más altas de lo normal desde octubre.

Según Juan Inzunza, académico del Departamento de Física de la Atmósfera y del Océano de la Universidad de Concepción, octubre se mantuvo por sobre el promedio normal de altas temperaturas de ese mes en los últimos 30 años, noviembre volvió a la normalidad y diciembre supera hasta ahora el promedio de 21,5 grados.

El académico espera un verano caluroso, más de lo normal, con temperaturas más altas un mes después del inicio del verano, es decir, hacia fines de enero. La particularidad de este fenómeno en la zona radica principalmente en dos factores: El evento de La Niña, que concentra frente a la costa del Pacífico un centro estacionario de alta presión, que mantiene los cielos libres de nubes. Así, el sol ejerce su acción con más fuerza, calienta la superficie que, sin embargo, no alcanza a enfriarse por la noche. La otra explicación está en el calentamiento global de la Tierra, cuya base está en el llamado efecto de invernadero.

Pero eso no es todo, Concepción es una ciudad en que la humedad relativa del aire alcanza al 50% en el día y llega hasta el 90% y 100% en la noche. Con este fenómeno, la sensación térmica (lo que perciben las personas) es más alta, de manera que se siente mucho más calor. En todo caso, la cercanía al océano permite que éste actúe como regulador. Allí se concentran masas de aire frío que se desplazan hacia otras de aire más caliente en tierra firme generando vientos que contribuyen a disminuir la sensación térmica.

Una particular característica de Concepción es que a un día de mucho calor y sol sigue otro nuboso. Explica que a este efecto se le llama "baja costera" o "baja térmica" y dura tres días. El primero absolutamente nublado; el segundo con nubes que comienzan a dispersarse por la tarde, y el tercero parcialmente nublado. En estos casos el aire caliente, cargado de humedad, se hace más liviano, sube y provoca la condensación, pero a niveles en que no alcanza a llover.

El Clima Fluctuante

En el verano de 1982-1983 el Río de la Plata a la altura de la ciudad de Buenos Aires presentaba un aspecto diferente del acostumbrado; tenía islas de varios centenares de metros de extensión, pobladas con arbustos, árboles y a veces animales, incluyendo monos, yacarés y lampalaguas. Si bien las islas parecían inmóviles, los frecuentadores de la avenida costanera sabían que al día siguiente ya no iban a estar allí, aunque posiblemente habría otras en su lugar, unas más grandes, otras más pequeñas. Eran islas flotantes formadas por aglomerados de vegetación, principalmente camalotales, arrancadas de los embalsados y áreas costeras del Río Paraná y sus afluentes a la altura de Entre Ríos y Corrientes debido a las inundaciones y al extraordinario caudal de agua de ese verano. La extensión e impacto de estas inundaciones eran tema de titulares de primera página, de manera que una buena parte de la población estaba al tanto de los orígenes de las islas flotantes del Río de La Plata. Sin embargo, lo que pocos sabían era que la causa inicial de las inundaciones y de la presencia de las islas era que la longitud de algunos días del año había sido unas milésimas de segundo diferente de lo normal porque la tierra giró sobre su eje un poco más lentamente de lo usual; esta variación fue suficiente para perturbar el patrón acostumbrado de circulación de las masas de aire sobre las zonas tropicales del océano, y las nuevas condiciones atmosféricas modificaron el recorrido de las corrientes marinas y el clima en general en prácticamente todo el mundo durante varios meses.

Estos eventos se repiten con diferente intensidad cada 3 a 5 años y se conocen como El Niño o ENSO (El Niño Southern Oscillation); el nombre está asociado a la época del año, alrededor de Navidad, cuando a fines del siglo pasado se notaron aguas inusualmente cálidas en las costas peruanas. El impacto de El Niño sobre el hombre es mayormente negativo, e incluye fenómenos tan dispares como sequías (y consiguientes incendios, hambrunas, y mortandad humana y de ganado) en Bolivia, Indonesia, África y Australia; intensas tormentas costeras en California; diluvios, aluviones e inundaciones en Perú, Ecuador, Argentina, Brasil y Paraguay; huracanes en Polinesia y Hawai, etc. Las consecuencias de estos cambios son más heterogéneas e importantes de lo que

pueda suponerse en un principio; entre sus efectos secundarios se han descrito, por ejemplo, aumentos en la incidencia de encefalitis, de peste bubónica y de picaduras de víbora cascabel en regiones de América del Norte; las enfermedades recrudecen por el efecto favorable de las nuevas condiciones climáticas sobre las densidades poblacionales de sus vectores: mosquitos y pulgas; mientras que los accidentes con ofidios se deben a que éstos descienden de las áreas más elevadas a lugares más bajos y más poblados siguiendo a sus presas, los roedores, que abandonan las zonas afectadas por la sequía.

El Niño no es más que uno de los tantos fenómenos climáticos cíclicos que se dan en la naturaleza. Los más familiares por su regularidad y por nuestro grado de adaptación a ellos son los ciclos de 24 horas (día-noche), y los cambios de las estaciones del año. Los ciclos que se repiten cada 3 a 5 o más años; como El Niño, son menos frecuentes y menos predecibles y, por ende, no estamos preparados para afrontar sus consecuencias. Sin embargo, existen oscilaciones de periodos aún más largos y menos familiares para nosotros, cuyo impacto sobre la humanidad podría tener derivaciones mucho más graves que las de El Niño.

Los registros históricos de temperatura disponibles desde hace aproximadamente dos siglos, así como otras evidencias de cambios climáticos, indican que en los últimos centenares de años hubo periodos que difirieron marcadamente del promedio por su temperatura, precipitaciones y otros parámetros relacionados con la meteorología, como la producción biológica del mar. Por ejemplo, desde principios del siglo XVII y hasta aproximadamente 1860, gran parte de Europa sufrió un clima inusualmente frío, época que se conoce como "Pequeño Periodo Glacial" o "Little Ice Age". Una de las evidencias de su existencia son las marcas que dejan los frentes de los glaciares alpinos en el terreno; estos frentes avanzaron varios centenares de metros alrededor del año 1600, y volvieron a retraerse hacia mitades del siglo XIX. Curiosamente, otro registro de este evento es la profusión de pinturas y grabados de maestros flamencos y holandeses representando escenas de patinaje sobre hielo en cuerpos de agua que en la actualidad muy raramente se congelan.

A escalas temporales de 10 000 a 100 000 años las fluctuaciones del clima son aún más dramáticas; durante el último millón de años

la tierra sufrió al menos 10 glaciaciones mayores y unas 40 de menor envergadura. El origen de estas variaciones no es conocido en todos sus detalles; en las primeras décadas de este siglo el astrónomo serbio Milutin Milankovitch concluyó que un rol fundamental lo desempeñan los cambios de insolación del planeta debidas a: (1) variaciones en la inclinación de su eje de rotación (ciclos de 41 000 años);

(2) el grado de coincidencia entre la estación más calurosa del año y la posición más cercana al sol sobre la órbita (también llamada precesión; ciclos de 19 000 y 23 000 años); y (3) la excentricidad de su órbita alrededor del sol (ciclos de 100 000 y 400 000 años). Sin embargo, también parecen influir otros fenómenos, probablemente relacionados con los eventos celestes mencionados, como erupciones volcánicas y manchas solares.

Los períodos glaciales no implicaron, como puede sugerir su nombre, solamente una acumulación de hielo y nieve mayores que de costumbre, sino modificaciones drásticas de los patrones de precipitación, vientos dominantes, humedad, trayectoria de corrientes oceánicas superficiales y profundas, nivel medio del mar, procesos de erosión y depositación, mecanismos de transporte de calor, cantidad de polvo atmosférico, etc. Estos cambios en el ambiente físico condicionaron, a su vez, profundas reacomodaciones en la flora y fauna terrestres y acuáticas, generando migraciones, extinciones y aparición de especies nuevas, transformando en desiertos áreas previamente fértiles y viceversa. La última de estas glaciaciones tuvo su pico 18 000 años antes del presente (AAP) y, debido en gran medida a que se trata de un evento geológicamente joven, es la mejor conocida. Durante este período los continentes cambiaron su línea de costa porque el nivel del mar se encontraba entre 80 y 130 m por debajo del actual (en parte por retención de agua marina en los hielos, y en parte por contracción de la masa de los océanos debido a las temperaturas más bajas). Sectores de Canadá, Norteamérica y el norte de Europa estaban cubiertos por glaciares de hasta 3 000 metros de espesor. Una buena parte de lo que son hoy regiones boscosas eran estepas, sabanas y desiertos. En los océanos polares el frente de hielo alcanzaba latitudes mucho más cercanas al ecuador que en la actualidad, comprimiendo las áreas templadas contra los trópicos. En líneas generales, los cambios más

intensos se dieron en las latitudes altas y medias, mientras que en los trópicos las diferencias fueron mucho menores.

Calentamiento global: vinculaciones del clima con el Dióxido de Carbono (CO₂) Atmosférico

Existe en la actualidad consenso general en que los cambios orbitales de la Tierra son el causante principal de las fluctuaciones climáticas. Sin embargo, sus efectos sobre el clima son muy difíciles de estimar por tratarse de sistemas muy complejos con gran cantidad de incógnitas y con mecanismos de retroalimentación intrincados. Por ejemplo, la reducción de las áreas cubiertas por hielo y nieve (por mayor fusión durante el verano que acumulación en el invierno) aumenta la cantidad de calor absorbida por la superficie terrestre porque disminuye la reflexión de este calor (o albedo); por ende, cuanto menor es el área cubierta mayor es la absorción de calor que, a su vez, contribuye a potenciar la desaparición de los casquetes de nieve y hielo. De este modo, el fenómeno que comienza siendo efecto del cambio de temperatura se convierte en una de sus causas.

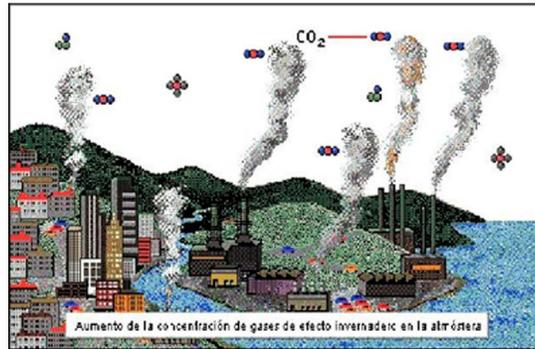
Entre los desencadenantes del calentamiento global que han recibido especial atención en los últimos años se destacan las fluctuaciones en la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en el planeta. Una de las primeras evidencias que sugirió la existencia de un acoplamiento estrecho entre los cambios de clima y el contenido de este gas en el aire fueron los análisis de burbujas retenidas en hielos antiguos de Groenlandia y Antártida; la concentración de CO₂ atmosférico durante el pico de la última glaciación (18 000 AAP) resultó ser unas 80 partes por millón (ppm) menor que en la actualidad (cerca del 30% menos). Variaciones en el nivel de CO₂ se observaron también durante el desarrollo de fenómenos de El Niño pronunciados. Estudios que abarcan los últimos 100 000 - 200 000 años indican claramente que (a) la cantidad de CO₂ en el aire varió significativamente en el tiempo, (b) que estas variaciones están estrechamente relacionadas con los ciclos glaciales- interglaciares, y (c) que ambos están ligados con cambios en la producción de materia orgánica en el océano y con la circulación oceánica.

El interés especial en el CO_2 no es meramente académico: este gas es el principal responsable del denominado "efecto invernadero" (junto con el vapor de agua, el metano y otros). El efecto del CO_2 atmosférico sobre el clima consiste en el retardo de la disipación del calor que la tierra recibe del sol, por absorción de la radiación infrarroja (comparable al efecto de las cubiertas de vidrio de los invernáculos, de donde deriva la expresión). Este efecto es tal que, por ejemplo, la temperatura media de Venus, cuya atmósfera está compuesta por CO_2 en un 92% (en la tierra es 0,03%), es de 427 °C (la circunstancia de que Venus está más cerca del sol que la Tierra tiene un efecto despreciable sobre esta comparación). El CO_2 es producto de muchos procesos geológicos (vulcanismo, erosión química de rocas), de la respiración de los seres vivos y, en épocas más recientes, de la actividad humana. Por otro lado, los procesos de fotosíntesis vegetal utilizan el gas liberado para sintetizar materia orgánica. Durante gran parte de la historia de la humanidad y hasta 1850 la cantidad de CO_2 atmosférico se mantuvo en cerca de 280 ppm; en la segunda mitad del siglo pasado comenzó un aumento exponencial hasta llegar a los valores actuales de 340 ppm; casi la mitad de esta diferencia se generó en los últimos 25 años. Las causas principales de este aumento son la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), que aportan un exceso de 4 Gt (gigatoneladas: miles de millones de toneladas) de C por año, y la deforestación, cuyos efectos (es decir, la reducción en la masa de plantas que consumen CO_2 en su fotosíntesis) aportan unas 3 Gt.

A pesar de los importantes esfuerzos que están llevando a cabo muchos países para disminuir sus emisiones de CO_2 , los crecientes requerimientos de energía de la humanidad hacen que sea prácticamente inevitable que las concentraciones de este gas en el aire se dupliquen en los próximos 100 años. Si bien un aumento de unos grados en la temperatura global del planeta podría parecer un hecho trivial, la evidencia del registro paleontológico demuestra claramente lo contrario. Durante la última glaciación (18 000 MP), la temperatura media no descendió más que unos 2 a 4 °C (en realidad, en algunas áreas fue más alta que antes de la glaciación); sin embargo, la reconstrucción no deja lugar a dudas de que el impacto sobre la vida en la tierra fue extraordinario. Según algunas observaciones, este aumento de la

temperatura ya está ocurriendo: las temperaturas medias actuales son 0.5 °C más altas que las de 100 años atrás.

Figura. 4-66: Efectos del Dióxido de carbono en un ecosistema natural



Una de las secuelas más temidas (y más probables) del efecto invernadero es la elevación del nivel medio del mar por expansión del agua (debido al incremento de la temperatura), y por fusión parcial de los casquetes polares, solamente la fusión de! hielo acumulado en Groenlandia y en la Antártida representaría una elevación del nivel del mar de 60 metros! (y, paradójicamente, es en estas latitudes donde los modelos indican que el incremento térmico será máximo). La tendencia actual en la elevación del nivel del mar sería acelerada por efectos del exceso de CO₂ la duplicación de la cantidad de este gas en el aire, que se predice para el siglo XXI, elevaría la temperatura media en 1.5 a 4.5 °C, y el nivel del mar en 0.5 a 3.5 metros.

Precisamente en los márgenes de los continentes, por motivos fundamentales retrocedió la línea de costa, inundaciones y salinización de aguas y suelos. Existen estudios regionales detallados del impacto económico que tendrá esta elevación del nivel del mar en Charleston (costa este de los EEUU; población: 120 000 hab.), se requerirían hasta U\$ 2 510 millones antes del año 2 075 para afrontar las modificaciones ambientales asociadas con el cambio, si éste no es anticipado tomando las medidas precautorias necesarias; si estas medidas fueran tomadas la misma suma bajaría a U\$ 1 400 millones. Una consideración importante en estas estimaciones eco socioeconómicas es el cálculo del balance entre lo que se perdería si se llevan

a cabo medidas preventivas ante la elevación del nivel del mar y ésta no ocurre, y la situación opuesta, es decir, no invertir dinero en precauciones y afrontar los gastos de las consecuencias. Para el área de Charlestone la primera opción (es decir, prever el cambio con medidas adecuadas) implicaría ahorros de alrededor del 30-50%; en valores relativos esto representa hasta el 50% de la actividad económica del área. Obviamente, no todos los asentamientos humanos tienen igual susceptibilidad a los efectos de la elevación del nivel del mar; sin embargo, al igual que en el caso de El Niño, toda la humanidad será afectada, ya sea en forma directa o indirecta.

El rol de los océanos

Tal como se ha visto, del registro geológico de los últimos años se deduce que la tendencia al aumento de la concentración del CO₂ en el aire es un fenómeno natural. Sin embargo, el hombre está contribuyendo sustancialmente a este proceso al recuperar unas 4 Gt anuales de carbono "inerte", sepultado hace millones de años en forma de gas, petróleo y carbón, y volver a inyectarlo en el sistema en una forma ambientalmente mucho más activa: como CO₂. Una alternativa entonces, sería activar los mecanismos de acumulación e inmovilización del carbono en compuestos biogénicos. Si bien la biosfera terrestre retiene cantidades considerables de este elemento (unas 600 Gt de carbono en las plantas aéreas, y más de 1 400 Gt de C en los suelos), la dinámica de los ecosistemas terrestres ofrece pocas oportunidades para "sumideros" de carbono. A diferencia de los océanos, en la tierra el estrato donde los organismos mueren está en estrecha vecindad con aquél del cual se nutren las nuevas generaciones; en consecuencia, prácticamente todo el material muerto es reciclado rápidamente. Obviamente, el desarrollo de nuevos reservorios terrestres de carbono en formas ecológicamente menos perniciosas que el CO₂ atmosférico, como reforestaciones, podría contribuir a mitigar la amenaza del calentamiento global. Sin embargo, además de que en la situación socioeconómica actual del mundo es muy poco probable que la tendencia a deforestar se revierta, es indudable que el papel protagonista de las fluctuaciones del CO₂ no está en la tierra, sino en el mar.

Globalmente, la cantidad de carbono disuelto en los océanos supera a la de carbono atmosférico en unas 60 veces. Este reservorio se alimenta de varias fuentes, pero principalmente por difusión desde el aire, de manera que cuanto más alta es la cantidad de CO_2 en la atmósfera, más entra en solución en la capa superficial del agua de mar. Las mayores concentraciones de CO_2 permanecerían en estos estratos superiores si no fuera por el mecanismo conocido como "bomba biológica", cuyo resultado es arrastrar hacia las profundidades el carbono que entró desde la atmósfera. La "bomba biológica" consiste en la asimilación del CO_2 por parte de las algas en el proceso de la fotosíntesis, su transformación en materia orgánica, y el hundimiento de esta última hacia el fondo marino. Durante el descenso, esta materia orgánica va siendo consumida por los organismos heterótrofos (bacterias, plancton animal, peces, aves y mamíferos marinos), y vuelta a transformar en CO_2 por respiración. Sin embargo, gran parte de este proceso ya no ocurre en la vecindad de la atmósfera, sino a profundidades donde el CO_2 puede quedar retenido por cientos a miles de años. Esta capacidad de los océanos de almacenar CO_2 se considera como el factor clave que actualmente pone un freno al efecto invernadero; evidencia directa de ello es que, de las 4 a 7 Gt de carbono extra que el hombre inyecta anualmente en el sistema, solamente la mitad queda en el aire en forma de CO_2 , mientras que 2 a 3 Gt restantes son retenidas en el mar. Los factores que regulan la habilidad de los océanos de retener este exceso de CO_2 son numerosos e íntimamente interdependientes. Por ejemplo, las aguas polares que incorporan más CO_2 del que liberan al aire, descienden a las profundidades para aflorar nuevamente cerca del ecuador y liberar el CO_2 de vuelta a la atmósfera. El balance entre el gas absorbido en los polos y el liberado en el ecuador, así como las escalas temporales de este mecanismo, dependen de la distribución de temperaturas y vientos en el planeta, que a su vez definen el tiempo de renovación ("ventilación") de las aguas oceánicas profundas, que varía entre unos 350 (Atlántico) y 1 600 años (Pacífico).

Partiendo de la premisa que la producción y ciclado de materia orgánica en el mar desempeña el rol central en el consumo del CO_2 atmosférico y, en consecuencia, en el efecto invernadero, muchos estudios de simulación por medio de modelos biogeoquímicos sugieren que un aumento de la producción fotosintética marina podría contribuir

a activar la remoción del CO_2 y su retención en los abismos oceánicos. Los factores que limitan la fotosíntesis son numerosos, pero la disponibilidad de nutrientes (fosfatos, nitratos, silicatos, hierro, etc.), y de luz son fundamentales. En la mayor parte de los océanos del mundo el consumo de los nutrientes disponibles marca la declinación de la etapa de crecimiento del fitoplancton, excepto en las aguas antárticas, donde a pesar del exceso permanente de nutrientes la producción Fito planctónica es moderada. Algunos años atrás, J. H. Martín y colaboradores propusieron que el hierro es el elemento limitante del crecimiento del fitoplancton del Océano Austral; la teoría causó mucho revuelo en el mundo científico, y hasta se especuló con la posibilidad de esparcir polvo de hierro desde aviones que sobrevolaran la región como medida de aumentar su producción vegetal y, en consecuencia, activar su consumo de CO_2 . Corroboraciones ulteriores de las experiencias de Martín, sin embargo, arrojan resultados contradictorios.

El micro plancton como herramienta paleo climática

El estudio de las fluctuaciones climáticas expuestas se basa en métodos físicos, químicos, geológicos y biológicos específicos. Ya se vio que el análisis de burbujas encerradas en hielos antiguos sirve para seguir la evolución del CO_2 y de otros gases en la atmósfera terrestre. Estudios de isótopos del carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) y del oxígeno ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) en el carbonato de calcio (CO_3Ca) que constituye los esqueletos fosilizables de muchos organismos marinos, la fitología y el contenido de materia orgánica en el sedimento, entre otros, brindan información acerca de la temperatura del océano, su profundidad, su producción biológica, y otras de sus características en épocas geológicas pasadas. Sin embargo, el método de más larga data y uno de los que mayor cantidad de información ha proporcionado es el estudio de los restos de los microorganismos del plancton. Muchos de estos animales y vegetales microscópicos que viven en suspensión en el agua construyen esqueletos de CO_3Ca , o de sílice ($\text{SiO}_2\text{NH}_2\text{O}$). Cuando el organismo muere su esqueleto cae al fondo del océano donde puede permanecer intacto y ser paulatinamente enterrado por la lluvia de restos biológicos y otros materiales provenientes de la superficie. De esta manera, la

capa de sedimentos en los fondos oceánicos va aumentando en espesor, típicamente unos 2 a 3 cm. cada mil años.

Actualmente viven varios miles de especies de estos micropláncteres (unas 1 500 especies de diatomeas, 600 de radiolarios, 50 de foraminíferos) y cada una posee una estructura esquelética característica que la distingue de todas las demás. Además, distintas especies habitan diferentes áreas geográficas, áreas que difieren por su temperatura, profundidad, productividad biológica, proximidad de la costa, etc., de manera que cada región tiene un grupo de especies que la caracterizan. Ello implica que el conjunto de factores ecológicos que tipifican una región geográfica dada puede ser definido en términos de sus especies micro planctónicas, considerando tanto las presencias y ausencias, como las relaciones entre las abundancias.

Figura. 4-67: Vida oceánica y recursos. Bajo la superficie del mar hay una variedad enorme de recursos, tanto orgánicos como inorgánicos. Aquí, una tortuga joven avanza a través de un laberinto vivo construido por coral y por otros organismos sobre el fondo rocoso del océano. Se estima que el océano es capaz de producir 200 millones de toneladas de materia orgánica



En el Atlántico sur, por ejemplo, el conjunto de especies microplanctónicas que habitan las aguas subantárticas de la Corriente de Malvinas es muy diferente a aquél que lo hace en las aguas subtropicales de la corriente de Brasil, y si bien hay algunas formas que pueden encontrarse en ambas, sus abundancias son muy diferentes en estos dos ambientes. Cuando estos organismos mueren y quedan enterrados en el sedimento, se almacena con ellos información acerca de las condiciones que reinaron en el ambiente donde se habían desarrollado.

Desde principios de este siglo el fondo marino ha sido virtualmente acribillado con decenas de miles de perforaciones para extraer muestras de los sedimentos acumulados, también llamadas "testigos".

Se obtiene de esta manera una columna de depósitos de longitud variable (hasta varios cientos de metros), de la cual se toman pequeñas submuestras a diferentes niveles. Estas submuestras se datan y se estudian los microfósiles en ellas contenidos. La abundancia de éstos es frecuentemente muy alta: un gramo de sedimento puede contener varios millones de restos de diatomeas y coccolitofóridos, y centenares a cientos de miles de radiolarios y foraminíferos. La reconstrucción de las condiciones que predominaron en el lugar de donde proviene el testigo se basa sobre la comparación de las especies halladas a diferentes alturas del mismo (es decir, de diferente antigüedad), con las que se obtienen del plancton vivo y/o de la capa superficial del sedimento. Así, la presencia de micropláncteres característicos de aguas subantárticas a un determinado nivel de un testigo proveniente de un área frente a las costas de Brasil es firme evidencia de que el área en cuestión en el pasado fue recorrida por la Corriente de Malvinas.

De los factores que influyen sobre la vida en el mar, la temperatura es probablemente el más importante y, sin duda, el más estudiado. En consecuencia, una buena parte de los trabajos paleo ecológicos con microfósiles se centran, precisamente, en análisis de las temperaturas del mar en tiempos pasados. Sin embargo, la distribución y abundancia de los seres vivos está ligada a muchos otros factores además de la temperatura, y las evidencias correspondientes también quedan almacenadas en el fondo del mar. La composición cuali y cuantitativa de los conjuntos de microfósiles sedimentados permite deducir la historia de un área en lo referente a su producción fotosintética, la dirección e intensidad de las corrientes, su profundidad, sus condiciones geoquímicas, su salinidad, etc.

De lo expuesto hasta ahora se pueden inferir algunos aspectos de las relaciones entre las investigaciones paleo ecológicas y el estudio del efecto invernadero. Por ejemplo, gracias a la paleo ecología sabemos, como ya se dijo, que el incremento en CO_2 que experimenta la tierra en este momento no es exclusivamente producto de las actividades humanas. En este sentido, esta ciencia contribuye significativamente proveyendo información sobre el "fondo de las variaciones climáticas"; la pregunta elemental que permite responder es: el incremento de temperatura, o del nivel del mar, registrado para los últimos 100-200 años está comprendido en el espectro de variación de los últimos

milenios, o refleja una tendencia claramente diferente y, por lo tanto, potencialmente atribuible a causas "no naturales" información acerca de estos últimos 100-200 años la pueden suministrar algunos registros históricos, pero para ver más atrás debemos recurrir a las evidencias que ofrece la paleo ecología. Además, estudios integrados de condiciones atmosféricas y patrones de disminución y abundancia de la flora y fauna contribuyen a definir relaciones de causa-afecto que pueden ser extrapoladas a la actualidad para predecir el impacto de modificaciones en curso.

Los ambientes terrestres y dulceacuícolas brindan materiales abundantes para el trabajo paleoecológico. Los anillos de crecimiento de los árboles contienen información acerca de variaciones estacionales en las precipitaciones y la temperatura durante el último milenio; los depósitos de restos de algas, polen y esporas en lagos y pantanos son indicadores del tipo de vegetación predominante en la zona; los restos de animales superiores permiten especular acerca del tipo de ambiente al que estaban adaptados. Sin embargo, a diferencia de los ambientes marinos, los continentes presentan muchos límites climáticos abruptos; por ejemplo, la frondosa vegetación marginal de muchos ríos patagónicos se extiende unos pocos metros sobre ambos márgenes del curso de agua, siendo reemplazada bruscamente por una flora característica de zonas áridas. Por ende, las interpretaciones paleo ecológicas basadas sobre materiales terrestres tienen relevancia local o regional, pero frecuentemente presentan problemas cuando se busca establecer tendencias de escala espacial mayor. En contraste, los océanos son física y biológicamente más homogéneos en el espacio, tienen menos límites abruptos, y las causas y efectos de procesos que ocurren en un área limitada trascienden sus fronteras ampliamente. Además, dado que los registros sedimentarios de las cuencas oceánicas almacenan una señal generada en las capas superficiales de las masas de agua, a kilómetros de distancia (vertical) de los depósitos, normalmente integran la información proveniente de áreas extensas y, por ende, la misma es reflejo de fenómenos más globales. La resolución temporal de estas señales, empero, es frecuentemente más baja que la de los anillos de crecimiento de los árboles, o las capas de sedimento en un pantano. Ello se debe en primer lugar al lento ritmo de acumulación de los sedimentos marinos, que normalmente no supera

los 3 cm cada 1 000 años; obviamente una secuencia de depósitos de estas características sólo permite discernir cambios milenarios, sobre todo si se considera que la actividad de los organismos que viven en el fondo marino (bentónicos) perturba la secuencia de deposición original provocando cierta mezcla entre el material más profundo y el superficial, Sin embargo, existen regiones donde la velocidad de acumulación es mucho mayor y el fondo carece de fauna bentónica por falta de oxígeno. Ejemplos clásicos de este tipo de ambientes son algunos fiordos canadienses y noruegos, regiones del Mar Negro, el Mar de Cortés y, especialmente, las cuencas de Santa Bárbara y Santa Mónica, frente a las costas de California. Aquí, debido a la alta producción de las aguas superficiales y a la ausencia de animales cavadores en el fondo, los sedimentos se acumulan en forma de laminillas muy bien definidas a un ritmo de unos 4-5 cm. cada 10 años. Los depósitos de las cuencas californianas se han utilizado desde los años 60 para estimar las variaciones interanuales de temperatura, circulación oceánica, precipitaciones y perturbaciones atmosféricas, producción de plancton, abundancia de anchoas, etc., ocurridos en el Pacífico norte durante los últimos siglos. El análisis de laminillas o estratos con características particulares permitió descifrar eventos especialmente significativos en la historia climática del área, determinar su frecuencia, y comparar estos patrones del pasado con la evolución climática actual. Por ejemplo, W. H. Berger, C. Lange y colaboradores del Instituto Scripps de Oceanografía de la Universidad de California encontraron, en sedimentos laminados de la cuenca de Santa Bárbara, un delgado estrato con abundancia de restos del molusco bivalvo bentónico *Macoma leptonoidea*. Como ya se mencionara, actualmente el fondo de esta cuenca carece de oxígeno; la presencia del animal en el breve período entre 1 835 y 1 840 indica que en esos años las aguas abisales del lugar estaban bien oxigenadas debido a la significativa reducción de la producción biológica en superficie. Esta baja producción es indicadora de perturbaciones climáticas globales centradas en el Pacífico norte y con repercusiones en gran parte del planeta. La datación del evento coincide con registros históricos de tormentas inusualmente fuertes en el área, y probablemente todos estos efectos estuvieran asociados con la erupción del volcán Cosiguina en Nicaragua, cuyas cenizas suspendidas en el aire redujeron la radiación solar sobre prácticamente toda América del Norte.

La interpretación del registro de los sedimentos oceánicos, sin embargo, no es tarea sencilla. Los procesos que implica la transformación de las comunidades planctónicas en archivos sedimentarios son complejos y normalmente introducen “ruido” y modificaciones en la "señal" original. Una buena parte de los restos de los micropláncteres se disuelven, a veces antes aún de llegar al fondo, y muchos otros se fragmentan al ser comidos por otros animales. La sedimentación de los esqueletos puede desviarse de un recorrido vertical, con el resultado de que especies cálidas terminen depositándose bajo zonas más frías, y viceversa. Una vez en el fondo, los sedimentos pueden ser mezclados verticalmente por los animales cavadores, o desplazados lateralmente por corrientes profundas. En el fondo se acumulan las especies provenientes de las capas oceánicas superiores, más cálidas, junto con aquéllas que habitan los estratos más profundos, más fríos y geográficamente más homogéneos; para descifrar correctamente la información ecológica asociada con los esqueletos es necesaria información detallada acerca de los rangos verticales que habita cada organismo. A pesar de estos problemas, el uso de los micropláncteres oceánicos para fines paleo climáticos sigue siendo una de las herramientas más poderosas para la elucidación de la evolución del clima en nuestro planeta.

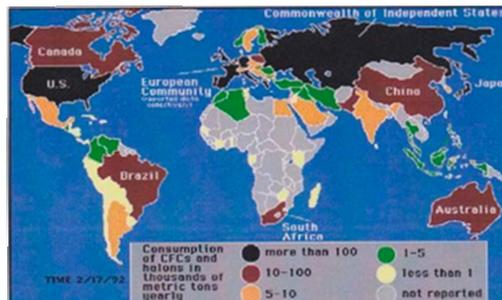
Figura. 4-68: Sumergible para las grandes profundidades.- Los sumergibles modernos llevan a los oceanógrafos a profundidades de hasta 3.600 m y utilizan dispositivos electrónicos para fotografiar y controlar las profundidades marinas, además de recoger muestras del fondo oceánico.



El flujo de sedimentos

La intensa actividad científica generada por la inminencia del incremento del efecto invernadero demostró la utilidad de los registros paleo climáticos para la interpretación de las tendencias climáticas actuales. Sin embargo, contrastes con eventos del pasado son solamente una parte de la tarea; la otra parte es aguzar la capacidad predictiva de los modelos globales del comportamiento del planeta frente a las perturbaciones.

Como se notará más arriba, la piedra angular de estos modelos es el transporte vertical de materia orgánica desde la capa productora de los océanos a las profundidades abisales. La relevancia de estos procesos fue evidente desde las primeras voces de alarma del efecto invernadero, y a mitades de la década del 80 se estableció un programa internacional, el JGOFS (Joint Global Ocean Flux Studies) para su estudio. Dado el carácter mundial de los cambios pronosticados y la índole eminentemente interdisciplinaria de los aspectos que involucra, JGOFS es coordinado por un organismo del sistema de las Naciones Unidas, el SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research), y está en estrecha vinculación con otros programas internacionales, como WOCE (World Ocean Circulation Experiment), TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere), GTC (Global Trophosphere Chemistry), GIPME (Global Investigations of Pollution in the Marine Environment), IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme), y otros.



Las actividades de JGOFS, con una nutrida agenda de tareas nacionales e internacionales hasta 1998, incluyen estudios del CO₂ en la atmósfera y en el agua de mar, del carbono particulado y disuelto y de

los pigmentos en los océanos, análisis radio isotópicos, interpretación de imágenes satelitales, de procesos biológicos en los fondos marinos, etc. Sin embargo, como su nombre lo sugiere, su tema central es el estudio del flujo de partículas desde las capas oceánicas superiores, donde éstas son producidas, hacia las más profundas, donde se consumen, es decir, la "bomba biológica". El propósito es, en definitiva, alimentar los modelos de simulación con la información obtenida para poder predecir el comportamiento climático global del planeta frente a variaciones en los parámetros que inciden sobre el clima.

Para estudiar el flujo de partículas en los océanos se utiliza una herramienta de desarrollo relativamente reciente: las trampas de sedimento. Los modelos más avanzados consisten, básicamente, en un cono concentrador del flujo cuya base converge hacia un plato rotatorio provisto de una serie de (generalmente 20) frascos colectores; este plato, acoplado a un motor comandado por un circuito electrónico programable, avanza escalonadamente cambiando el recipiente colector en la base del cono a intervalos de tiempo preestablecidos. De esta manera, el dispositivo puede operar automáticamente por periodos superiores a los 12 meses sin atención humana recogiendo el flujo integrado de numerosos periodos sucesivos de varios días o semanas cada uno. Este tipo de trampas generalmente se instalan en áreas oceánicas abiertas en un complejo de instrumentos dispuestos a lo largo de un cable de fondeo, donde se incluyen, además de una o más trampas, mecanismos de recuperación, boyas de flotación, correntómetros, etc.

Si bien los costos de estos equipos son sumamente elevados (aprox. US\$ 100 000 a 500 000), y las maniobras de despliegue y recuperación son complejas y onerosas, estos costos se compensan ampliamente frente a aquellos que implicaría una serie de campañas oceanográficas destinadas a cubrir el mismo periodo con igual resolución temporal.

La información obtenida gracias a la utilización de estas trampas de sedimento ejerció un profundo impacto sobre nuestra percepción de los mecanismos de producción biológica en áreas pelágicas. Dado que la cantidad total de material sedimentado a profundidades de 500 - 1 000 m está íntimamente ligada con la producción primaria en la capa eufótica (es decir, la capa superficial iluminada), la disponibilidad de numerosas series muestrales anuales interrumpidas

con una resolución temporal de 10-20 días posibilitó la definición de los ciclos de producción autotrófica característicos de numerosas regiones oceánicas. Análisis de los organismos recogidos en trampas permitieron establecer sus fluctuaciones estacionales de abundancia y sus relaciones causales involucradas, así como los reemplazos de especies dominantes en diferentes condiciones ambientales. En el caso de los micropláncteres con esqueletos fosilizables, las muestras de trampas representan una etapa intermedia entre sus asociaciones vivas en la superficie y sus registros sedimentarios, y por ende ayudan significativamente a comprender los sesgos en la información ambiental que proveen los sedimentos.

Una de las evidencias de mayor interés que suministraron las trampas de sedimento en relación con el ciclo del carbono fue la cuantificación de las variaciones estacionales en el flujo de material biológico hacia el fondo. Distintas regiones del océano difieren en sus características físicas (temperatura, densidad, estratificación vertical de la columna de agua), químicas (salinidad, concentración de nutrientes), y biológicas. De una región a otra cambia la composición de la flora y fauna, la abundancia de los organismos y, entre muchas otras características, también cambia la diferencia entre la cantidad de material vivo que se produce en la época más favorable del año y la menos favorable. En las latitudes bajas, donde los cambios estacionales son moderados, el crecimiento del fitoplancton es más o menos continuo a lo largo del año y la cantidad de material producido en los meses más favorables raramente excede el doble de lo producido en los meses más adversos. Algo más cerca de los polos las diferencias climáticas entre estaciones son más marcadas, y también lo son las diferencias entre la producción del plancton: aquí los máximos suelen ser unas 10 a 20 veces superiores a los mínimos. Finalmente, en las zonas polares, donde la superficie del mar está cubierta de hielo durante 8 a 9 meses del año, prácticamente toda la producción anual ocurre en el breve periodo de aguas libres de 3 a 4 meses, mientras que durante el resto del año la iluminación es insuficiente para permitir la fotosíntesis algal. Las implicaciones de estas diferencias en la retención del CO₂ en el océano están relacionadas con la fracción de la materia orgánica que se exporta de la capa superficial. En efecto, los responsables de interceptar el material vegetal que tiende a caer hacia el fondo, remine-

ralizarlo y devolver los elementos constituyentes (incluido el carbono) al ciclo son los organismos heterótrofos, cuya abundancia es regulada por la disponibilidad de alimento, es decir de fitoplancton. El desarrollo de estas comunidades consumidoras, por lo tanto, está estrechamente asociado a aquélla de los productores, tanto en el tiempo como en el espacio, y necesariamente tendrá que haber cierto retardo en la acumulación de consumidores con respecto al crecimiento de las algas. En las áreas cálidas donde los cambios estacionales son suaves y el fitoplancton se desarrolla durante todo el año este acoplamiento está bien afinado, las cantidades de consumidores siguen la producción estrechamente, y por lo tanto la cantidad de material no interceptado por ellos en su caída es muy baja: la relación entre producción exportada versus producción total es mínima.

Sedimentos

Figura. 4-69: Los científicos estudian las estructuras físicas, químicas y biológicas del fondo oceánico y sus sedimentos.



En los polos, por el contrario, debido a que el desarrollo de las algas en la capa superficial es masivo y repentino, su acoplamiento temporal con el crecimiento de los consumidores es menos perfecto; en consecuencia, la proporción de lo producido que termina sedimentando sin ser interceptado es mucho mayor, probablemente más del doble.

Estas diferencias son uno de los motivos del comportamiento disímil de diferentes sectores del océano frente al consumo del CO_2 atmosférico, y subrayan las dificultades involucradas en el desarrollo de modelos predictivos globales que permitan cuantificar el impacto del efecto invernadero.

El rol de los bosques como consumidores de carbono.

La vegetación a través de la fotosíntesis, transforma energía solar en química absorbiendo CO_2 del aire para fijarlo en forma de biomasa, y liberar a la atmósfera oxígeno. Los bosques, en particular, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C) ya que: almacenan grandes cantidades de C en biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico) intercambian C con la atmósfera a través de la fotosíntesis y respiración son fuentes de emisión de C cuando son perturbados por causas naturales, por ejemplo incendios, avalanchas, etc., o antrópicas, como la quema para habilitar campos a actividades agropecuarias, explotaciones forestales sin conceptos silviculturales, etc. Pero también son sumideros (transferencia neta de CO_2 del aire a la vegetación y al suelo, donde son almacenados) cuando se abandonan las tierras perturbadas, que se recuperan mediante la regeneración natural.

El hombre, a través del manejo silvicultural de los bosques nativos existentes, y por la creación de nuevos bosques mediante forestaciones y reforestaciones en áreas donde no existen árboles, es capaz de alterar las reservas y flujos de C forestal, modificando su papel en el ciclo del C y utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima.

Figura. 4-70: Los bosques cumplen un rol importante en la naturaleza, el gráfico muestra una sabana que es la transición entre los bosques y las estepas.



Evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales al cambio climático en Ecuador

En el territorio continental ecuatoriano existen 11.5 millones de hectáreas, aproximadamente el 45% del área total del territorio;

de ellas, el 80% se encuentra en la región amazónica, el 13% en el litoral; y, el 7% en la región interandina. Actualmente se considera que, en promedio, se desforestan 105 500 hectáreas. De continuar esta tendencia en la tala de bosques para el año 2 002 se habrá eliminado el 11% de su tasa boscosa (1.3 millones de hectáreas), y para la década del 2 080 se habrá quedado sin bosques nativos.

Ante este preocupante panorama, CLIRSEN, dentro del proyecto Climate Change Country Study, procedió a efectuar el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales al cambio climático en Ecuador, aplicando cinco modelos de cambio climático. Para la ejecución de este estudio, se utilizó el modelo de aplicación de Zonas de Vida de Holdridge que representa un esquema de representación climática relacionando la distribución espacial actual de la vegetación con parámetros climáticos de biotemperatura y precipitación media anual.

Los escenarios del cambio climático fueron establecidos INAMHI, utilizando los modelos de circulación global más apropiados: CCCM, GFD3 Y GISS. Para efectuar una adecuada representación climática del país, se le dividió en 16 zonas homogéneas en cuanto a precipitación y a temperatura; y, en relación a variaciones de temperatura se construyeron cuatro escenarios cuantitativos de cambio climático.

Los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales al cambio climático se obtuvieron los siguientes mapas:

- Mapa de Zonas de Vida bajo condiciones actuales.
- Mapas de escenario de cambio climático.
- Identificación de zonas de impactos climáticos.

En cada uno de estos se elaboraron los mapas de zonas de impactos climáticos estableciendo las áreas críticas de impactos y detectando las áreas más vulnerables y su ubicación geográfica. (INFOSAT, 2 000).

¿Nube negra? Las tecnologías más verdes vs las más contaminantes.

Según GREEPEACE, ONG, 2014, manifiesta que cuando se usa los medios sociales, hace adquisiciones vía Internet e incluso en este instante en

que se utiliza el PC o cualquier equipo móvil se está contaminando el ambiente, tanto como si estuviera volando un avión.

La nube digital almacena una enorme cantidad de data, todos los días miles de servidores recogen toda la información generada desde Internet. Pero estos funcionan por la electricidad que producen combustibles contaminantes como el Carbón o gas natural; por lo que nuestra nube podría ser bastante negra.

En su último informe Greenpeace estima que todas las empresas de tecnología producen juntas el 2% de todas las emisiones globales de Carbono, casi tanto como el sector aviatorio.

Todos los tweets que enviamos cada día, las actualizaciones de Facebook, las imágenes que subimos en las redes sociales, la música que escuchamos en you tube y otras mas, las adquisiciones que hacemos vía Internet y todos los correos electrónicos que se manda día a día consumen el equivalente energético a una flota de aviones.

“Chick limpios: Cómo las empresas están creando Internet verde” reporta la ONG y enumera a los gigantes tecnológicos más usuales de las 19 empresas que hay en el mundo, habiendo un compromiso de por lo menos 5 de usas un 100% de energía renovable.

Company Scorecard	Clean Energy Index	Natural Gas	Coal	Nuclear	Power Transparency	Renewable Energy Commitment & Siting Policy	Energy Efficiency & Mitigation	Responsible Energy Deployment & Advocacy
	17%				A	B	B	C
	15%	26%	28%	27%	F	F	D	F
	100%	8%	0%	0%	A	A	B	A
	6%	6%	24%	14%	A	D	B	C
	49%	7%	25%	16%	A	A	A	B
	48%	13%	22%	15%	B	B	B	A
	15%	37%	37%	12%	B	D	B	C
	16%	37%	25%	15%	C	D	B	C
	29%	21%	32%	18%	C	C	C	C
	15%	20%	44%	16%	C	F	D	D
	37%	26%	33%	17%	C	B	C	C
	28%	17%	22%	26%	B	B	C	C
	21%	6%	22%	15%	F	D	F	F
	59%	8%	23%	12%	C	B	B	B

Preguntas de autocontrol

1. De un concepto de biodiversidad.
2. ¿Qué es la biodiversidad biológica?
3. ¿Cuáles son los componentes de la biodiversidad?
4. Indique los niveles de la biodiversidad hable de cada uno.
5. ¿Qué valor tiene la biodiversidad, analice cada uno?
6. ¿Por qué el Ecuador es mega diverso?
7. ¿Cuáles son los tipos de ecosistemas que hay en el Ecuador de acuerdo a la biodiversidad, analice cada uno?.
8. ¿Cómo se compone la biodiversidad en el Ecuador?
9. ¿Qué significa el SNAP en el cuidado del medio ambiente?
10. ¿Cuáles son las causas por las cuales se destruye la biodiversidad?
11. Indique algunas medidas preventivas de la biodiversidad.
12. ¿Qué es el calentamiento global?
13. ¿Cuáles son los principales gases y fuentes de ellos que contribuyen al calentamiento global y al agotamiento del ozono?.
14. ¿Por qué está disminuyendo la capa de ozono y cuáles son las posibles consecuencias?
15. Indique algunas soluciones que se pueden dar para controlar el clima a nivel mundial.
16. Algunos enfoque que puedan efectuar los consumidores en cuanto al calentamiento global.
17. Indique el rol que cumplen los océanos en relación al calentamiento global.
18. ¿Cuáles son las medidas de prevención que se pueden dar para evitar el calentamiento global?

Bibliografía

- ESTRELLA, Jaime, y César Tapia. 2003. Investigación y conservación de los recursos fitogenéticos: las experiencias del INIAP. En la investigación para la conservación de la diversidad biológica en el Ecuador, editado por Patricio A. Mena y Luis Suárez. Quito: Eco Ciencia. pp. 12-18.
- GREPEACE, ONG. 04/04/2014. Nube negra: Las tecnologías más verdes vs las más contaminantes, en el calentamiento global.
- HOUGHTON, J. T. JENKINS, G. J. Y EPHRAUMS, J.J.
(ads) Climate Change; The IPCC Scientific. 2008. Assessment, Cambridge: Cambridge University Press. pp. 148-162.
- HOUGHTON, J. T., CALLANDER, B. A. Y VARNEY, S. K. (ads) 2002, Climate Change: The Supplementary report to the IPCC Scientific Assessment Cambridge University Press. pp. 204- 242.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DEL ECUADOR, y Proyecto Plan Maestro de Protección de la Biodiversidad. 1999. Estrategia Nacional para la Protección y el Uso Sustentable de la Vida Silvestre en el Ecuador [CD-ROM]. Quito: Ministerio de Medio Ambiente y Proyecto Plan Maestro de Protección de la Biodiversidad. pp. 18-25.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, Eco Ciencia y Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). 2000. Informe sobre la biodiversidad del Ecuador, editado por Carmen José. Quito: Ministerio del Ambiente, Eco Ciencia y UICN. pp. 8-14.
- MITERMEIER, Russel y Cristina Goettsch. 2007. Megadiversidad. México: CEMEX. pp. 38-45.

- RUIZ, Lucy. 2000. Amazonía ecuatoriana: escenario y actores del 2000. Quito: Eco Ciencia y Comité Ecuatoriano de la UICN. pp. 22-26.
- SUÁREZ, Luis. 2007. La importancia de la biodiversidad en el Ecuador. En Biodiversidad, bioseguridad y bioprospección, compilado por Anamaría Varea. Quito; Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS), Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo, Programa Bosques, Árboles y Comunidades Rurales (FTPP-FAO), y Abya-Yala. pp. 62-80.
- WICLEY, T. L. Y RAPER, S. C. B. 2002. Implications for Climate and Sea Level of Revised IPCC Emission Scenarios" Nature 357. pp. 260-285.
- GLOWKA, Lyle, Françoise Burhenne-Guilmin y Hugh Synge, con la colaboración de Jeffrey A. McNeely y Lothar Gündling. 2006, Guía del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Cambridge: UICN. pp. 10-25.

Índice de cuadros, graficas, imágenes y fotografías

Índice de gráficos

Número	Título del gráfico	Página
1	Modelo idealizado de ecosistema	34
2	Espectro de niveles de organización	41
3	Equilibrio entre incremento y decremento de una población	42
4	a y b Crecimiento poblacional exponencial	43
5	Crecimiento poblacional sigmoide	44
6	Grafico de la distribución de una población	50
7	Grafico de la distribución de una población	50
8	Grafico de la distribución de una población	50
9	Grafico de la distribución de una población	50
10	Grafico de la distribución de una población	50
11	Grafico de la distribución de una población	50
12	Cadena trófica terrestre	65
13	Biomasa terrestres	88
14	Cactus	95
15	Árboles adaptados	96
16	Ecosistemas	97
17	Ecotono del ecosistema	98
18	Estructura biótica del ecosistema	100
19	Compuestos orgánicos e inorgánicos del ecosistema	101
20	Tipos de hongos	102
21	Depredadores	103
22	Diversidad de parásitos en el ecosistema	104
23	Asociaciones alimenticias terrestres	105

24	Asociaciones alimenticias saprófitas	107
25	Clasificación ecológica de los seres vivos	107
26	a Niveles tróficos terrestres b Niveles tróficos acuáticos	109 109
27	Pirámides de biomasa	110
28	Desplazamiento de los nutrientes en la naturaleza	111
29	Asociación mutualista de organismos	112
30	Asociación simbiótica de líquenes	112
31	Competencia alimenticia terrestre	114
32	Límites de tolerancia	116
33	El clima y los grandes biomas	123
34	La temperatura como factor limitante	123
35	Factores abióticos y su influencia en el clima	124
36	Evolución del hombre	126
37	Formaciones de la molécula de agua	134
38	Formas de energía	137
39	Diagrama de flujo de energía	143
40	Entrada de energía en la tierra	144
41	Productores de energía solar	148
42	Consumidores y su dinámica evolutiva	151
43	Ciclo del carbono	155
44	Ciclo del fósforo	157
45	a Ciclo del nitrógeno b Ciclo del nitrógeno	158 159
46	Disminución de biomasa y niveles tróficos	162
47	Flujo unidireccional del fósforo	164
48	Energía total que llega a la tierra y su distribución	165
49	Diagrama de un ecosistema y sus componentes	168
50	Cibernética elemental de un ecosistema	169
51	Tipos de ecosistemas	174
52	Biodiversidad	191
53	Valor ecológico de la biodiversidad	197
54	Valle de la provincia de Loja	198
55	Riqueza genética de la biodiversidad	198
56	Pinzón vegetariano de Galápagos	201
57	Humedales dulceacuícolas	103

58	Centro de tenencia de fauna, criadero de cocodrilos	207
59	Bosque de manglar en la provincia de El Oro	208
60	Biodiversidad amenazada	209
61	Emisiones de chimeneas industriales	219
62	Destrucción de la capa de ozono	221
63	Proceso del efecto invernadero	224
64	Deforestación	225
65	Lluvia ácida	227
66	Efecto del CO ₂	234
67	Hábitat de fondos marinos	238
68	Sumergible al fondo marino	242
69	Fondo oceánico y los sedimentos	246
70	Sabana y bosque	247
71	Empresas Internet	249

Biografía

Silvio Granda Velepucha

- Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Guayaquil- Ecuador
- M. Sc. en Gestión del Medio Natural y Uso Público de Espacios Protegidos (Ecología), Universidad de Andalucía-España.
- M. Sc. en Docencia Universitaria, Universidad Técnica de Machala - Ecuador.
- Biólogo Marino, Universidad de Guayaquil – Ecuador.
- Diplomado Superior en Biotecnología “Asesor Científico en Acuicultura”, convenio Universidad Técnica de Machala-Ecuador, Universidad Nacional de Tumbes- Perú.
- Diplomado Superior en Docencia Universitaria, Universidad Técnica de Machala.
- Docente Principal de la Universidad Técnica de Machala; Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Asesor Técnico de Empresas Camaroneras
- Facilitador de cursos de Medio Ambiente para egresados de la Facultad de Ingeniería Civil, Química y de la Salud.
- Ex Director de la Escuela de Acuicultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala.
- Ex Miembro de Consejo Directivo de la Unidad Académica de Ciencias Química y de la Salud, Universidad Técnica de Machala.
- Numerosos seminarios y cursos en Medio Ambiente y Acuicultura a nivel nacional e internacional.

- Miembro de la Casa de la Cultura ecuatoriana.
- Presidente de la Asociación de Profesores periodo 2015 – 2016 de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA.

Victor Hugo González Carrasco

Doctor en Química Industrial, Universidad Técnica de Machala-Ecuador

Magister en Docencia Universitaria Universidad Técnica de Machala- Ecuador

Magister en Salud con Enfoque Ecosistémico, realizado en la Universidad Técnica de Machala-Ecuador en convenio con la Universidad British Columbia de Canadá. 2005 -2008

Diplomado en Biotecnología Industrial, Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud

Diplomado Superior en Evaluación y Acreditación Institucional Universidad Técnica de Machala , Facultad de Ciencias Sociales

Docente Principal de la Universidad Técnica de Machala; Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud

Diplomado en Biotecnología Industrial, Universidad Técnica de Machala, Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud

Master en Química e Ingeniería Alimentaria, Universidad Ramón Llull, Instituto Químico Sarriá, Barcelona - España 2000-2001

Diplomado Superior en Formulación y Evaluación de Proyectos de Investigación Universidad de Cuenca

Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima.

Director de la Escuela de Ingeniería en Alimentos y Coordinador de la Carrera de Ingeniería Química 2012 – 2013

Director del Centro de Investigaciones Químicas y Tecnológicas periodo 2002- 2004

Subdecano de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la salud 2015-2016

Marcelo Isaias Lopez Bravo

Doctor en Medicina y Cirugía, Universidad Estatal de Guayaquil-Ecuador

Magister en Docencia Universitaria e Investigación, Universidad Técnica de Machala- Ecuador

Magister en Salud con Enfoque Ecosistémico, realizado en la Universidad Técnica de Machala-Ecuador en convenio con la Universidad British Columbia de Canadá. 2005 -2008

Docente Principal de la Universidad Técnica de Machala; Unidad Académica de Ciencias Química y de la Salud

Estudiante de Doctorado en el Programa de Ciencias Aplicadas al Medio Ambiente, Universidad de Almería- España.

Director de la Escuela de Ciencias Médicas 2006-2009

Miembro del Honorable Consejo Universitario periodo Enero del 2015- Enero 2016.

Coordinador Académico de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud- Diciembre del 2015 y continuo.

Principios de la Ecología General

Se terminó de imprimir en marzo de 2016 en la
imprenta de la UTMACH, calle Loja y 25 de Junio
(campus Machala)

Esta edición consta de 300 ejemplares.

www.utmachala.edu.ec

El programa de Reingeniería del Conocimiento en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) es un modelo emergente de gestión de la investigación que promueve saberes científicos con pertinencia social. Desde el Vicerrectorado Académico impulsamos la investigación colectivista, donde docentes y estudiantes se engranan en la construcción y divulgación del resultado de sus ejercicios pedagógicos, heurísticos y de vinculación social, en aras de contribuir con el fortalecimiento de nuestras ventajas comparativas y competitivas a nivel transfronterizo.

Mediante este programa estratégico la UTMACH impacta sus imaginarios respecto a la relación de la docencia con la investigación, muestra de ello es la presente obra donde se cristaliza el empoderamiento y profesionalismo de sus actores y redes al servicio de la formación crítica de profesionales de avanzada.

En la UTMACH seguimos conquistando el conocimiento a través de la investigación, por ello en cada acción emprendida *proyectamos nuestra historia*.

Ing. Amarilis Borja Herrera, Mg. Sc.
VICERRECTORA ACADÉMICA



ISBN: 978-9978-316-95-5



9 789978 316955