

Biodiversidad actual y fósil

Elementos para una interpretación dinámica

Daniel L. Melendi
Laura Scafati
Wolfgang Volkheimer

F H N
FUNDACIÓN
DE HISTORIA NATURAL
FÉLIX DE AZARA

 **Universidad Maimónides**

Citación Sugerida:

Melendi, Daniel L., Scafati, Laura y Volkheimer, Wolfgang. 2006.

Biodiversidad Actual y Fósil. Elementos para una interpretación dinámica. 112 pp., 27 ilustraciones. 1ª ed. – Editor : Fundación de Historia Natural «Félix de Azara». Buenos Aires, Argentina.

Copyright:

2006 - Fundación de Historia Natural «Félix de Azara»

Departamento de Ciencias Naturales y Antropología - CEBBAD - Universidad Maimónides
Valentín Virasoro 732 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

www.fundacionazara.org.ar

ISBN-10: 987-22121-4-7

ISBN-13: 978-987-22121-4-8

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Diseño de tapa y procesamiento de imágenes:

Fernando Spinelli

Esta publicación fue posible gracias al apoyo de:



INDICE

| | |
|---|------------|
| PRÓLOGO | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. ¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD? | 9 |
| . Definición y Contextualización | 9 |
| . La Biodiversidad como expresión del Proceso Evolutivo | 10 |
| . Conocimiento de la Biodiversidad | 11 |
| 2. VALOR E IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD | 13 |
| 3. DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD | 16 |
| 4. LA BIODIVERSIDAD A TRAVÉS DE LOS TIEMPOS | 28 |
| . La vida en el Planeta | 28 |
| . Extinciones | 38 |
| . Biodiversificación | 45 |
| 5. BIODIVERSIDAD Y ACTIVIDAD HUMANA | 61 |
| 6. BIODIVERSIDAD Y DIVERSIDAD HUMANA | 74 |
| 7. ACCIONES DESTINADAS A PROTEGER LA BIODIVERSIDAD | 78 |
| . Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) | 81 |
| . Protocolo de Kioto (PK) | 84 |
| 8. LA INVESTIGACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD | 86 |
| 9. BIODIVERSIDAD: POTENCIALIDAD Y FACTOR CRÍTICO | 90 |
| 10. TEORÍA DE GAIA Y BIODIVERSIDAD | 94 |
| EPÍLOGO | 99 |
| GLOSARIO | 104 |
| BIBLIOGRAFÍA | 108 |

PRÓLOGO

Uno de los problemas más acuciantes que enfrenta la humanidad es el de preservar la biodiversidad, la cual esta siendo dramáticamente afectada por la acción antrópica. La presente contribución brinda una excelente perspectiva sobre este tema.

La obra se titula «Biodiversidad actual y fósil». En primer lugar nos sitúa, una vez definida con conceptos básicos, en la situación que caracteriza la biodiversidad actual. Acertadamente se introduce además el concepto histórico, ya que la única forma de comprender y cuantificar la biodiversidad del presente es conociendo las características que tuvo en el pasado desde sus orígenes, que se remontan a la aparición de la vida sobre la tierra, y a su ulterior evolución y desarrollo, todo lo cual abarca un inmenso lapso de tiempo de 4.560 millones de años. Esta evolución no fue paulatina, ya que el registro paleontológico demuestra incuestionablemente que se vio interrumpida por eventos críticos que originaron enormes caídas de la biodiversidad que determinaron la extinción de hasta 90 % de las especies (extinciones masivas). El registro fósil también demuestra que estas extinciones masivas fueron sucedidas por épocas de marcada biodiversificación de las especies (radiaciones adaptativas), que determinaron el desarrollo de formas de vida más complejas.

El subtítulo de la obra «Elementos para una interpretación dinámica» nos informa sobre otros aspectos relevantes del enfoque que brindan los autores. Incluye, además del ya mencionado aspecto retrospectivo histórico-paleontológico, un nuevo impacto, causado por la acción de los antecesores humanos y en especial la del *Homo sapiens*, sobre las restantes especies que habitan el planeta Tierra. Pero por otro, la biodiversidad -en el sentido más amplio del concepto- alcanza una nueva dimensión, ya que la diversidad biológica se ve sobreimpuesta por un nuevo nivel de la complejidad, caracterizado por la aparición y ulterior diversificación cultural. Con el *Homo sapiens* el amalgamamiento entre biodiversidad y cultura llega a su apogeo.

A otra escala, la creciente complejidad de la biodiversidad, caracterizada por la interacción dinámica entre individuos de especies distintas que tipifica la larga evolución de la vida en nuestro planeta, también es considerada en función de la visión sistémica que proporciona la Teoría de Gaia, que concibe a la vida en la Tierra como un sistema autoorganizado y autorregulado, que regenera permanentemente condiciones para el desarrollo de la vida.

Dicha teoría es presentada críticamente, en forma clara y didáctica, por Daniel Melendi, Laura Scafati y Wolfgang Volkheimer.

El trabajo de los autores hace un llamado a la responsabilidad que nos cabe como especie pensante con el propósito de preservar la biodiversidad y detener el exterminio. Precisamente los singulares atributos que hacen a la esencia humana, tanto en lo que refiere a aquellos vinculados al desarrollo de la biología del cerebro humano, como a sus múltiples manifestaciones culturales y tecnológicas, obligan desde el punto de vista ético a una militancia a favor de la preservación de la naturaleza. Pero no sólo se trata de un dictado moral, sino que las pautas de sobrevivencia de nuestra especie, y la de la mayoría de las restantes especies, dependen de la preservación de la biodiversidad. Precisamente las extinciones masivas demuestran la vulnerabilidad que poseen las especies caracterizadas por una gran complejidad estructural y funcional. Para que el superorganismo / Gaia pueda mantener el estadio evolutivo alcanzado requiere -entre otras acciones- políticas destinadas a proteger la biodiversidad.

En la presente obra se encaran también, con el mismo grado de precisión e información, las principales acciones que ha generado la comunidad internacional para proteger la biodiversidad. El relato incluye algunos de los principales métodos de investigación que hacen al relevamiento y cuantificación de la biodiversidad actual y fósil. Un aspecto muy importante que coadyuva en el objetivo de crear la imprescindible conciencia en pro de una militancia conservacionista, lo proporciona la descripción de diversos recursos de los cuales se beneficia la humanidad (agricultura, farmacología), los cuales provienen directamente de la biodiversidad. Se presentan interesantes ejemplos de diversas especies que contribuyen al bienestar humano, incluyendo algunas que poseen particular impacto económico.

El libro proporciona además diversas y útiles fuentes de información para ampliar el vasto espectro de conocimientos que existen sobre este vital tema, incluyendo sitios representativos en internet. Entre ellas hay que citar un glosario referido a la terminología científica utilizada, y ofrece otras fuentes de información relacionadas con el tema.

Resumiendo, los autores encaran con gran claridad un tema de indudable actualidad científica, con trascendentes repercusiones sobre la vida de las sociedades humanas y que puede llegar incluso a afectar el futuro de la vida en nuestro planeta. Han optado encarar con marcado acierto, amplitud y claridad este vasto tema. El lector adquirirá una información de conjunto sobre el estado actual del conocimiento acerca de la biodiversidad. También encontrará recursos, sugerencias y herramientas para profundizar en tan vasta temática. Cada lector podrá profundizar en aquellos aspectos que le despierten mayor motivación. Seguramente se contribuirá con uno de los

objetivos principales de los autores: el de cooperar en la preservación de la biodiversidad biológica y en la diversidad de nuestra cultura, contrarrestando los efectos de la creciente globalización. En el epílogo se apela modificar los paradigmas prevalecientes en nuestra civilización basados en un crecimiento económico ilimitado y en un consumo muchas veces desaforado.

La dimensión que alcanza la actual dramática caída de la biodiversidad causada por el *Homo sapiens* ha llevado a que se la califique como la «sexta extinción». Constituye uno de los aspectos más importantes de la actual crisis ambiental. En realidad se trata de «un gran exterminio» ya que es el producto de la acción humana.

Recomendamos fervorosamente la lectura de la presente obra, por la importancia del tema, el encare global que la caracteriza, por la calidad de las ilustraciones que contiene y por la reconocida competencia científica de sus autores. Este texto contribuye -sin lugar a dudas- a reafirmar nuestra identidad como seres humanos, a comprender el singular lugar que ocupamos en la naturaleza, y a analizar la responsabilidad que ello conlleva.

Dr. Peter Sprechmann

Profesor Titular de Paleontología

Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Uruguay

INTRODUCCIÓN

Respetar la Tierra y todas las manifestaciones de vida independientemente de su valor utilitario para la humanidad.

Carta de la Tierra, primer principio

Hace varios años que, a través de distintos medios, recibimos noticias que nos informan sobre la desaparición de especies vegetales y animales y, de manera más reiterada, sobre especies en riesgo de extinción. De igual forma, nos enteramos de las acciones llevadas a cabo por organizaciones no gubernamentales (ONGs) a favor de la conservación y protección del ambiente global. También percibimos que estos sucesos se dan a nivel local, nacional e internacional.

En el año 1992, en un evento llevado a cabo en Río de Janeiro (Brasil), llamado *Cumbre de la Tierra - ECO '92*, se debatió a nivel gubernamental y no gubernamental sobre el estado del ambiente.

El problema que subyace en todo este tipo de acciones es el peligroso y crítico estado en que se encuentra el ambiente del planeta Tierra, nuestro planeta, la única casa de la humanidad. Su destino es el nuestro, para bien o para mal.

Esta situación ha sido denunciada internacionalmente, no sólo por ONGs, sino también por destacados especialistas pertenecientes a ámbitos académicos y universitarios de nivel internacional.

¿Cuál es la actual problemática del ambiente?

Sintéticamente podríamos decir que es el efecto de su degradación manifestado a niveles nunca antes vistos, a través del cual se alteran y destruyen paisajes, ecosistemas y especies biológicas.

Es el resultado de la profunda alteración del **dinámico equilibrio natural**; la generación de graves cambios en el ambiente que acarrearán la desaparición de plantas y animales y terminan afectando la calidad de vida de la humanidad en todo el planeta.

El problema ambiental es un problema complejo en el que los factores involucrados son múltiples y diversos. Una de sus manifestaciones está dada por la actual **crisis de biodiversidad**.

En una primera aproximación, se trata de la desaparición irreversible de especies biológicas o su sometimiento a condiciones que conducen a la extinción. En todos los casos, el balance actual nos muestra que asistimos a

una alarmante pérdida de especies biológicas que se traduce en pérdida de biodiversidad. Dado que su magnitud es elevada y su tendencia va en aumento, se la ha dado en llamar la *sexta extinción* (Eldredge, 2001; Leakey y Lewin, 1997).

La subsistencia del ser humano siempre estuvo condicionada por los *bienes* que le brinda el ambiente. Su alimentación, vestimenta y refugio -entre otras necesidades- fueron y son resueltas a partir de las materias primas del medio y del conocimiento. Actualmente usa para vivir cotidianamente, alrededor de 40.000 especies vegetales, animales y de otros organismos. La crisis ambiental pone en grave peligro no sólo muchas de esas especies sino también otras, muchas de ellas desconocidas.

El fenómeno de la vida es un antiguo y persistente hecho que hasta ahora -en la abismal vastedad del universo- sólo conocemos en nuestro planeta. A través de su larga historia, ha sufrido varias veces catastróficos episodios de pérdida de biodiversidad. El más difundido es aquél en el cual, junto a otras especies, desaparecieron los dinosaurios.

La vida es un proceso y tiene una larga historia. Consecuentemente, la biodiversidad actual tiene historia. La diversidad biológica que hoy contemplamos es el producto de miles de millones de años de evolución.

El conocimiento de la biología y la vida del pasado (paleobiología / paleontología) resulta imprescindible para el conocimiento de la diversidad actual, su crisis y sus posibles estados futuros.

El tema que presentamos tiene por objeto introducirnos en el crítico problema por el que atraviesa actualmente la biodiversidad. Lo hacemos a partir de una aproximación a su dinámica pasada, a las estructuras y procesos básicos en que se inscribe y a las actitudes y conductas ejercidas por el hombre para su comprensión y preservación. Deseamos e intentamos que su contenido actúe sobre el lector a modo de provocador, de inductor de un proceso reflexivo que despierte el interés y la curiosidad sobre este problema del que todos -inexorablemente- formamos parte y nos vemos afectados directa o indirectamente, por sus consecuencias

1. ¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

DEFINICIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Diverso es una cualidad que alude a lo distinto. Es una expresión que designa la propiedad de un conjunto en cuanto a opciones y posibilidades; es una medida del grado de heterogeneidad. Aplicado a la vida, indica la amplitud en cuanto a variedad y variabilidad de tipos y formas de seres vivos. Es un concepto algo intuitivo. En la década del ochenta se creó el término *biodiversidad* por contracción de la expresión *diversidad biológica*. Ambos aluden a un mismo concepto. Son sinónimos.

Actualmente y desde el punto de vista biológico se ha convenido designar como **biodiversidad** al espectro de formas a todo nivel de organización, que la vida sobre la Tierra manifiesta o posee en un lugar y momento dado y preciso; incluye también la riqueza y variedad de hábitats, nichos ecológicos y ecosistemas (OTA, 1987).

La vida está estructurada en sistemas y a través de distintas escalas: molecular, genética, celular, individual, poblacional y ecosistémica; en todas ellas se manifiesta la diversidad. **La diversidad es una propiedad de la vida.**

La forma más evidente para todos es la percibida a simple vista, pero también encierra aspectos dentro del dominio de lo extremadamente pequeño: el mundo microscópico de los microorganismos y el aún más imperceptible mundo de los genes y las moléculas.

De esta manera y dada la amplitud ambiental a que se aplica el término, es posible definirlo en tres dimensiones que están *indisolublemente vinculadas*:

- **Diversidad taxonómica:** espectro de variabilidad de seres vivos a nivel específico, intraespecífico o supraespecífico en un área y tiempo determinados.
- **Diversidad genética:** espectro de variabilidad del material genético en una especie dada o el conjunto de genes y genotipos dentro de una población.
- **Diversidad ecosistémica:** espectro de variabilidad del conjunto de ecosistemas, ecotonos, hábitats y nichos ecológicos en todas sus escalas.

Existe, además, un concepto profundamente vinculado a la biodiversidad y es el de geodiversidad. La *geodiversidad* expresa la variedad de *factores ambientales abióticos* -o parámetros ecológicos- debida a los cuales existen una variedad y cantidad determinadas de hábitats o biotopos por cada unidad de superficie de referencia. Entre ambos, geodiversidad y biodiversidad, existe una estrecha interdependencia.

LA BIODIVERSIDAD COMO EXPRESIÓN DEL PROCESO EVOLUTIVO

La biodiversidad es una de las formas más perceptibles en que se expresa el proceso evolutivo. Es el resultado del creativo proceso de la selección natural y las adaptaciones de la vida a condiciones ambientales heterogéneas y cambiantes. Este fenómeno inherente a la vida y esencial para su comprensión, fue interpretado y expuesto por el gran naturalista Charles Darwin en su paradigmática obra *El Origen de las Especies*, en 1859.

La evolución de la vida y la evolución del ambiente no vivo, están estrechamente ligadas constituyendo un **proceso único e indivisible**, es decir **co-evolucionan** (Lovelock, 1993)*. Este indisoluble vínculo entre vida y ambiente fue clara y sencillamente expresado por el físico J. Wagensberg, que lo sintetizó diciendo *el entorno es una de las partes esenciales de un ser vivo* (Wagensberg, 2002).

El individuo y la especie (conjunto de individuos inter-fértiles) son las unidades en que se manifiesta el proceso evolutivo. La mutación genética opera en ciertos casos, como posibilidad adaptativa potencial, cuando encuentra en el ambiente las condiciones que tornan aprovechable o útil el cambio. En las últimas décadas se ha podido constatar que ciertos mecanismos de simbiosis (asociaciones cooperativas entre individuos de distintas especies y aún, reinos) han desempeñado un papel muy importante y decisivo en el proceso evolutivo y la generación de diversidad biológica (Margulis y Sagan, 2003).

La aparición de la vida en la Tierra y las peculiaridades de su proceso y del sistema biosfera en el cual deviene, han mostrado la ubicuidad y plasticidad con la que la vida perdura, se reproduce, se adapta y se difunde. Esta plasticidad hace que el fenómeno de la vida, necesariamente, se exprese en una multiplicidad de formas (diversidad) y estrategias de supervivencia manifiestas y potenciales.

El ambiente de nuestro planeta tiene dinámica propia, **cambia inevitable y permanentemente en todas sus escalas, a distintas velocidades**. Procesos tales como eventos astronómicos, la tectónica de placas y sus fenómenos asociados, los efectos de la vida sobre la composición de la atmósfera, hidrosfera y suelo y el impacto humano, provocan la aparición de nuevas condiciones o fluctuaciones en los ecosistemas a las que la vida se enfrenta, adaptándose con distintos grados de éxito o sufriendo pérdidas. Las especies biológicas surgidas en el proceso evolutivo son **irrepetibles**, esto significa que su desaparición es irreversible; la pérdida de una de ellas es **para siempre**.

A lo largo del antiguo devenir de la vida, esa capacidad de generar diver-

* Empleamos el término coevolución en su sentido más amplio, como el proceso de evolución conjunta de modelación y remodelación mutua y recursiva entre sistemas.

sidad -biodiversidad- ha tenido periodos de florecimiento, de estasis y de merma; estos últimos corresponden a los grandes episodios de las extinciones naturales pasadas, que produjeron la desaparición de especies y conjuntos de especies.

Si bien las extinciones implicaron mermas de la biodiversidad en tiempo y espacio, también constituyeron grandes crisis y como tales, promovieron el surgimiento de nuevas oportunidades, nuevas posibilidades para que la vida -a través de su plasticidad- se expresara nuevamente y de forma original.

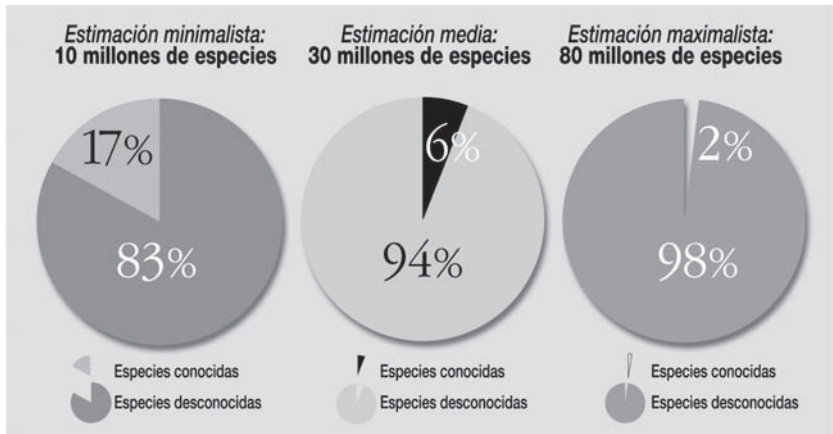
CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD

Se estima que el 99% de las especies animales y vegetales que han habitado nuestro planeta se han extinguido (Lewontin, 1968). De las que actualmente lo habitan se han estudiado, nombrado y registrado científicamente aproximadamente 1,75 millones (Eldredge, 2001).

Es controvertido el número total de especies vivientes; a pesar de ello hay acuerdo en que dicho número se encontraría entre 10 y 80 millones de especies (May, 1988; Stork, 1988; Kauffman & Harries, 1996). Para muchos biólogos una cifra razonable estaría alrededor de 30 millones. Según el micólogo D. Hawksworth (Hawksworth, 1991; Mann, 1991), sólo el grupo correspondiente a los hongos reuniría actualmente 1,5 millones de especies.

Estos datos permiten dimensionar el tamaño de nuestro desconocimiento. Según los cálculos minimalistas, desconocemos aproximadamente el 83 %

Figura 1. Estimaciones del grado de conocimiento y desconocimiento de la biodiversidad taxonómica a nivel de especies biológicas.



y según los maximalistas, el 98%. Dicho de otra manera, **nuestro conocimiento de la biodiversidad es altamente incompleto** (Figura 1).

Como la biodiversidad es la expresión de un **proceso** evolutivo (dimensión histórica), es ineludible también el conocimiento de la biodiversidad pasada, cuyos *restos* se encuentran como información confinada en el registro fósil. Sólo así, integrando el pasado biológico y ambiental con los datos de la vida y sus escenarios actuales, lograremos su conocimiento y con ello los elementos necesarios para contribuir a la preservación de su dinámico equilibrio natural y su uso racional y sostenible.

2 . VALOR E IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD

La vida le ha dado a nuestro planeta una riqueza de estructuras que no observamos en ningún otro lugar del universo (Dyson, 2001). La biodiversidad es la expresión de esa riqueza; es un rasgo del sostenido proceso de la vida en nuestro planeta.

Resulta en apariencia banal preguntarnos sobre su importancia, tan banal tal vez, como preguntarnos sobre la importancia de la vida o de nuestro planeta. Es necesario, sin embargo, reflexionar sobre su existencia, su dimensión y su **función**. La biodiversidad no es ajena al ser humano, somos parte de ella. Indagar y conocerla implica indagarnos y conocernos, implica abordar dimensiones históricas e imaginar y evaluar escenarios ambientales futuros.

El ambiente de nuestro planeta es un sistema complejo y dinámico, que posee una serie de propiedades específicas cuyos valores cambian a través del tiempo. La temperatura media del planeta, la composición química de la atmósfera, mares y océanos y sus comportamientos físicos, son algunas de ellas.

Dentro de este sistema global, los elementos bióticos y abióticos interactúan y se condicionan mutuamente. Esta interacción provoca que la materia esté en constante movimiento. Los átomos del dióxido de carbono presentes en la atmósfera pasan -a través de la fotosíntesis- a formar parte de los tejidos vegetales. Cuando ellos son ingeridos por los animales, pasan a formar parte de éstos, quienes a su vez los liberan nuevamente al medio, por ejemplo al respirar o al morir. Lo mismo se repite para gran parte del resto de la materia (agua, oxígeno, fósforo, nitrógeno, etc.).

Estas rutas que recorre cíclicamente la materia entre los seres vivos y el ambiente físico, constituyen los **ciclos biogeoquímicos** del planeta. Representan los «procesos fisiológicos» de la Tierra que James Lovelock (1993), autor de la Teoría de Gaia, denominó *geofisiología*.

La vida a través de su biodiversidad, asegura su existencia y el mantenimiento de las condiciones ambientales tal como las conocemos.

De esta forma podemos decir que la biodiversidad, a través de sus funciones ambientales, tiene una importancia crítica para asegurar nuestra supervivencia.

Desde hace tiempo, muchos investigadores y pensadores han reflexionado sobre los aspectos del valor e importancia de la biodiversidad (Randall, 1991). Ehrlich & Wilson (1991) postulan cuatro dimensiones valorativas:

- **Productiva:** alude al uso que el ser humano hace del medio en que vive y se desarrolla. La biodiversidad siempre fue una fuente de opciones de uso. Inicialmente, **en cuanto a posibilidades alimenticias** y, a través del desarrollo de las distintas culturas, **opciones de materialidades para satisfacer necesidades** tan diversas como vestimenta, vivienda, medicina y todo tipo de tecnologías. Actualmente y a modo de ejemplo más conspicuo, debemos enfatizar la incalculable fuente de moléculas orgánicas que la biodiversidad representa y que, como ya se ha demostrado, aportan soluciones en el campo de la salud, la alimentación y la tecnología. La vida humana está indisolublemente vinculada al *uso* del ambiente y su futuro fuertemente condicionado al *uso racional*.
- **Científica:** nuestra civilización se ha desarrollado en muchos de sus aspectos, a partir del pensamiento racional y el conocimiento. El progreso material tiene en el conocimiento científico uno de sus pilares fundamentales. La ciencia busca interpretar fenómenos, elaborar hipótesis, contrastarlas y corregirlas. Dentro de este proceso, el conocimiento puro -y en apariencia sin aplicación inmediata- de los objetos materiales / reales, es un hecho ineludible. El estudio de la biodiversidad en este aspecto es relevante, necesario e imprescindible y **está dirigido a lograr un inventario mundial detallado de todas las formas de vida** que han habitado y habitan nuestro planeta. Si deseamos comprender el proceso de la vida necesitamos entre otras cosas, conocer la diversidad de sus formas.
- **Estética:** el ser humano siempre ha buscado acercarse a la naturaleza desde un punto de vista contemplativo. Esta actitud se manifiesta, por ejemplo, en la jardinería, el acuarismo o en la simple presencia de un ramo de flores sobre una mesa. Existen en todo el mundo asociaciones de naturalistas dedicados a la observación de aves y actualmente, el *turismo ecológico* también satisface esa necesidad. **Hemos manifestado desde siempre una fuerte atracción hacia la vida, sus formas y sus ambientes**, que se ha plasmado en la actitud contemplativa y en la expresión artística de las culturas a lo largo de toda su historia. Sin lugar a dudas la multiplicidad de formas vivientes, sus detalles individuales, sus asociaciones, sus cambios naturales -es decir la expresión visual de la biodiversidad- constituyen un valor estético que satisface una necesidad espiritual y genera placer. El biólogo E. Wilson llamó *biofilia* a esta vinculación emocional innata que tenemos los seres humanos con otros seres vivos.
- **Ética:** la vida (el proceso vital y su existencia) ha sido -desde que el ser humano comenzó a reflexionar y a preguntarse- **un fenómeno para el que ha buscado respuestas desde dimensiones filosóficas, espirituales o**

religiosas. Esta búsqueda ha expresado en todas las culturas una relación particular con la vida y sus formas, en la que el aspecto sagrado o ético siempre estuvo presente. El hombre siempre intuyó, percibió e imaginó ser parte de la compleja trama de la vida y a partir de ello compartir un mismo destino. Por ello adoptó conductas de respeto y armonía que, aunque muchas veces ha violado y aún viola, sigue sosteniendo. La preocupación y el análisis sobre esta dimensión siempre ha sido intensa; muchos autores han reflexionado sobre ella. Escritores como D. Thoreau y R.W. Emerson han expresado bellamente la importancia que la naturaleza tiene para el alma. A mediados de la década de 1950, Aldo Leopold -uno de los principales impulsores del conservacionismo- elaboró y propuso la *Ética de la Tierra*, en la que desarrolla reflexiones como esta:

La ética de la Tierra amplía simplemente los límites de la comunidad para incluir el suelo, el agua, las plantas y los animales, o por decirlo en una palabra, el campo... La ética de la Tierra cambia el papel de Homo sapiens. De conquistador de la comunidad terrícola que era, pasa a ser miembro de a pie y un ciudadano más. Ello implica un respeto hacia los miembros individuales y también hacia la comunidad como tal.

Por otra parte, la **inevitable dependencia** que el ser humano tiene con el ambiente natural y sus recursos, hace imperativa la obligación ética de preservarlo para las futuras generaciones, que deberán tener las mismas oportunidades que nosotros para obtener medios de vida y disfrutarlo.

3 . DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Para lograr una aproximación seria al significado de la biodiversidad, su dinámica y actual problemática, es imprescindible conocer cómo la **red de la vida** se estructura, organiza y transcurre sobre nuestro planeta. Sin este contexto de referencia, la biodiversidad se convierte en una mera y estática colección de plantas y animales, deformándose por ello su profundo significado.

Nuestro planeta presenta una maravillosa y variada diversidad de paisajes naturales. Dentro de ellos, los tipos de flora y fauna no se distribuyen en forma aleatoria o caprichosa, sino respondiendo a determinados factores ambientales. La vida no es solitaria, o como lo expresó J. Lovelock (1993), *la vida es social, existe en comunidades y colectivos*. En realidad podemos decir que la vida se expresa en formas y procesos, seres y vínculos determinados principalmente por las características del ambiente en que se manifiesta.

Las formaciones vegetales (flora) y otros organismos fotosintetizadores, constituyen la estructura fundamental de las comunidades vivas. Ellas representan el nivel inicial de las cadenas alimenticias (productores) y sus características particulares están condicionadas por **factores climáticos**. Nunca encontraremos -en forma natural- orquídeas en un desierto, cactus en una selva tropical o palmeras en regiones árticas.

Las formaciones vegetales y la fauna asociada a ellas en una determinada zona climática, constituyen grandes ecosistemas (macro-ecosistemas) denominados **biomas**. Dentro de ellos la vida se estructura y transcurre en sistemas de menor jerarquía y restringidos en el espacio, llamados **ecosistemas locales**. Un lago, una playa, un pequeño bosque, una ciudad, representan algunos de ellos. En todos fluye la energía a través de la cadena alimenticia; en todos hay poblaciones interdependientes constituidas por organismos fotosintetizadores (productores), animales (consumidores) y microorganismos (descomponedores).

Son sistemas abiertos, es decir, si bien tienen dinámica propia, están interrelacionados y mutuamente condicionados. Entre ellos fluye materia y energía. Esta relación se puede observar, por ejemplo, en un lago (ecosistema) ubicado en un bosque (ecosistema). Las aves rapaces (águilas, halcones, etc.) participan en la dinámica de ambos sistemas, anidan en el bosque pero parte de su alimento lo obtienen en el lago; son una pauta que los conecta. Entre los ecosistemas hay muchas *pautas de conexión*.

A su vez los ecosistemas poseen límites físicos difusos; la transición entre ellos posee elementos de ambos pero también propios y su ambiente tiene

particularidades especiales. Estas zonas de transición se llaman ecotonos.

En los ecosistemas, la vida se organiza en comunidades (comunidad vegetal, algal, fúngica, animal y microbiana) y éstas en poblaciones de especies. Dentro de la red de ecosistemas interrelacionados y sometidos a variaciones y fluctuaciones ambientales, ocurre la evolución de las comunidades vivas. Ese gran conjunto de ecosistemas locales, los biomas a que pertenecen y el ámbito espacial en que se manifiestan constituyen la biosfera.

La vida se da a través de seres individuales y concretos, intensamente vinculados entre sí. Todos los individuos que comparten un patrimonio genético común (igual genoma), hábitos de apareamiento y descendencia fértil, constituyen una **especie biológica**. Las especies se distribuyen en **poblaciones**. Dentro de los ecosistemas, ocupan lugares físicos determinados, espacios en que desarrollan sus ciclos de vida, llamados **hábitat**. Los hábitats pueden tener diversas dimensiones, que están dadas por los rasgos y dinámica de las especies que lo ocupan. Una pradera, una laguna o un sector de ella, un árbol, un bosque o una caverna, constituyen algunos ejemplos de ellos. No son entidades independientes de la especie que los habita, sino que *son parte indisoluble de ella*.

Los ecosistemas responden y pueden ser interpretados, más allá de la Teoría de los Sistemas Ecológicos (Margalef, 1991 y 1998), según la dinámica propuesta por la Teoría de los Sistemas Generales (Bertalanffy, 1976), las Teorías del Caos y de la Complejidad (Lewin, 1995) y de los Modelos de Orden por Fluctuaciones (Prigogine, 1982).

De forma muy resumida, podemos decir que los ecosistemas son **sistemas abiertos** que poseen *elementos constitutivos, estructura, organización, dinámica propia y mecanismos de homeostasis*, capaces de absorber o compensar fluctuaciones dentro de un rango propio y particular. Además, poseen un *equilibrio dinámico y evolucionan*. Queremos decir con esto que en forma natural y a lo largo del tiempo cambian, se trasforman. También queremos decir enfáticamente lo que **no son**: no son entidades estáticas, fijas.

La aparición del ser humano y con él su actividad cultural (en su sentido más amplio), constituyó una fuerza que actuó sobre la dinámica de los ecosistemas y que en un principio fue absorbida y no alteró sensiblemente su dinámico equilibrio. Fue a partir del uso y dominio de las técnicas de encendido del fuego, hace aproximadamente 1,5 Ma, que el hombre comenzó a incidir significativamente sobre los ecosistemas. Posteriormente, el desarrollo cultural y su «éxito» tecnológico -en cuanto a capacidad de transformar el ambiente- cambiaron las cosas. El fuerte impacto ambiental ejercido sobre los ecosistemas comenzó a provocar perturbaciones persistentes que, en muchos casos, llegan a exceder su capacidad de asimilación. Esto ha generado fuertes desequilibrios, muchos de los cuales se pueden tornar irreversibles.

Es importante tener en cuenta que superados determinados **umbrales críticos**, se produce el colapso de la estructura del sistema, sobreviene el evento catastrófico y la búsqueda de un nuevo equilibrio. El actual impacto humano sobre el ambiente podría desembocar en una nueva reconfiguración de la vida en el planeta y del ambiente global que podría traer aparejada, como en el pasado, la extinción masiva de especies. En ese nuevo escenario existiría un **nuevo equilibrio ambiental**, cuyas condiciones -también nuevas- no necesariamente serían aptas para la vida humana, ya que nuestra especie (*Homo sapiens*) no es «más» importante, ni «más» necesaria que otras. El fenómeno de la vida devendrá siempre a través de especies, no importa cuáles. Podemos en este sentido recordar lo que expresara J. Lovelock (1993): *«En Gaia (la Tierra) sólo somos otra especie, no los propietarios ni los administradores del planeta. En gran parte, nuestro futuro depende mucho más de una relación correcta con Gaia que con el inacabable drama del interés humano».*

En todos los ecosistemas existen fuertes vínculos -directos o indirectos- entre sus poblaciones (especies); vínculos que son mutuamente condicionantes. Por ello, es necesario ver y entender la vida no como una simple sumatoria de seres, sino **como una delicada y compleja trama de interacciones**. Dicho de otra manera, debemos verla desde una **perspectiva sistémica** en la que en última instancia, el destino individual y colectivo están inexorablemente condicionados.

La biodiversidad se distribuye a nivel global y, en términos generales, según un gradiente que muestra valores máximos en la zona ecuatorial y un decrecimiento hacia los polos (Margalef, 1980; Fischer, 1960). Otros gradientes naturales de biodiversidad se observan desde áreas extremadamente áridas hacia áreas con abundante humedad uniformemente distribuida a lo largo del año; desde áreas geológicamente inestables (sometidas a continuos cambios) hacia áreas estables; desde áreas de baja geodiversidad hacia áreas de alta geodiversidad (áreas fuertemente diferenciadas topográficamente).

Este modelo de distribución se refleja en la existencia de los seis grandes Reinos Florísticos: el **Holártico** en el Hemisferio Norte desde los 30° de latitud norte hasta el polo; el **Neotropical** que abarca la mayor parte de América del Sur y Central; el **Paleotropical** que incluye África central y suroriental, el sur de Asia y Australia; el **Capense** del sur y suroeste de África; el **Antártico** que abarca también una parte del sur y suroeste de Sudamérica y finalmente el **Oceánico**.

Los biomas más comúnmente conocidos están representados por los bosques, los pastizales (o praderas), los desiertos, la sabana, las aguas dulces y los océanos. Los factores ambientales (bióticos y abióticos) en cada uno de ellos, condicionan inexorablemente el tipo, cantidad y dinámica de los se-

res vivos que los habitan. Cada uno de ellos y en conjunto, expresan en su proceso vital-funcional su biodiversidad característica. En este sentido es interesante señalar que mientras en el desierto de Sahara meridional de Túnez (bioma del Desierto) se han encontrado alrededor de 300 especies vegetales y animales en una superficie de 150.000 km², en la selva tropical de Malasia (bioma del Bosque Tropical siempre verde o Selva Tropical lluviosa) existen 5000 especies **sólo** de orquídeas.

En la Figura 2 se muestran las áreas que ocupan los principales biomas continentales. Debe tenerse en cuenta que: a) el bioma de los Bosques Tropicales incluye el bioma del Bosque Tropical siempre verde (= Selva Tropical lluviosa), el bioma del Bosque Tropical caducifolio y el bioma del Bosque seco; b) el bioma de los Bosques Templados incluye el bioma del Bosque Templado siempre verde, el bioma del Bosque Templado caducifolio y el bioma del Bosque Boreal; c) el bioma del Desierto incluye el bioma del Desierto cálido y el bioma del Desierto frío (Purves et al., 2003).

La superficie terrestre permite identificar claramente dos grandes dominios: el **Continental**, comprendido por los territorios emergidos y el **Oceánico**, que incluye mares y océanos.

El aspecto y la distribución que actualmente muestran continentes y océanos no han sido siempre los mismos. A lo largo de la historia del planeta, la dinámica geológica los ha reconfigurado. Hace aproximadamente 200 Ma existió una antiguo supercontinente llamado Pangea que -producto de dicha dinámica- se fracturó y originó dos grandes masas continentales: Laurasia y Gondwana. A través del permanente y lento proceso de la tectónica de placas, estos antiguos continentes dieron origen a los continentes, océanos y mares con la configuración y distribución que hoy vemos y que lentamente irá modificándose con el transcurso del tiempo (Fig. 6).

Las distintas configuraciones, que en su dinámica adoptaban las masas continentales y oceánicas constituyeron ambientes globales con particularidades específicas, que condicionaron los patrones climáticos y la distribución de las formas de vida y su evolución.

Dentro de estos dos grandes dominios se despliega la biosfera y transcurre la vida, organizada en **sistemas interconectados** de distinta escala.

DOMINIO CONTINENTAL

Representa actualmente el 30% de la superficie del planeta. Incluye una multiplicidad de ambientes que abarca desde zonas extremadamente desérticas en las que llueve apenas 100 mm anuales, hasta las selvas tropicales lluviosas con más de 4000 mm anuales. Del mismo modo, en éste dominio se manifiestan situaciones extremas de temperatura que oscilan

Figura 2. Distribución de los principales biomas.



entre -70° C (Antártida) hasta más de 60° C (desiertos).

En él se despliegan las grandes regiones ecológicas representadas por los bosques, los pastizales, las sabanas, el chaparral, el desierto, la tundra y las zonas de alta montaña .

Dentro de ellos, el bioma del Bosque Tropical siempre verde (o Selva Tropical lluviosa) representa la zona de máxima biodiversidad (Figura 3). Ocupa actualmente el 9% (1.800 millones de ha) de la superficie continental y desempeña un papel fundamental dentro del ciclo global del agua (ciclo hidrológico) y del ciclo del dióxido de carbono. Se estima que más de la mitad de las especies vivientes habitan en los ecosistemas de estas selvas. Muchos biólogos sostienen que de realizarse un censo completo, se encontraría que aproximadamente el 90% de las especies habitaría en ellas. Son ambientes de alta productividad, temperatura uniforme a lo largo del día (entre 25° C y 30° C) y ausencia de variaciones estacionales. Están, en general, asentadas sobre suelos pobres en materia orgánica (humus) y elementos nutritivos. Tienen tres estratos arbóreos (el mayor de ellos con una altura entre 60 y 80 m) y la fauna que las habita se encuentra también estratificada en comunidades adaptadas a los diferentes niveles de la cubierta vegetal. El máximo desarrollo espacial de este tipo de selvas se produce en Sudamérica, en la cuenca del río Amazonas (Brasil).

Las selvas tropicales están sufriendo en las últimas décadas una severa deforestación, que se produce a un ritmo de 10 a 14 millones de hectáreas anuales y tiene su mayor intensidad en América Latina. Las razones de esta reducción están vinculadas al incremento de tierras destinadas a la agricultura, al pastoreo y a la industria de la madera, es decir, a la expansión de la actividad humana (Golley y Hadley, 1981).

Los datos siguientes son reveladores de la riqueza biológica que albergan y representan sólo una breve idea de su magnitud:

- En una sola leguminosa arbórea de la selva tropical de Perú se recolectaron e identificaron 43 especies de hormigas correspondientes a 26 géneros, esto equivale aproximadamente a la diversidad de hormigas en las Islas Británicas. De igual forma, en un solo árbol de la selva Amazónica se hallaron 72 especies de hormigas.
- En 2 hectáreas de la selva tropical de Iquitos (Perú) se identificaron 300 especies de árboles.
- En una superficie de 5 km² de la selva peruana se detectaron 1300 especies de mariposas y 600 especies de aves.
- En las laderas de un solo volcán de la Selva lluviosa de Filipinas hay mayor diversidad de plantas leñosas que en todo el territorio de USA.
- En la selva húmeda de Panamá, el biólogo T. Erwin, que investiga la bóveda superior de estos bosques tropicales que se encuentran a 30 m de

altura, encontró 1.200 especies de escarabajos y entre 40.000 y 60.000 especies de insectos por hectárea.

- En 600 ha de la selva lluviosa de Ecuador se identificaron 3000 especies de plantas, 530 especies de aves, 80 especies de murciélagos y 11 especies de primates, sin considerar peces, anfibios, reptiles, otros vertebrados, invertebrados ni microorganismos.

Figura 3. Distribución del Bosque Tropical siempre verde (= Selva Tropical lluviosa).



En este tipo de ecosistemas se ha observado que muchas especies habitan y restringen su vida a zonas muy limitadas espacialmente. De esta forma, si esos hábitats son destruidos o fragmentados, su desaparición es prácticamente inmediata. Esta observación ha sido lamentablemente confirmada en las selvas peruanas donde, luego de la deforestación de áreas relativamente pequeñas en la zona montañosa, se produjo la pérdida irreparable e irreversible de 90 especies vegetales endémicas.

Un equipo de ecólogos identificó -a nivel mundial- lugares ricos en especies (alta biodiversidad) que se encuentran en serio peligro de destrucción inmediata. Estos hábitats de las selvas en situación crítica, fueron denominados **puntos calientes** (Wilson, 1989) y comprenden (Figura 4):

- El Chocó de Colombia occidental
- Las tierras altas de la Amazonia occidental

- La costa Atlántica de Brasil
- Madagascar
- El Himalaya oriental
- Filipinas
- Malasia
- Borneo nororiental
- Los bosques tropicales de Australia
- Nueva Caledonia

Figura 4. Ubicación de los Puntos Calientes o áreas en que la biodiversidad se encuentra seriamente amenazada.



DOMINIO OCEÁNICO

Los océanos comenzaron a formarse hace aproximadamente 4300 millones de años.

La existencia del Dominio Oceánico implica una particularidad única de nuestro planeta dentro del sistema solar y el universo conocido, la existencia de agua en estado líquido en inmensas cantidades: 1,4 trillones de toneladas ó 1400 trillones de kg de agua salada (\approx 3.5%) alojada principalmente en los océanos. Esta inimaginable cantidad representa **más del 90% del agua del planeta**; el resto se reparte entre hielos, lagos, ríos, vapor de agua atmosférico y agua retenida en organismos, rocas y sedimentos.

Distribución porcentual del agua en el planeta.

(WWF. Atlas of Environment, 1990)

| AGUA SALADA | AGUA DULCE | |
|-----------------|---------------------------------|----------|
| Mares y océanos | Casquetes de hielo y glaciares. | 2,37 % |
| | Agua subterránea | 0,6006 % |
| | Ríos y lagos | 0,0153 % |
| | Humedad del suelo | 0,0114 % |
| | Vapor en atmósfera | 0,0024 % |
| | En organismos vivos. | 0,0003 % |
| <hr/> | | |
| | 97 % | 3 % |

El agua así distribuida entre estos compartimientos, se encuentra en permanente *movimiento*, cumpliendo el ciclo hidrológico y representando un factor decisivo en el surgimiento y mantenimiento de la vida. Es curioso que frente a la presencia de tanta cantidad de agua, a nuestro planeta lo llamemos Tierra.

Los océanos y sus mares ocupan actualmente el 70 % de la superficie terrestre. En ellos se encuentran ecosistemas de costa, marinos, oceánicos de aguas libres y profundas.

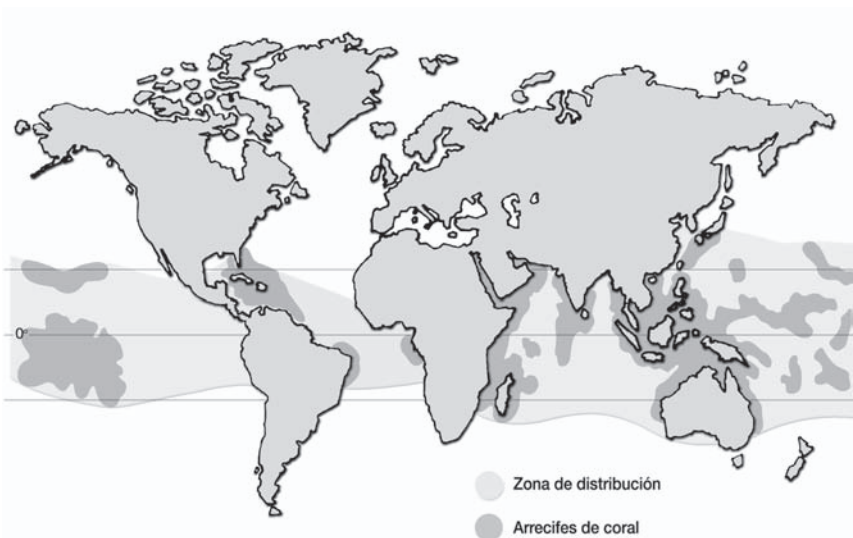
El ecosistema más diverso en este dominio está representado por los **arrecifes de coral** que, en cuanto a biodiversidad, constituyen el equivalente oceánico de las selvas tropicales lluviosas. Son *estructuras* vivas que poseen un exoesqueleto carbonático (rocoso) producto de la actividad de los corales y de algas calcáreas coralinas asociadas. El organismo generador es un pólipo colonial (Cnidaria) emparentado con las medusas, que establece una relación simbiótica de dependencia mutua (mutualismo) con ciertas algas microscópicas llamadas *Symbiodinium*, pertenecientes al grupo de los dinoflagelados. Se distribuyen en los mares tropicales aproximadamente entre los 37° de latitud Norte y 37° de latitud Sur. Están presentes en los océanos Atlántico, Pacífico e Indico, pero es en éstos dos últimos donde manifiestan su mayor desarrollo (Figura 5). Conforman las estructuras básicas de ambientes muy variados, con ecosistemas complejos y altamente diversos.

Durante la última década se ha observado -sobre todo en los arrecifes que rodean islas del Océano Indico (Maldivas, Seychelles) o próximos a las costas de India, Kenya y Tanzania- la muerte masiva de estas bioestructuras y consecuentemente, el severo deterioro de estos ecosistemas.

Este fenómeno llamado «blanqueamiento» (bleaching) ha llegado a afectar

en algunos casos hasta el 90% de los corales vivos (Wilkinson et al., 1999). Aunque la causa no ha sido claramente identificada, se presume que estaría vinculada a la muerte de las algas simbióticas debido a la incidencia del cambio climático global sobre parámetros físicos y químicos de las aguas oceánicas y, especialmente, su temperatura. La información brindada por la *Red Global de Monitoreo de Arrecifes Coralinos* y el informe 2004 del proyecto «*El estado de los Arrecifes Coralinos del Mundo*» indica que dentro del Golfo Pérsico se encuentran los más dañados, afectando al 65%; durante el año 1998 se destruyó el 16% de todos los arrecifes del planeta y, si bien se observan ciertos casos de recuperación, se encuentra seriamente amenazada la mitad de los arrecifes del mundo.

Figura 5. Distribución de los arrecifes coralinos.



En ambos dominios -oceánico y continental- existen ciertos ecosistemas con características extremas y adversas para la mayor parte de las formas de vida. Temperaturas altas o extremadamente bajas, altas concentraciones de elementos tóxicos y sales, elevadas presiones y ausencia de luz, son situaciones que se dan en los **ecosistemas extremos**. Eran muy frecuentes hace 3800 Ma (Eón Arqueano) y seguramente fue en este tipo de ambientes donde se originó la vida. Actualmente conservan y atestiguan las formas de vida más antiguas.

Estos ambientes tan particulares y en muchos casos restringidos (incluidos

en los biomas) están representados por géiseres y fumarolas, humeros abisales, hielos marinos, zonas polares extremas y fondos oceánicos abisales.

Están habitados por organismos extraños y singulares, adaptados a través del desarrollo de estrategias de vida apropiadas y muy específicas. Un caso límite de estas formas lo constituyen los microorganismos extremófilos (arqueobacterias), habitantes de ambientes de altas temperaturas (termófilos e hipertermófilos / 85-150° C), alta acidez (acidófilos / $\text{pH} \cong 4$), alta alcalinidad (alcalófilos / $\text{pH} \cong 9$) y alto contenido de sales (halófilos / de hiper salinidad).

Estas formas extremas de vida, poseen en su genoma secuencias genéticas (genes y grupos de genes) que permiten la existencia de mecanismos capaces de afrontar esas condiciones. Del conocimiento de esos genes y los procesos que desarrollan, se puede extraer información importante para el mejoramiento de la salud y la alimentación. Uno de ellos, el microorganismo *Thermus aquaticus* (hallado en los géiseres del Parque Nacional de Yellowstone, Wyoming-USA), permitió la optimización y el uso de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), a través de la cual se hizo posible el desarrollo y aplicación de la biotecnología en medicina, biología y agricultura.

Otro de estos ecosistemas corresponde al de los humeros abisales, ambientes localizados en las fisuras de las cordilleras oceánicas donde emanan grandes concentraciones de compuestos químicos y agua a altas temperaturas. Dada la profundidad a que se encuentran, están confinados a la oscuridad permanente y ello hace que los vegetales u otros organismos fotosintetizadores (productores) sean inexistentes. La energía primaria de estos sistemas es generada por bacterias, que se nutren de la energía producida al metabolizar («comer») compuestos químicos. A partir de ellas se organiza una fauna variada de invertebrados (gusanos, moluscos, crustáceos) y vertebrados (peces abisales) especializados y adaptados a estos peculiares ambientes. El microorganismo *Pyrolobus fumarii* medra en las paredes de los humeros, llegando a tolerar hasta 113° C y no se desarrolla a temperaturas inferiores a 90° C.

Numerosos humeros de distinta magnitud se encuentran en el Rift (fractura) de las Galápagos a 86° latitud Oeste; en fracturas de fosas abisales del Océano Pacífico Este a 21° latitud Norte y sobre la dorsal Atlántica entre los 10° y los 35° de latitud Norte, todos ellos a profundidades superiores a 3.400 m.

En las chimeneas volcánicas existentes en las profundidades marinas cerca de las Islas Galápagos (en la dorsal del Pacífico Este), viven bacterias a temperaturas de hasta 200° C.

También en ambientes extremadamente fríos -como en hielos árticos y antárticos- se han encontrado comunidades (organismos psicrófilos) integradas

por algas y bacterias. La bacteria *Polaromonas vacuolata* tiene a 4° C su temperatura óptima de crecimiento y no se multiplica por encima de los 12° C.

Otros organismos medran en ambientes extremadamente ácidos como las fuentes hidrotermales que producen gases sulfurosos, en cierto tipo de géiseres y en los residuos que generan las minas de carbón.

También pueden hallarse organismos en ambientes alcalinos, como los suelos saturados de carbonatos y las lagunas de aguas carbonatadas localizadas en Egipto, en el valle del Rift en África y en el oeste de los Estados Unidos.

Lagunas evaporíticas (muy saladas), cuyas condiciones ambientales son prácticamente incompatibles para la mayor parte de las formas de vida como la Laguna Figueroa de Baja California (México), están habitadas por abundantes comunidades microbianas llamadas tapices o biomatas que fueron muy frecuentes durante el Precámbrico.

Situaciones semejantes se dan en géiseres y superficies vaporosas de charcas repletas de azufre del Parque Nacional de Yellowstone, a 85° C y en aguas minerales del Grand Prismatic Spring (USA).

Todos estos organismos tienen, potencialmente, innumerables aplicaciones de interés humano. Se utilizan en procesos tales como producción de edulcorantes, diagnóstico de enfermedades infecciosas y genéticas, identificación de personas, mejoramiento de la absorción de fármacos, producción de perfumes, detergentes activos en el lavado en frío, catalizadores y aditivos que mejoran el rendimiento en los procesos de extracción de petróleo, entre otros.

4 . LA BIODIVERSIDAD A TRAVÉS DE LOS TIEMPOS

LA VIDA EN EL PLANETA

La historia del planeta y de la vida implican dimensiones temporales del orden de los millones y miles de millones de años, que resultan difíciles de concebir. Para ubicar en el pasado los distintos momentos históricos, se recurre a expresarlos indicando la cantidad de años o bien empleando los nombres con que internacionalmente se conocen las distintas unidades temporales en que se subdivide la historia de la Tierra (eón, era, periodo).

Nuestro planeta se originó hace aproximadamente 4.600 millones de años (4.600 Ma); 1.000 Ma más tarde -hace alrededor de 3.800 Ma- surgió la vida (Figura 6a y 6b). La vida constituye un proceso singular, que se desarrolla en el tiempo y el espacio.

Los registros científicos de su existencia fueron encontrados en rocas de dicha antigüedad y consisten en bacterias y organismos semejantes -los antepasados más remotos de todos los seres vivos- o en vestigios de su presencia.

Este tipo de vida microscópica fue, hasta hace aproximadamente 2.000 Ma, la única forma de vida en el planeta. Durante su solitaria evolución, a lo largo de casi 2.000 Ma, desarrollaron las estrategias metabólicas básicas (fermentación, fotosíntesis y cadena respiratoria) que actualmente están presentes en todos los organismos e indujeron grandes cambios ambientales en el planeta.

En esos tiempos, la Tierra presentaba un aspecto totalmente distinto al actual. El planeta era un cuerpo rocoso en actividad, con una atmósfera primitiva prácticamente carente de oxígeno. La vida estaba en sus inicios.

La vida comenzó su historia y el proceso evolutivo seleccionó las formas en función de su capacidad de adaptación y desarrollo en ese tipo de ambiente. Inicialmente fueron formas unicelulares elementales, que luego dieron origen a otras unicelulares con núcleo, a coloniales y multicelulares. Más tarde, la diferenciación condujo al surgimiento de una gran diversidad y así, el proceso vital lo cambió todo.

La vida se halla estructurada en una o más células. Por sus características biológicas de primer orden las células, y por lo tanto también los organismos, pueden diferenciarse en dos grandes conjuntos:

Prokarya (procariotas) (del griego *pro* = previo y *karyon* = grano y por analogía núcleo) cuyo material genético -el ácido desoxirribonucleico ADN- se encuentra disperso en el citoplasma del cuerpo celular en forma de una cadena circular y **Eukarya (eucariotas)** (*eu* = verdadero y *karyon* ~ núcleo), en los que dicho material, en forma de cadenas lineales, se halla alojado en una estructura diferenciada dentro del citoplasma, el núcleo celular (Figura 7).

Figura 6a. Tiempo geológico y cronología de hitos importantes en la historia del planeta y de la vida.

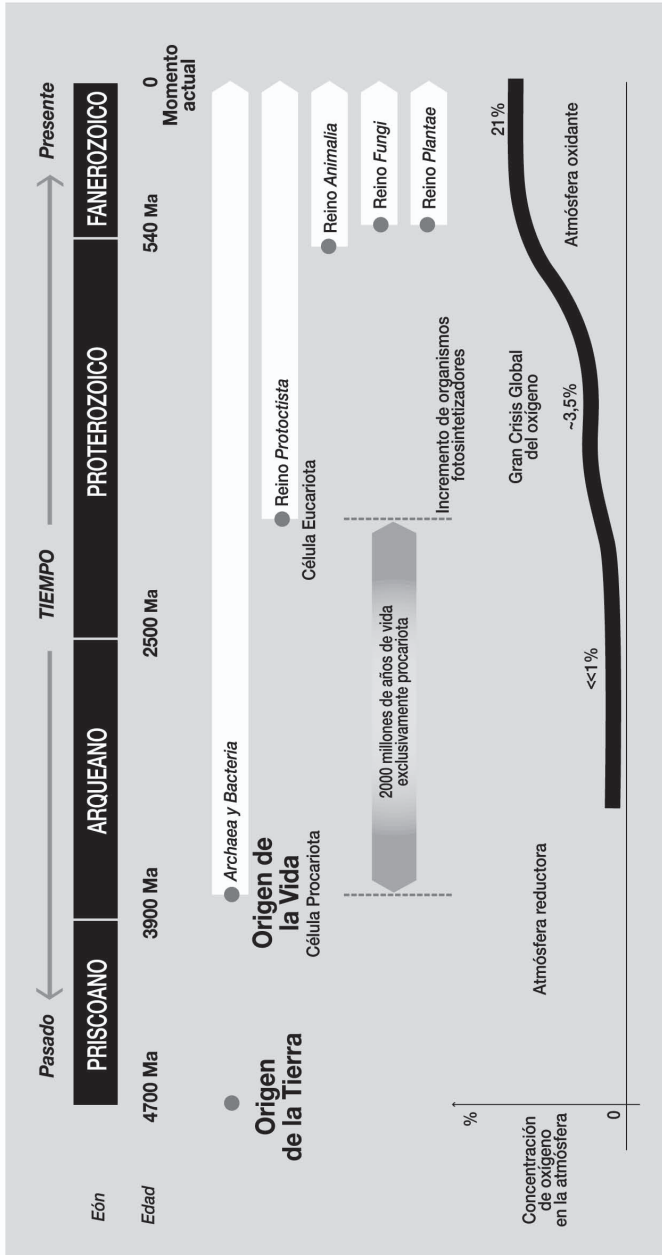
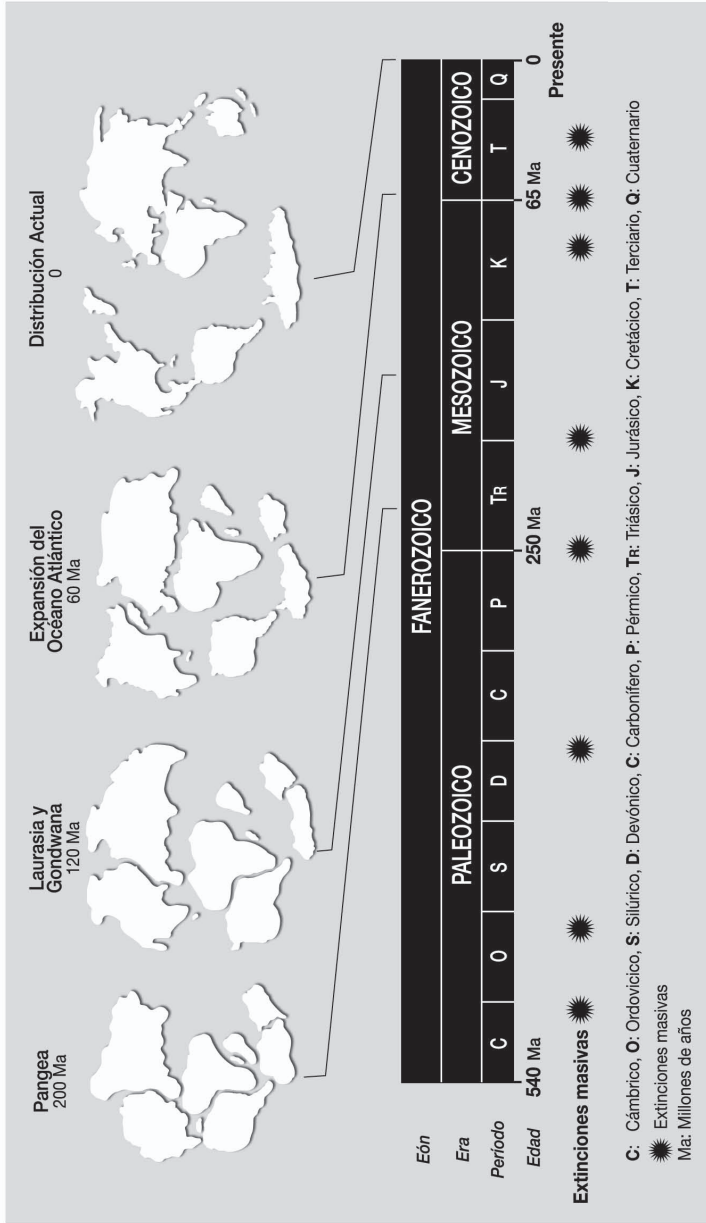
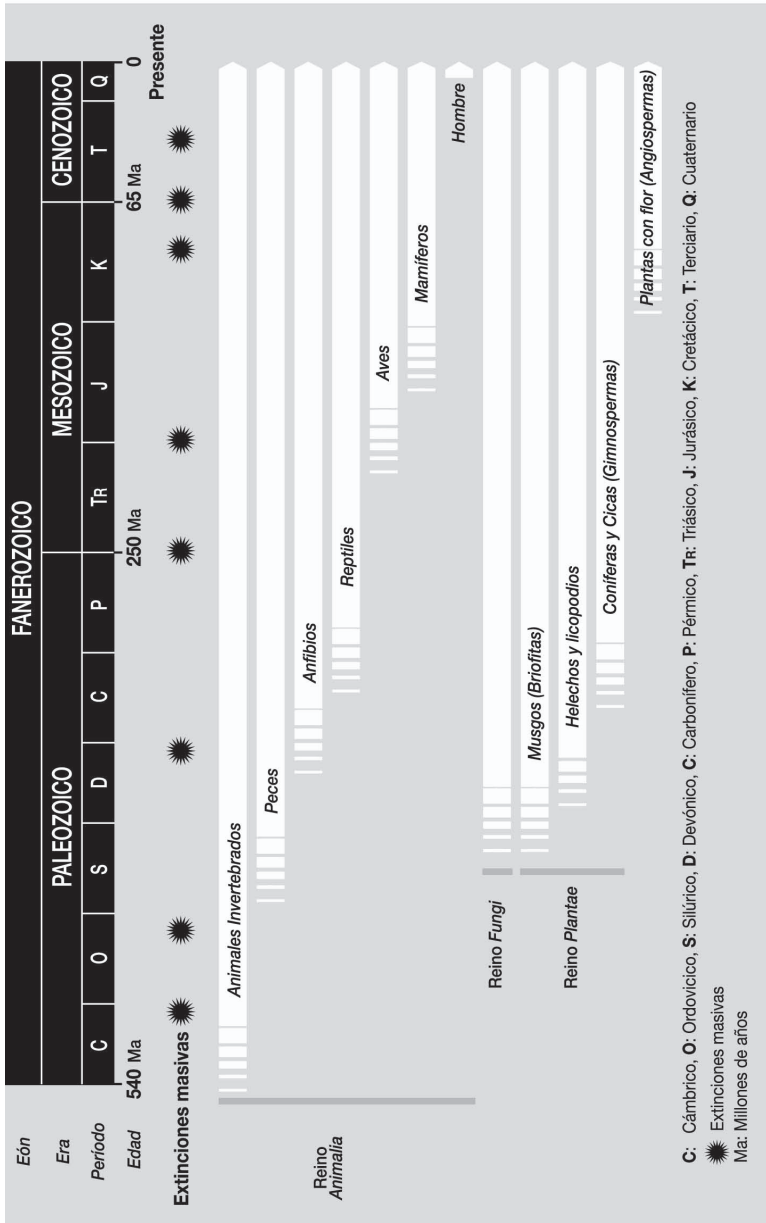


Figura 6b. Tiempo geológico y cronología de hitos importantes en la historia del planeta y de la vida.





Prokarya (procariotas)

Agrupas las formas de vida más primitivas. Los organismos que lo integran son los más pequeños y abundantes de la Tierra. Representan casi el 80% de todos los seres vivos y cumplen funciones indispensables en la biosfera. Un gramo de tierra fértil contiene aproximadamente 2.000 millones de estos individuos.

Son mayoritariamente unicelulares, pero pueden presentarse en agregados coloniales y, en ciertos casos y bajo determinadas condiciones ambientales, en forma multicelular (*Myxococcus xanthus*). El rango de tamaño más frecuente para las formas unicelulares se da entre menos de 1 y 20 micrometros (en adelante: μm). Existe sin embargo una bacteria «gigante» llamada *Thiomargarita namibiensis* que habita en cierto tipo de sedimentos marinos y cuyo cuerpo esférico alcanza 750 μm (casi 1 mm!) de diámetro.

Los procariotas son notablemente complejos. Tienen, como **ningún** otro grupo de organismos, diversos estilos metabólicos y formas de acceder a la energía y al alimento. Se reproducen aceleradamente a través de la división binaria, es decir, su célula se divide en dos nuevas células. Su alta tasa reproductiva le permite a una célula generar millones de individuos a lo largo de un día. Al tener este tipo de reproducción puede inferirse que los procariotas en realidad no mueren, ya que al dividirse se *transforman* en nuevos individuos. Poseen sexualidad pero no vinculada a la reproducción, ya que sólo consiste en la pasiva transferencia de genes entre un organismo dador y otro receptor, que produce cambios en la identidad (genoma) de quien los recibe generando su transformación, pero no células «hijas» (nuevos individuos).

Viven en todo tipo de ambientes, habitan naturalmente sobre otros organismos o en el interior de ellos y desempeñan un papel importante en el reciclado de elementos.

A pesar de que todos presentan una forma semejante, se han podido identificar importantes diferencias en su estructura celular y comprender que dentro de ellos existen dos entidades biológicas diferentes, habitualmente conocidas como arqueobacterias y eubacterias.

Actualmente y a partir de las evidencias encontradas por Carl Woese (Woese et al, 1990), las arqueobacterias han sido separadas de las bacterias, constituyendo un grupo de procariotas distintivo. A pesar de tener la misma forma de las bacterias, poseen a nivel genético y molecular grandes diferencias con ellas y algunas semejanzas con los eucariotas. Comparten con bacterias y eucariotas similitud en un 40% de sus genes, pero el 60% restante es propio de ellas y le otorgan su propia identidad. Por ese motivo se las ha separado de las bacterias en un grupo independiente llamado Archaea.

Siguiendo a C. Woese, numerosos biólogos concuerdan hoy en agrupar a los seres vivos en tres dominios: **Archaea**, **Bacteria** y **Eukarya**, que reflejarían relaciones evolutivas. En esta agrupación se asignan dos dominios (Archaea y Bacteria) para los *procariotas* y un único dominio (Eukarya) para todos los *eucariotas*; también ha llevado a concluir que esos tres dominios tuvieron un ancestro común unicelular procariota.

Dominio Archaea

Posiblemente representen las formas más primitivas de vida. Individualmente tienen un rango de tamaño entre 0,1 y 15 μm .

Agrupar seres que habitan ambientes extremos con temperaturas próximas a los 200 °C o elevados niveles de salinidad o acidez. A este grupo pertenecen los archaea productores de metano, que viven en los humeros abisales y en el tubo digestivo de los rumiantes como simbioses naturales. No se han encontrado formas que produzcan enfermedades en el ser humano. Entre los más conocidos mencionamos a *Haloferax volcanii* (ambiente hipersalino), *Sulfolobus acidocaldarius* (ambiente ácido y con alta temperatura), *Thermus aquaticus* (ambientes de alta temperatura / géiseres), *Pyrolobus fumarii* (ambientes de alta temperatura / humeros abisales), *Methanococcus jannaschii* (ambientes de alta temperatura).

Dominio Bacteria

Agrupar a las bacterias y presenta una gran diversidad metabólica. Habitan todo tipo de ambientes e incluye las **cianobacterias** que son fotosintetizadoras y productoras de oxígeno. Su fotosíntesis fue la base de la «revolución del oxígeno» que transformó la atmósfera de la Tierra. Tienen fundamental importancia en los ecosistemas, ya que muchas de ellas contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, permitiendo su reciclado. Varias especies desempeñan la importante función de fijar nitrógeno atmosférico y tornarlo disponible para el resto de los organismos; muchas de ellas establecen intensas asociaciones cooperativas de vida con otros organismos (simbiosis).

Numerosas cianobacterias viven asociadas simbióticamente a plantas, a las que aportan nitrógeno. *Azolla*, conocida como «helechito de agua», posee en sus hojas cavidades especiales en las que aloja una cianobacteria llamada *Anabaena azollae*. *Gunnera manicata*, una herbácea de grandes hojas conocida como «paraguas del pobre», aloja a una cianobacteria del género *Nostoc*. Otras se asocian a animales, a quienes brindan ciertas funciones de interés. Tal es el caso de *Vibrio fischeri* y cierto tipo de calamares

a los que esta bacteria les otorga mecanismos defensivos a través de la bioluminiscencia que genera. En el tracto digestivo de todos los animales - incluido el hombre- se desarrollan consorcios bacterianos imprescindibles para la digestión, absorción y asimilación de nutrientes y otras funciones metabólicas. Este tipo de asociaciones simbióticas es altamente frecuente.

Entre ellas también se encuentran agentes infecciosos para el ser humano y otras formas de vida (*Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Treponema pallidum*, *Chlamydia trachomatis*, *Salmonella typhi*); algunas productoras de antibióticos (*Streptomyces griseus*, *Bacillus brevis*) y otras de aplicación en la industria láctea (*Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium lactis*).

Culturalmente y de manera equivocada, se tiene una visión de las bacterias limitada a considerarlas sólo como agentes productores de enfermedades, olvidando que la mayor parte de ellas desempeñan funciones imprescindibles dentro de los ecosistemas y del proceso evolutivo generador de diversidad biológica. Archaea y Bacteria fueron los únicos habitantes del planeta, desde el inicio de la vida hace 3.800 Ma y durante casi 2.000 Ma hasta la aparición de los eucariotas.

Dominio Eukarya (eucariotas)

Incluye a todos aquellos organismos que poseen células con núcleo y tienen mayor complejidad estructural y tamaño que los procariontes.

Presentan su sexualidad ligada a la reproducción, es decir, a la producción de nuevos individuos por fecundación y con ello al surgimiento de generaciones «progenitoras» y «filiales». Los individuos «progenitores» envejecen y mueren. Todo organismo eucariota tiene como característica inevitable la muerte programada. Los organismos eucariotas tienen durante todo o parte de su ciclo vital pares de cromosomas, donde cada uno de los componentes de esos pares proviene de cada uno de sus progenitores. A esta condición se la llama diploidía. La meiosis surge entre los eucariotas como un tipo de división celular en la que se reduce a la mitad la dotación cromosómica (condición haploide). Este proceso en general se da para la producción de gametas (células sexuales): durante la fecundación, al fusionarse las gametas se restituye la dotación cromosómica, originando un embrión o un nuevo individuo diploide. Un detalle importante de la meiosis está dado por los intercambios de segmentos de ADN, que se producen durante su desarrollo; este hecho permite e incentiva la diversidad genética.

La evolución de los eucariotas generó un gran aumento de biodiversidad, a través de la variabilidad genética resultante de una eficiente reproducción sexual. Este hecho se refleja en los reinos que incluye este dominio: Protocista, Animalia, Fungi y Plantae.

- **Reino Protocista:** marca el origen de la célula eucariota. Agrupa una gama altamente diversa de organismos unicelulares, coloniales y en ciertos casos multinucleados, mayoritariamente acuáticos.

La mayor parte de ellos son microscópicos y sus tamaños se encuentran en el orden de decenas y centenas de micrones, pero existen formas algales que alcanzan de uno a varios metros de longitud (*Caulerpa* sp., *Macrocystis* sp.). Incluye organismos que según su forma de alimentación y nutrición se asemejan a animales (heterótrofos), a vegetales (autótrofos) o tienen características de ambos (mixótrofos). Sus ciclos reproductivos son muy variados e incluyen fases asexuales y sexuales y no producen embriones.

A este reino pertenecen ciertas algas microscópicas (ej. diatomeas, dinoflagelados y coccolitofóridos) que habitan masivamente las aguas continentales y marinas, son fotosintetizadoras y responsables de la producción oceánica de oxígeno. Incluye también, una infinidad de otros pequeños organismos con características animales (nutrición heterótrofa), como amebas, paramecios y radiolarios. Dentro de este reino también se encuentran los euglénidos, cuyos representantes poseen la capacidad simultánea de alimentarse de la forma en que lo hacen animales y vegetales, es decir, pueden nutrirse en forma heterótrofa o autótrofa (fotosintetizar).

Muchos organismos de este reino establecen relaciones simbióticas con plantas, hongos y animales, aportando en esa relación productos nutritivos de interés para el otro componente de la asociación, por ejemplo: dinoflagelados (*Symbiodinium*) con pólipos coloniales (Cnidaria) generadores de arrecifes de coral; ciertas algas verdes (Chlorophyta) con hongos formando líquenes; algas verdes o diatomeas con gusanos marinos (platelmintos).

Dado que muchos de ellos son fotosintetizadores (algas), constituyen las comunidades de productores a partir de las cuales se estructuran los ecosistemas acuáticos.

Sus primeras formas se habrían originado hace aproximadamente 2000 Ma a través de fusiones simbióticas íntimas y permanentes (endosimbiosis) entre archeos y bacterias. Posteriormente, experimentaron un fuerte proceso de diversificación dentro del cual surgieron los antecesores de los reinos Animalia, Fungi y Plantae.

- **Reino Animalia:** a este reino pertenece todo organismo pluricelular que en su desarrollo embrionario atraviese una etapa llamada blástula, en la que su embrión adopta una forma aproximadamente esférica y hueca. Este es el rasgo definitorio de la animalidad. Presentan un alto grado de diversidad de formas y tamaños. A nivel

morfológico reúne aproximadamente 35 tipos biológicos distribuidos en dos grandes grupos, invertebrados y vertebrados. La mayoría de ellos habita los mares.

Ecológicamente son los *consumidores* del sistema y tienen una dependencia inevitable, directa o indirecta, hacia los organismos fotosintetizadores (plantas y algas). Sólo excepcionalmente -como en el caso de las faunas de los humeros abisales- no dependen de ellos. Dentro de este reino evolucionó el ser humano; la conciencia y la cultura.

Los registros más antiguos y seguros de estos organismos aparecen en los comienzos del Período Cámbrico, hace aproximadamente 530 Ma. No obstante ello, se encontraron huellas fósiles de lo que podrían haber sido animales vermiformes cuya antigüedad es de 1.100 Ma y corresponde al eón Proterozoico (Seilacher, Bose & Pflugger, 1998).

- **Reino Fungi:** constituye el reino de los hongos. Estos organismos, que en un tiempo fueron considerados plantas, no desarrollan un embrión ni poseen clorofila y tienen nutrición heterótrofa y absorbitiva, es decir, se alimentan de organismos vivos o muertos o de materia orgánica que es digerida *fuera* de su cuerpo y, posteriormente, absorbidas las sustancias nutritivas.

Pueden ser unicelulares (levaduras) o pluricelulares; poseen en su pared celular un polisacárido llamado quitina que también se encuentra presente en ciertos animales y protoctistas. Las formas pluricelulares tienen un cuerpo filamentosos, difuso y de contornos imprecisos, difícil de percibir a simple vista ya que en general se encuentra incluido dentro del substrato del que se nutre. Lo que habitualmente identificamos como hongos son en realidad sólo sus vistosas estructuras reproductivas.

Estos organismos establecen importantes relaciones simbióticas con la mayoría (85-90%) de las plantas, permitiéndoles su desarrollo. Desempeñan una función clave en los ecosistemas, ya que descomponen la materia orgánica y permiten el reciclado de sus componentes.

A este reino pertenece uno de los organismos de mayor tamaño hasta hoy identificado. Se trata de un hongo (*Armillaria ostoyae*) que ocupa 890 ha en los bosques de pinos (*Pinus ponderosa*) en Blue Mountains, Oregon (USA); tiene una edad de más de 2500 años y pesa aproximadamente 600 t.

Los hongos posiblemente se habrían originado hace aproximadamente 500 Ma; sus registros fósiles más antiguos tienen una edad de 460 Ma.

- **Reino Plantae:** si bien una característica llamativa de sus integrantes es que poseen clorofila y fotosintetizan, el rasgo definitorio de las plantas es que se originan a partir de un embrión macizo y por ello no poseen

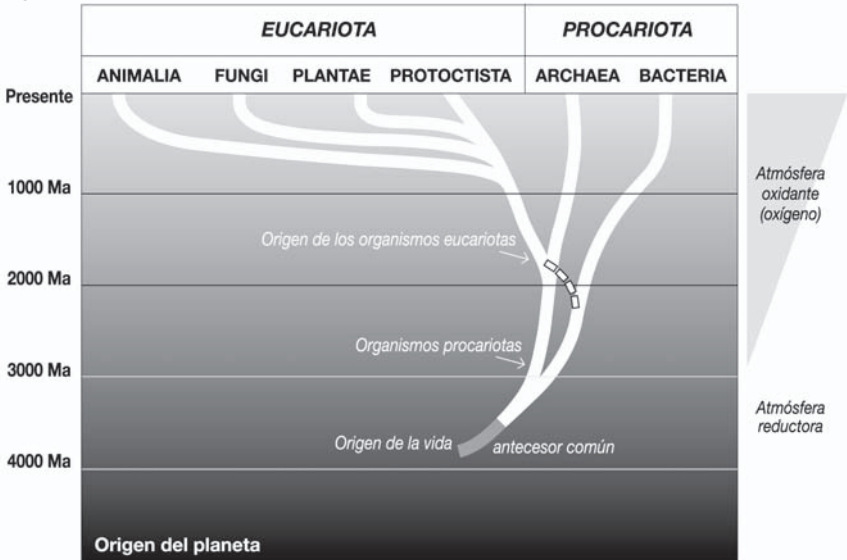
una cavidad interna como en el caso del embrión animal. Con excepción de un grupo que carece de clorofila y es parásito (familia Orobanchaceae), todos sus integrantes son estrictamente fotosintetizadores.

Tienen un amplio rango de tamaño, desde milímetros hasta casi 100 metros y presentan los más altos niveles de longevidad. Algunos de sus representantes alcanzan edades del orden de los miles de años, como ocurre en ciertas especies de secuoias (*Sequoiadendron giganteum*), árboles imponentes de alrededor de 100 metros que han alcanzado edades entre 4.000 y 6.000 años, cómo las que se encuentran en el Parque Nacional Sequoia situado en California (USA). Por fuera de este rango de tamaño y de manera excepcional, existen formas «gigantescas» como la alcanzada por *Posidonia oceánica*, una planta marina en la que uno de sus ejemplares alcanza 8 km de largo o *Populus tremuloides* (álamo), en que uno de sus individuos pesa alrededor de 6.000 t y está constituido por 47.000 tallos (árboles) que surgen de una misma raíz.

Las plantas constituyen las comunidades básicas de los ecosistemas continentales, a partir de las cuales éstos se estructuran. Desde el punto de vista ecológico -junto con las algas- representan el primer eslabón (*productores*) de las cadenas tróficas.

Los registros más antiguos de las plantas terrestres indican un posible origen hace 430 Ma y posiblemente hayan surgido a partir de la unión simbiótica entre un hongo y un alga verde.

Figura 7. Árbol de la vida. [Adaptado de C. de Duve (1996)].



La totalidad del conjunto de todas estas formas de vida terminó de surgir casi de manera explosiva hace alrededor de 430 Ma. Con la aparición de cada reino aumentó la complejidad biológica y la diversidad; así las distintas formas de vida en nuestro planeta quedaron definidas estructural y funcionalmente en estos seis conjuntos o modelos biológicos -con particularidades distintivas y propias- configurando dominios y reinos.

La vida en nuestro planeta es una fuerte, inevitable e insoluble trama entre los organismos de estos reinos y dominios, en la que todos interactúan entre sí, se condicionan mutuamente y coevolucionan con el ambiente.

La aparición, diversificación y difusión masiva de organismos fotosintetizadores productores de oxígeno (cianobacterias y ciertos protocistas), hace aproximadamente 2000 Ma, produjo lo que podríamos llamar la **primera crisis ambiental global**.

La atmósfera primitiva cambió drásticamente debido a un espectacular aumento de la concentración de oxígeno que, de 0,0001 % se fue incrementando hasta alcanzar hace aproximadamente 1.000 Ma un 21 % (Margulis & Sagan, 2001). Este valor ha permanecido estable hasta la actualidad y si se elevara unos pocos puntos porcentuales más, la biosfera entraría en una combustión espontánea global (un incendio global) y la vida desaparecería.

Esta *nueva atmósfera* cambió y condicionó fuertemente la mayor parte de los procesos químicos, biológicos y geológicos, transformando radicalmente el paisaje terrestre. La vida fue expresándose en diversidad y esa diversidad fue la materia prima de su cambio, éxito y persistencia que al llegar a nuestros días sin solución de continuidad le permitió -con el ser humano- tomar conciencia e interrogarse a sí misma.

El antiguo devenir de la vida y sus formas, es también la historia de sus «éxitos» y «fracasos» en términos de aparición y desaparición de seres vivos. El fenómeno de la vida a través de sus mecanismos evolutivos, fue desplegando nuevas formas y de esta manera *generando* biodiversidad. Este proceso atravesó momentos de gran *creatividad* (biodiversificación) en los que surgieron formas de vida *novedosas* con estrategias eficientes, que incrementaron la diversidad.

EXTINCIONES

En el proceso de la vida la desaparición de especies ocurre en forma natural. Las especies nacen, viven y mueren. Citando a Margalef (1980) *dado un tiempo suficiente la probabilidad de extinción de una especie es total, tarde o temprano, todas se van*.

Este proceso, conocido como **proceso de extinción**, se ha repetido infinidad de veces a lo largo del tiempo y ha alcanzado distintas escalas: especí-

fica, grupal, masiva y local o regional, provocando consecuentemente distintos grados de merma en la biodiversidad (Raup & Sepkoski, 1982).

El estado actual del conocimiento de estos fenómenos permite definir dos tipos de extinciones, originados por causas diferentes:

- **Extinciones de fondo:** son eventos de *pequeña magnitud* que se dan permanentemente en el flujo de la vida e implican la desaparición de especies debido a procesos de competencia y adaptación -selección natural- (Jablonski, 1986, 1996; Gould, 1999; Eldredge, 2001).

- **Extinciones masivas:** son eventos de *gran magnitud* y en ellas desaparece una cantidad de especies que alcanza hasta más del 50 %. Pueden ocurrir en términos de siglos y milenios (lo que en tiempos geológicos equivale a decir en forma instantánea) o en millones de años. Tienen amplia cobertura geográfica, muestran una cierta periodicidad (sobre todo en los últimos 250 Ma) y son generadas por complejos y multicausales procesos ambientales (Agustí, 1996). Estos procesos son de naturaleza catastrófica e involucran la destrucción masiva de hábitats.

En estas extinciones la supervivencia o la desaparición no esta regulada por los mecanismos evolutivos que controlan los momentos de normalidad (extinción de fondo). Es, aunque parezca poco científico, una cuestión de «suerte» (azar). Los supervivientes no son poseedores de ninguna aptitud biológica que les de ventaja sobre quienes se extinguieron. Este hecho fue expresado de manera muy elocuente por el paleontólogo S.J. Gould, *las extinciones masivas fueron la lotería más grande con que se haya jugado en este planeta*. Las actuales formas de vida que hoy lo habitan, incluido nosotros, son descendientes de los que *ganaron*.

Las extinciones, en particular las masivas, representan acontecimientos naturales que han modelado y modelan la diversidad biológica del planeta y la estructura de los ecosistemas. Luego de las grandes extinciones ocurrieron cambios novedosos y espectaculares sobre las formas en que la vida se manifiesta.

Actualmente se tiene un registro confiable de entre **14 y 18 eventos de extinciones masivas** ocurridos durante los últimos 600 Ma (Kauffman & Harries, 1996) (Figuras 8 y 9).

Los más conspicuos se produjeron en los siguientes momentos del tiempo geológico:

- ➔ Ordovícico Tardío 443 Ma
- ➔ Devónico Superior (Frasniano-Fameniano) 380 Ma
- ➔ Pérmico Tardío 240 Ma
- Triásico Tardío 188 Ma
- ➔ Cretácico medio (Cenomaniano-Turoniano) 93.4 Ma
- ➔ Cretácico-Terciario 65,4 Ma
- ➔ Eoceno-Oligoceno 36,3 Ma

Entre ellos, los seis eventos señalados son los que mejor han sido estudiados, recurriendo a técnicas de alta resolución e interpretaciones interdisciplinarias .

Las conclusiones obtenidas han permitido elaborar hipótesis sobre sus causas e inferir que dentro de los elementos involucrados en su génesis, se

Figura 8. Diagrama que registra la ocurrencia e intensidad de las extinciones masivas durante el Fanerozoico. Los picos identificados corresponden a los eventos más estudiados. [Adaptado de Agustí, J. (1996); original en Sepkoski, 1993].

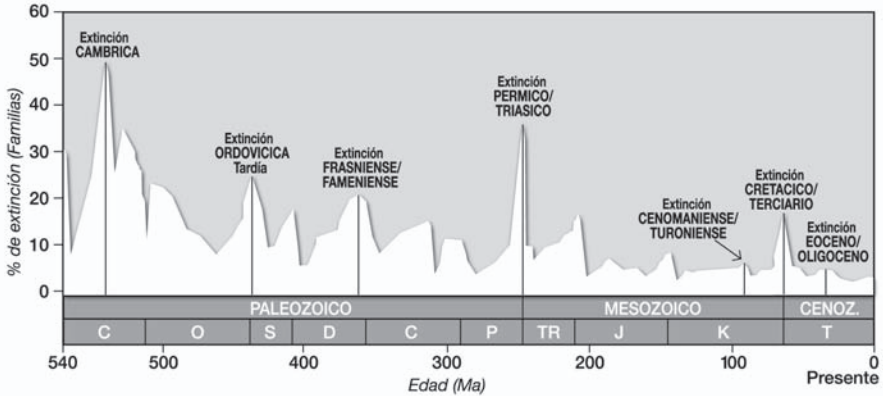
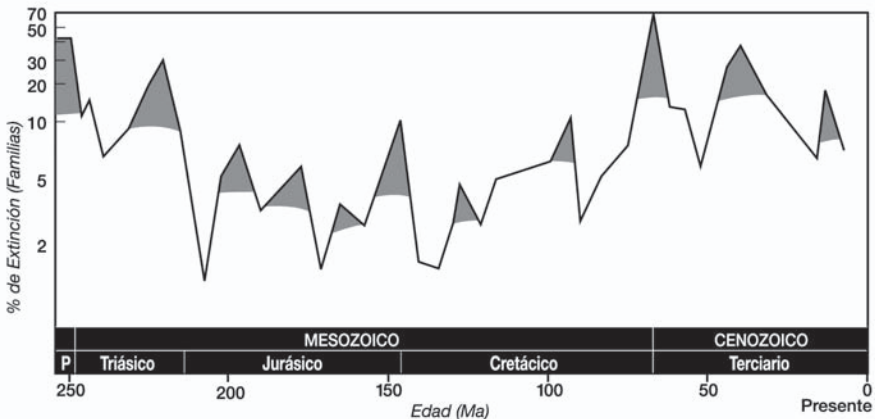


Figura 9. Diagrama que muestra los episodios de extinción en masa durante los últimos 250 Ma inferidos sobre la dinámica de la biodiversidad de familias de invertebrados marinos por Raup & Sepkoski (1984,1986). [Adaptado de Agustí, J. (1996)]

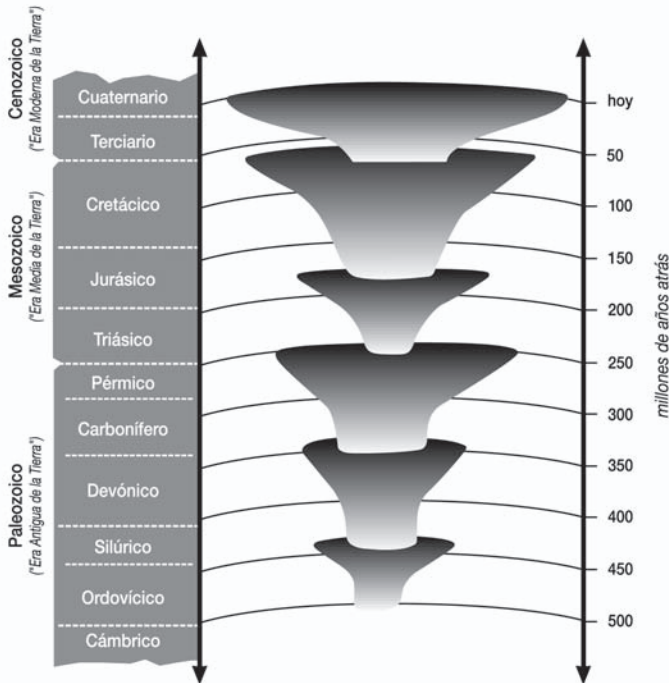


encuentran cuerpos extraterrestres del tipo meteoritos o cometas en forma de lluvias (Agustí, 1996). Su impacto sobre la superficie terrestre y oceánica habría provocado múltiples, intensas y complejas fluctuaciones en la dinámica oceánica y atmosférica, creando severos desequilibrios ambientales en los ecosistemas y con ello, efectos letales de gran magnitud sobre la biota.

No obstante su complejidad, las nuevas investigaciones sobre estos eventos han permitido identificar la existencia de determinadas **precondiciones ambientales**, a partir de las cuales el impacto de cuerpos celestes desencadenaría intensas fluctuaciones ambientales y el posterior evento de extinción. Dentro de esas precondiciones también habrían tenido un rol de gran importancia los fenómenos volcánicos a través de intensas erupciones.

La **extinción masiva** ocurrida en el **Pérmico Tardío** (240 Ma) ha sido la de mayor magnitud y merma de biodiversidad (Teichert, 1990; Erwin, 1996). Afectó masivamente las faunas de ambientes terrestres y marinos, pero fue más intensa aún sobre estas últimas. Con ella desapareció aproximadamente el 85 a 90 % de las especies marinas y el 75 % de las familias de tetrápodos

Figura 10. Las grandes extinciones masivas de la historia geológica (catástrofes de la biodiversidad). [Adaptado de Karla Schneider en: Görgner et al., 2002 (Gráfica: J. Händel)].



terrestres. Constituyó el mayor exterminio a escala global.

Las causas de esta extinción no se han podido identificar claramente. La hipótesis clásica la atribuye a gigantescas erupciones volcánicas en Siberia, que habrían generado importantes emisiones de compuestos de azufre y abundantes nubes de ceniza. Además, en niveles geológicos correspondientes al límite Pérmico-Triásico, se encontraron fragmentos de roca que serían parte de un meteorito. Estos fragmentos contienen ciertos compuestos de carbono -hasta ese momento desconocidos llamados fullerenos- que contienen en su interior átomos de helio de características extraterrestres. Este hallazgo permite considerar la posibilidad de la intervención de un cuerpo extraterrestre entre los factores desencadenantes de esta extinción.

En el ámbito marino la extinción comenzó con el inicio de una regresión marina. Ello condujo a un descenso del nivel del mar de aproximadamente 200 m y constituyó la regresión marina de mayor importancia en los últimos 540 Ma (Fanerozoico).

Al reducirse la superficie ocupada por las cuencas marinas, muchas de las especies restringidas a ciertas regiones (especies endémicas) desaparecieron, en especial las que vivían en las plataformas continentales, las cuales se redujeron considerablemente. El escenario previo a la extinción incluía extensos arrecifes coralinos que albergaban una variada fauna de artrópodos, estrellas de mar, erizos y bivalvos; otra fauna que medraba en los fondos oceánicos integrada por gusanos cavadores, artrópodos y bivalvos característicos y formas nadadoras como peces y nautiloideos. Había, además, faunas asociadas a sedimentos consolidados y a otra diversidad de ambientes habitados por una multiplicidad de organismos.

La extinción eliminó muchos de estos grupos dominantes y característicos del Paleozoico y otros sufrieron una drástica reducción. Entre algunos de los característicos invertebrados marinos que desaparecieron estaban los corales tabulados y rugosos, y los trilobites.

Disminuyó también, drásticamente, la diversidad de hábitats disponibles (geodiversidad) y a medida que aumentaron las superficies continentales, aumentó la variación climática estacional. Esto fue acompañado por un aumento de extinciones terrestres, particularmente en la zona interior de los continentes. El final del Pérmico se destaca entonces también, por la extinción de aproximadamente un tercio de los insectos y entre los vertebrados, de un 67 % de los anfibios y un 78 % de los reptiles.

El cambio ambiental producido durante el Pérmico contribuyó además, al reemplazo de la vegetación característica del Carbonífero -constituida por densos bosques de licopodios de varios metros de altura, colas de caballo y helechos arborescentes- por nuevas formas, que darían lugar a las típicas floras mesozoicas. Habían comenzado a evolucionar varios tipos de gimnospermas con numerosos miembros fósiles que recuerdan en su apa-

riencia a helechos y palmeras (*Glossopteris*, *Cicas*, *Zamia*) y coníferas fósiles (cordaitales).

La extinción masiva del Cretácico-Terciario (ocurrida hace 65,4 Ma) en lo que se conoce como límite Cretácico-Terciario, es tal vez la más conocida popularmente porque en ella se extinguieron los dinosaurios. D. Raup y J. Sepkoski (Universidad de Chicago) han llegado a la conclusión de que en dicho evento se extinguió entre el 60 y el 75 % de todas las especies (Courtilot, 1990), dentro de las que se incluyen entre el 75 a 90 % del plancton marino calcáreo y el 65 % de las especies de plantas terrestres (Wolfe & Upchurch, 1986).

Esta extinción masiva es la que presenta mayores evidencias de impacto de cometas o meteoritos (cráteres, cuarzo de impacto, microtectitas y anomalías geoquímicas). Se han encontrado tres grandes cráteres y doce menores, siendo el mayor de ellos el cráter de Chicxulub de aproximadamente 200 km de diámetro, localizado en la Península de Yucatán (México). También se han registrado en esa época, en la región que actualmente ocupa India, erupciones volcánicas de gran intensidad (Novacek, 1999).

La extinción comienza aproximadamente entre 1 y 1,5 Ma antes del límite Cretácico-Terciario, manifestándose con importantes pérdidas en los ecosistemas de arrecifes y habiéndose visto afectadas particularmente las faunas de mares tropicales. La vegetación terrestre característica –compuesta por cicadas, ginkgos y helechos- declinó bruscamente y otro grupo con apariencia de cicadales (cicadeoidales) se extinguió.

Durante esta extinción se produjo también la desaparición de varios grupos de vertebrados terrestres, entre los que se encontraban los dinosaurios, los ictiosaurios y los pterosaurios. Estos tres grupos de reptiles habían surgido a partir del Pérmico -período a partir del cual evolucionaron, se diversificaron y expandieron- colonizando respectivamente, los ambientes terrestres, acuáticos y aéreos. Fue la fauna terrestre dominante y característica de la Era Mesozoica. Los dinosaurios, 200 Ma después de haber surgido –y en esta extinción- desaparecieron totalmente.

Sin embargo y a pesar de su espectacularidad, esta extinción parece irse revelando en su conjunto como menos catastrófica que la del Pérmico Tardío.

Si bien las extinciones constituyen momentos de crisis de biodiversidad, brindan grandes oportunidades de evolución y difusión a los grupos de organismos sobrevivientes. La extinción de los dinosaurios le permitió a los mamíferos –que hasta ese momento tenían un tamaño corporal pequeño y una distribución restringida- una importante diversificación y difusión.

La información disponible hasta el momento permite observar que estos fenómenos (extinción / biodiversificación) han afectado, con variada intensidad y cobertura y dependiendo de cada evento, los ecosistemas terrestres y acuáticos. También se han logrado discriminar las etapas de estos críticos

procesos ambientales y sus duraciones estimadas.

El evento comienza con una **etapa de extinción** que se manifiesta a través de una masiva merma de biodiversidad (alta desaparición de especies), continúa con la **etapa de supervivencia** de las especies que no fueron fatalmente afectadas y culmina con una **etapa de recuperación** de la biota que implica adaptación, difusión y florecimiento.

La duración de estas etapas, ha mostrado ser variable pero siempre en el orden de los cientos de miles y millones de años. Esto constituye un factor crítico, sobre todo en la etapa de recuperación de la biodiversidad.

Dentro de los grupos que se extinguen, frecuentemente se hallan aquellos que han logrado altos grados de adaptación y expansión, considerándose desde el punto de vista evolutivo como exitosos. Durante el proceso catastrófico de la extinción, los patrones darwinistas de la evolución (supervivencia del más apto) no operan, por lo que en el evento pueden sucumbir modelos biológicos altamente adaptados. Los dinosaurios representan en este sentido un buen ejemplo; fueron un grupo que, como ya se ha dicho, se diversificó, adaptó y extinguió después de 200 Ma de existencia, durante la extinción masiva del Cretácico-Terciario.

El estudio de las extinciones masivas del pasado también ha confirmado que los efectos más devastadores se produjeron en los ecosistemas terrestres tropicales y de arrecifes coralinos, donde la biodiversidad es máxima.

Kauffman y Harries (1996) han expresado, refiriéndose en este sentido: *Las predicciones del registro geológico son alarmantes. Por ejemplo, si la actual tasa de destrucción de las selvas tropicales y los sistemas de arrecifes continúa, sobrevendrá una virtual extinción dentro de una o dos centurias; las predicciones del registro geológico señalan que serán necesarios entre 4 a 8 millones de años para que las comunidades básicas de los arrecifes de coral y las selvas tropicales se recuperen. Y pasarán otros 20 millones de años, antes de que estos ecosistemas alcancen los niveles de biodiversidad previos al impacto humano, iniciado sólo hace 15.000 años. El estudio detallado del registro fósil nos proporciona una poderosa herramienta predictiva para entender y reaccionar contra la actual crisis ambiental y de biodiversidad: crea una conciencia y una perspectiva que nunca hemos tenido. Debemos escuchar el pasado.*

Las extinciones masivas han mostrado ser el producto de grandes cambios ambientales en el planeta, expresados en fluctuaciones extremas climáticas y oceánicas, provocadas por la concurrencia de múltiples factores vinculados a la propia dinámica geológica o a fenómenos astronómicos tales como la colisión de bólidos (meteoritos y cometas) con nuestro planeta.

El desarrollo de la vida provocó también, cambios de distinta magnitud en las condiciones del planeta. Un ejemplo de ello lo constituye la transformación de la composición de la atmósfera por la acción de organismos fotos-

intetizadores. Como sabemos, en el balance general este proceso libera oxígeno y consume dióxido de carbono. La magnitud y persistencia de la vida vegetal desde hace más de 400 Ma ha contribuido enormemente y de forma decisiva, a que nuestra atmósfera (al poseer oxígeno) sea vitalmente respirable para las formas animales y para nuestra propia existencia. La atmósfera que tenemos y «el cielo», fueron creados por la vida.

Como vemos existe una compleja, delicada y dinámica interacción entre la vida y el medio inorgánico, que constituye un sistema **-sistema ambiental global-** en el cual las perturbaciones tienen efectos en todos sus componentes.

La comprensión de la actual crisis de biodiversidad y su posible evolución tiene, en las investigaciones paleontológicas / paleobiológicas, herramientas imprescindibles para su adecuada interpretación y para la predicción de posibles escenarios futuros.

BIODIVERSIFICACIÓN

Si las extinciones masivas y la pérdida de biodiversidad son fenómenos desencadenados por complejos, múltiples y concurrentes sucesos ambientales, la biodiversificación -como fenómeno opuesto de aparición intensa de diversidad biológica- también responde en gran parte a eventos ambientales.

La vida ha ido cambiando a través del tiempo y aún continúa haciéndolo. Los eventos de biodiversificación se repitieron en distintos momentos de la historia de la vida, provocando impactos de distinta intensidad. Cambios de baja intensidad se han ido alternando con otros explosivos, pero la diversidad -más allá de sus sucesivas interrupciones- ha ido en aumento.

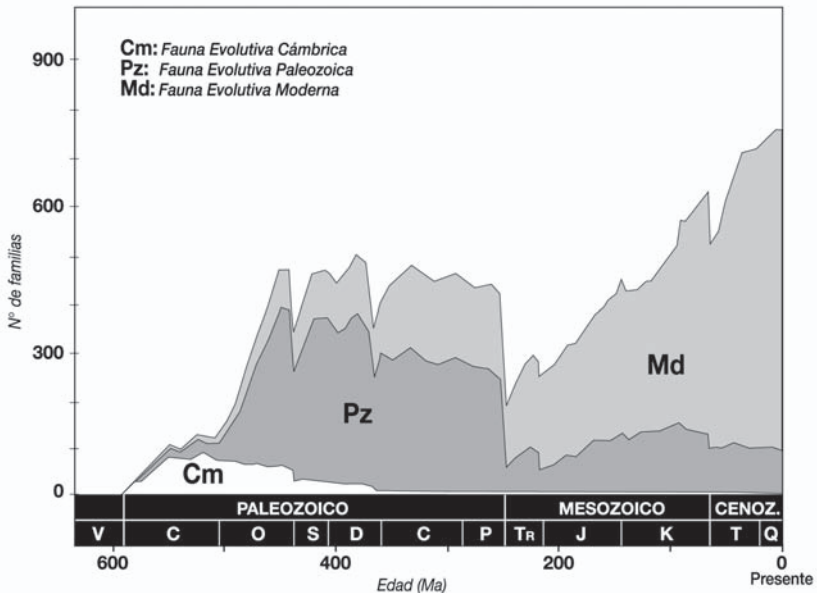
La biodiversificación es un fenómeno complejo y conspicuo que se ha dado y que estaría regulado en su intensidad -entre otros factores- por la disponibilidad y estabilidad de recursos tróficos (alimento) y la heterogeneidad espacial (geodiversidad). Puede interpretarse que esta última se expresa en potenciales bioespacios, es decir, espacios susceptibles de ser «usados» por la vida. Por otro lado, la heterogeneidad espacial también es debida e incrementada por la fuerte e inevitable interacción entre los organismos y el marco físico, a través de la cual se generan infinidad de hábitats adicionales.

El paleontólogo J.J. Sepkoski (Universidad de Chicago) realizó profundos y detallados análisis sobre el registro fósil de los últimos 540 Ma (Fanerozoico) a nivel mundial. Una de las conclusiones a las que llegó, es que la historia y dinámica de la biodiversidad de los animales marinos está caracterizada por tres grandes momentos de biodiversificación, determinados por el surgimiento, expansión y merma de faunas evolutivas caracterís-

ticas, con particularidades morfológicas y ecológicas distintivas.

La primera en surgir -llamada *Fauna Evolutiva Cámbrica*- tiene su origen en la denominada Explosión Cámbrica; que tuvo su apogeo hace 500-530 Ma y luego sufrió una merma significativa durante la extinción masiva del Ordovícico tardío hace aproximadamente 443 Ma. En ella se originaron todos los linajes biológicos (tipos morfológicos) que reconocemos en la actualidad, junto a otros que se extinguieron. A partir de ciertos elementos de esta fauna -y luego de dicha extinción- se origina, expande y diversifica la *Fauna Evolutiva Paleozoica* que, luego de la extinción del Pérmico -hace aproximadamente 380 Ma- pierde protagonismo y sólo ciertas formas perduran hasta el presente. A partir de ese momento -aproximadamente 230 Ma- comienza a tener protagonismo un grupo de organismos preexistentes que se diversifica, expande y da lugar a la aparición de la *Fauna Evolutiva Moderna*, cuya dominancia llega hasta el presente. Esta sucesión de faunas ha implicado un aumento continuo de la complejidad en las estructuras

Figura 11. Reconstrucción gráfica de la dinámica de la biodiversidad taxonómica de las familias de animales marinos durante el Fanerozoico. En ella se pueden observar los tres eventos característicos y sucesivos que representan la Fauna Evolutiva Cámbrica, la Fauna Evolutiva Paleozoica y la Fauna Evolutiva Moderna. Del mismo modo, se muestra la tendencia general al aumento de diversidad biológica. [Adaptado de Ruse (2001); original de Sepkoski, 1984].



biológicas de los organismos, en sus interrelaciones y en los sistemas ecológicos de los que forman parte.

El surgimiento y la primacía de cada una de estas faunas, representan modelos biológicos y ecosistemas característicos para cada uno de los momentos en que se dieron y forman parte del proceso evolutivo, continuo y permanente de la biosfera. Otro dato interesante surgido a partir del análisis de Sepkoski, esta dado por la tendencia sostenida al aumento de biodiversidad que ha habido durante el Fanerozoico (Figura 11).

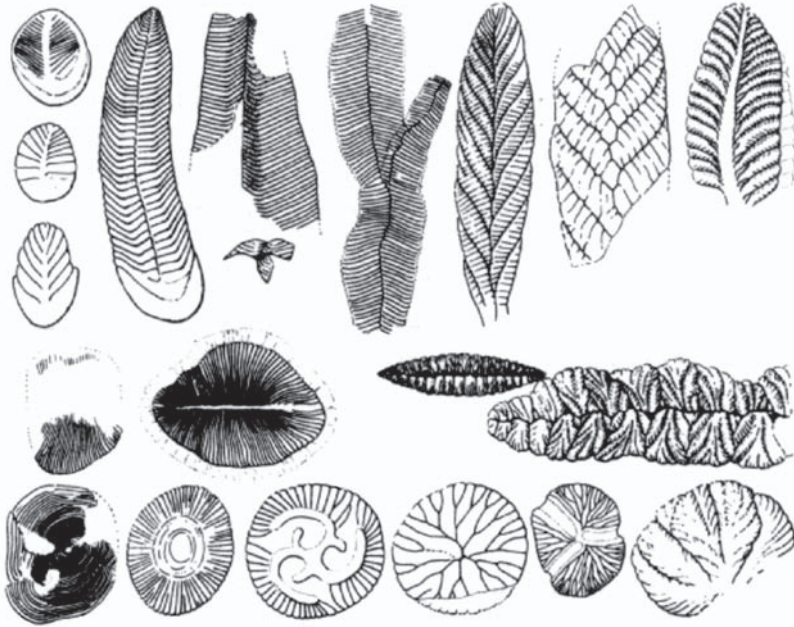
En los inicios de la vida y durante casi 2.000 Ma, los charcos y mares de aguas poco profundas del joven planeta comenzaron a reunir condiciones adecuadas para que prosperaran las **cianobacterias**. Sus mecanismos metabólicos les permitieron colonizar cualquier lugar que dispusiera de luz solar, dióxido de carbono y agua, así proliferaron en gran diversidad de formas y se diseminaron por toda la superficie de la Tierra. El registro fósil muestra las complejas formas macroscópicas que desarrollaron -y que desarrollan aún actualmente- formando domos o columnas ramificadas: los estromatolitos. Entre los fósiles más antiguos atribuidos a cianobacterias se hallan los de Apex Basalt, Australia, con 3.500 Ma de antigüedad (Schopf, 1993).

Luego se habrían sumado microscópicos **protocistas fotosintetizadores** - primeros eucariotas- constituyendo en conjunto los organismos productores (algas) de los ecosistemas acuáticos. Su fotosíntesis, como ya dijimos, comenzó a cambiar profundamente las condiciones del planeta. El fósil más antiguo de este grupo de eucariotas fotosintetizadores fue encontrado en Michigan (USA) y se trata de una estructura filamentosa, espiralada de 2 mm de diámetro, llamada *Grypania spiralis*. Vivió hace aproximadamente 2.100-1.900 Ma.

Un nuevo evento de amplia distribución planetaria se produjo hace aproximadamente 600 Ma, durante el Precámbrico final. Se puso de manifiesto con el hallazgo de una asociación de **organismos de cuerpo blando** -llamativamente preservados- que por haberse descubierto en la localidad de Ediacara (Australia), se conoce como *biota de Ediacara* (Figura 12).

Inicialmente estas formas, que se asemejan superficialmente a ciertos invertebrados marinos modernos, se asignaron a grupos tales como corales e hidrozooos, es decir, se los habría considerado como los primeros animales (organismos pluricelulares). En la década del ochenta, Dolf Seilacher, un destacado profesor de paleontología en Alemania, consideró que la mayoría de los organismos de Ediacara serían variaciones de un único plan anatómico de organismos achatados no pluricelulares, sin relación con los tipos modernos. Posteriormente, Margulis y Sagan (1996) se refieren a esta biota ediacarensis como probables protocistas coloniales. Estos organismos se extinguieron al final del Precámbrico y no dejaron ningún descendiente en el Paleozoico.

Figura 12. Biota de Ediacara. [Adaptado de Gould (1999)].



Biota de EDIACARA

En los inicios de la ERA PALEOZOICA, los continentes se encontraban agrupados cerca del ecuador, parcialmente desplazados hacia el hemisferio sur, formando un supercontinente (Pangea); los mares eran relativamente poco profundos.

Los ecosistemas del Cámbrico se presentaban poco diversificados y por lo tanto, relativamente inestables. Durante el Ordovícico, con el supercontinente desplazándose hacia el polo sur y los mares invadiendo sucesivas veces la tierra (transgresiones marinas) se fueron generando nuevos hábitats.

La vida fue creciendo en complejidad; por otra parte, no hay vida sin desechos o exudados. En las células (tanto de protocistas como de animales) se concentran iones de calcio. En pequeñas dosis es un recurso necesario, pero su exceso puede ser fatal y debe ser expulsado. Mientras los organismos fueron de cuerpo blando, el excedente de calcio era liberado en el agua del mar, pero durante el Período Cámbrico, algunos comenzaron a controlar la eliminación de calcio; los corales depositaban carbonato de

calcio en su parte externa, otros desarrollaron distinto tipo de armaduras como caparzones, dientes o apéndices para penetrarlos.

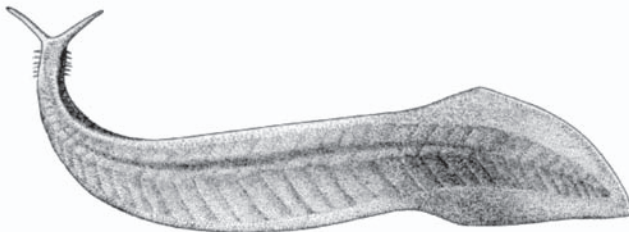
Durante estos tiempos (Paleozoico Inferior), se identificaron dos grandes eventos de biodiversificación:

El primero durante el Período Cámbrico (hace 540 Ma) -la vida aún seguía restringida a los ambientes acuáticos- estuvo caracterizado por la rápida aparición y diversificación de la mayor parte de los principales grupos **animales**, algunos con esqueleto y otros sin él. Este evento, conocido como la *explosión cámbrica*, habría comenzado en los inicios del Cámbrico (Tomotiense) con el registro de gran variedad de minúsculos animales fósiles, algunos con diseño moderno pero la mayoría con afinidad incierta, conocidos como *fauna del Tomotiense* o «pequeños fósiles con concha». Habría seguido con la radiación explosiva de **invertebrados con exoesqueleto**, como los trilobites, que proliferaron asombrosamente hasta finalmente extinguirse al final del Paleozoico. Otros grupos característicos fueron los braquiópodos no articulados y los monoplacóforos, eocrinoideos e hiolitidos y señalarían la aparición de las partes duras en el registro fósil.

Al mismo tiempo se habría producido la radiación de un grupo de protocistas -los acritarcos- un grupo informal y polifilético de microfósiles de pared orgánica, considerados por muchos autores como «predinoflagelados». Son en gran parte protocistas planctónicos que representaron la base de la cadena alimentaria en los océanos del Precámbrico final y el Paleozoico. Sólo algunos pocos acritarcos tienen otro origen. Del Cámbrico Inferior se conocen cerca de 100 especies. Los acritarcos -durante el Paleozoico- manifestaron importantes momentos de biodiversificación.

En el Cámbrico Medio, bellamente documentada en las Montañas Rocosas de la Columbia Británica (Canadá), se encontró la *fauna de Burgess Shale*. En los océanos abundaba la vida tanto en forma de organismos de cuerpo blando, que al morir no dejaban restos fácilmente fosilizables como otros

Figura 13. Pikaia gracilens. Aspecto del animal cordado más antiguo cuyo primer hallazgo fósil ocurrió junto a la fauna de Burgess Shale. [Tomado de Gould, S.G. (1999), dibujado por Marianne Collins].



con exoesqueleto; en las rocas (pizarras) de Burgess se lograron preservar sus rasgos morfológicos y su extraordinaria diversidad de diseños anatómicos con increíble detalle. En esto residiría la importancia de este hallazgo; constituye uno de los registros más diversos y bien preservados de animales fósiles del Cámbrico. El paleontólogo S.J. Gould expresó que toda la diversidad de los grupos de invertebrados que conocemos actualmente, tuvo sus representantes primitivos en esos depósitos cámbricos.

En esta fauna se halló también el animal **cordado** más antiguo hasta ese momento conocido, un organismo presuntamente nadador, de 5 cm de largo, que se denominó *Pikaia gracilens* (Figura 13). Como destaca Gould, la existencia de los vertebrados y del Hombre se debe principalmente al hecho de que organismos como *Pikaia* hayan sobrevivido a una extinción del Cámbrico posterior a la depositación de las lutitas de Burgess. Sin esta supervivencia casual de un pequeño animal de tejidos blandos, no existiríamos. Con posterioridad al estudio de la fauna de Burgess fue hallada en Yunnan (China) y en estratos del Cámbrico temprano (525 Ma), la denominada fauna de Chengjiang en la que se encontró un cordado más antiguo que *Pikaia*, que fue nombrado como *Yunnanozoon lividum* (Chen et al., 1995).

El segundo gran evento de biodiversificación se produjo a lo largo del Período Ordovícico (hace 489 – 443 Ma) con una nueva experimentación evolutiva; se originaron nuevos organismos y se habría desarrollado y expandido una fauna marina con nuevos grupos dominantes, entre los que se encuentran los primeros **vertebrados** (primeros peces). El Paleozoico se conoce como la «Edad de los Animales Marinos».

Los ecosistemas oceánicos continuaban cambiando. En el noroeste argentino y la precordillera de Mendoza, San Juan y La Rioja, el mar epicontinental fue escenario de una diversificación taxonómica notable en las faunas de graptolitos, trilobites, moluscos e icnofaunas. Esta gran diversificación se observa, del mismo modo, en innumerables afloramientos del Ordovícico mundial.

Todavía relativamente poco frecuentes en el Período Silúrico, los **peces** mostraron en el Devónico una gran diversificación. Aparecieron primeros los peces sin mandíbula (agnatos) y más tarde los peces acorazados con mandíbula (placodermos), los peces cartilaginosos (tiburones, rayas) y los óseos (peces con aletas lobuladas, peces pulmonados), entre otros. Algunos de ellos tuvieron una corta duración, otros decrecieron en diversidad después de su apogeo en el Devónico y unos pocos continúan hasta nuestros días. El Devónico fue también una época de enormes arrecifes coralinos.

En el Ordovícico habría comenzado, además, la conquista de las áreas continentales por las primeras **plantas terrestres** no vasculares. El desarrollo de una atmósfera con suficiente oxígeno habría permitido a ciertos eu-

Figura 14. Origen y evolución de los principales grupos del Reino Plantae durante el Paleozoico y Mesozoico. [Adaptado de Stewart & Rothwell (1993); original de Niklas, Tiffany & Knoll (1985)].

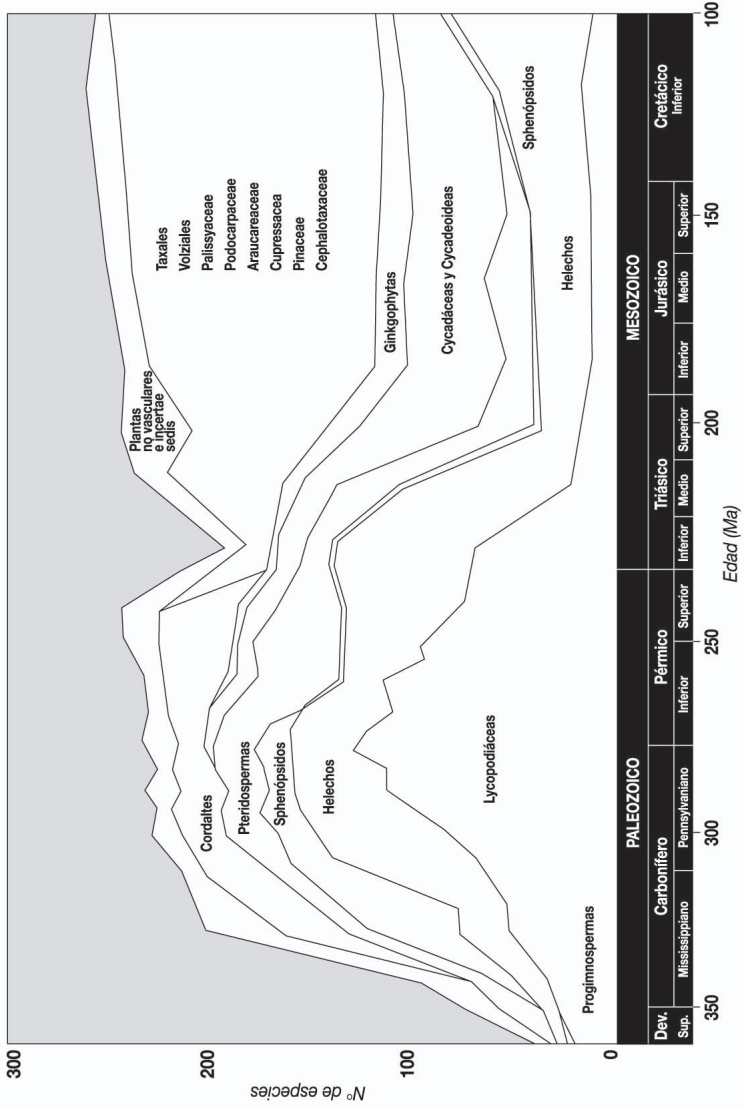
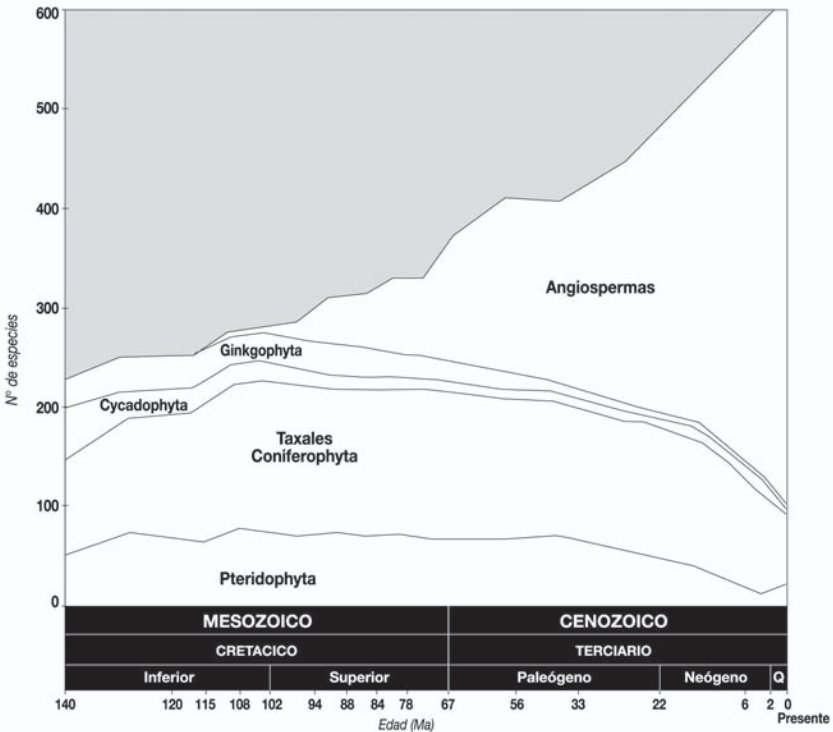


Figura 15. Origen y evolución de los principales grupos del Reino Plantae durante el Mesozoico y Cenozoico. [Adaptado de Stewart & Rothwell (1993); original de Niklas, Tiffney & Knoll (1985)].



cariotas (algas verdes de agua dulce, probablemente relacionadas con las Charales o con el género moderno *Coleochaete*, Charoficeas) comenzar a ocupar los hábitats costeros de escasa profundidad y finalmente la tierra firme. Los musgos estarían entre los tipos de plantas más antiguas. Sin embargo no se conocen megafósiles vegetales de esos tiempos, probablemente porque los tejidos no contenían lignina (las Briofitas actuales -musgos- tampoco la tienen) y por consiguiente, estas primeras plantas terrestres debieron tener muy bajo potencial de fosilización (Figuras 14 y 15).

La aparición de las primeras **plantas con sistema vascular** se produjo en el Período Silúrico y se habrían podido preservar en sedimentos finos que tuvieran suficiente humedad. Las aguas ácidas de turberas, lagos en proceso de desecación, suelos, brazos fluviales abandonados o deltas, habrían protegido a las plantas -durante el proceso de fosilización- de la acción del

oxígeno y de los microorganismos aeróbicos descomponedores.

Las primeras plantas vasculares conocidas serían formas relativamente simples –sin raíces ni hojas- como *Cooksonia* y otras algo más complejas como *Rhynia*, que se habría preservado como parte de una comunidad asociada con artrópodos. Rhynie (Escocia) es una de las localidades en que se halló preservado uno de los ecosistemas terrestres más antiguos y completos del Devónico temprano conteniendo plantas vasculares, además de numerosos restos de hongos, algas y líquenes. Los licopodios, colas de caballo y helechos habrían surgido en estos tiempos.

¿Cuales fueron los requisitos para que las plantas conquistaran la tierra firme y qué cambios tuvieron que experimentar para permanecer sin la presencia del agua circundante con que contaron sus antecesores algales?

Las floras devónicas ya tuvieron prácticamente todas las características que posibilitaron la vida en tierra firme. Desarrollaron un *sistema vascular* para la conducción del agua, sales minerales, azúcares y otros productos; un *sistema de soporte* que les permitió sostenerse erectas fuera del agua; un *sistema de protección contra la evaporación* (cutícula); un *sistema de regulación de intercambio de gases* con el mundo circundante (estomas), un *sistema de captación de agua* (raíces) y la formación de *verdaderos tejidos*, entre otros. Otros avances fundamentales en la evolución de los vegetales tuvieron relación con sus mecanismos reproductivos y la posibilidad de no depender de las condiciones de humedad, llegando finalmente a la producción de semillas.

Sin embargo, el éxito de las plantas terrestres no hubiera sido posible sin la intervención simbiótica de los **hongos**. La mayoría de las plantas (85%) - a nivel de sus raíces- vive en estrecha asociación con ciertos hongos, conformando una simbiosis denominada micorrizas. Los hongos también ayudaron a descomponer la materia orgánica muerta y el desarrollo del suelo contribuyó a su vez, a generar nuevos hábitats.

Hacia fines del Devónico ya habrían aparecido los **anfibios**. Del mismo modo que las plantas, los animales debieron desarrollar mecanismos (de respiración, soporte, locomoción) para sobrevivir en tierra firme. Pero más allá de todos ellos, los anfibios –tanto antiguos como modernos- siguieron dependiendo del agua para su reproducción; durante el Carbonífero se expandieron y diversificaron y sus restos fósiles fueron hallados en un magnífico estado de preservación. Sólo unos pocos de ellos han sobrevivido hasta el presente, como es el caso de las ranas, sapos, salamandras o tritones.

El Carbonífero se caracterizó por el desarrollo exuberante de la vegetación que crecía en las zonas periódicamente inundadas por el mar. La vegetación formaba frondosos y extensos bosques compuestos principalmente por licopodios de varios metros de altura, colas de caballo y helechos arborescentes. Los grandes depósitos de materia orgánica que generaban dieron

Figura 16. Representación del ambiente durante el Permo-Carbonífero. [Tomado de Schaarschmidt (1968)].



Figura 17. Representación del ambiente durante el Carbonífero. [Tomado de Schaarschmidt (1968)].



lugar al desarrollo de ricos suelos y su acumulación –a través de millones de años y posiblemente con precarios descomponedores de compuestos nuevos como la celulosa y la lignina, entre otros factores- permitió la formación de importantes depósitos de carbón (Figuras 16 y 17).

Esta flora característica rápidamente declinó y fue siendo reemplazada por las primeras plantas con semilla (**gimnospermas**) representadas por los «helechos con semilla» (pteridospermas), por árboles con apariencia de palmeras (cicas), por ginkgos y por características coníferas (cordaitales). Al final del Pérmico y comienzos del Triásico irían siendo reemplazadas por otras gimnospermas que dominarían la vegetación hasta la aparición de las plantas con flor.

Una innovación que se observó en el Carbonífero fue la liberación de los animales de su dependencia del agua para la reproducción. Los **reptiles**, a diferencia de los anfibios, se aparean y ponen los huevos (huevo cleidoico) en tierra firme. El huevo con cáscara protege al embrión de la deshidratación y de los predadores haciendo desaparecer la fase acuática larval obli-gada (renacuajo).

Los primeros reptiles habrían sido carnívoros (alimentándose de insectos o presas mayores); los herbívoros surgirían con posterioridad. Una rama de los reptiles –con excepción de las tortugas- se habría extinguido; otra rama habría conducido a los mamíferos, además de ciertos reptiles mamiferoides ya extinguidos; otro grupo conduciría a los reptiles actuales -lagartos, cocodrilos y serpientes- y a su vez, con el paso del tiempo la rama de los dinosaurios se ramificaría para dar lugar a las aves.

La transición del Pérmico hacia el Triásico (inicio de la ERA MESOZOICA) fue un prolongado episodio de profundas transformaciones. El supercontinente Pangea alcanzaba su máxima extensión (máximo contacto entre todos los continentes); el nivel del mar había ido descendiendo drásticamente dejando expuestas grandes superficies de las plataformas continentales y como consecuencia, se producía una profunda modificación de los hábitats.

El Triásico marca el momento en que se produce la radiación de los reptiles y el tránsito de uno de sus grupos hacia los mamíferos. El Mesozoico (248 - 65 Ma) se conoce como la «Era de los Reptiles», paradigmáticamente representados por las diversas faunas sucesivas de dinosaurios.

Desde el Triásico tardío hasta fines del Cretácico, los dinosaurios constituyeron la fauna continental dominante, pasando a ocupar ambientes que habían quedado vacíos, prácticamente libres de competencia. Su diversidad incluía desde ejemplares pequeños a enormemente grandes; que se desplazaban erguidos o en cuatro patas y que podían ser carnívoros, insectívoros o herbívoros. Un rasgo característico de este tiempo fue la evolución de distintos tipos de reptiles hacia la marcha erecta. Ello permitió a los

dinosaurios y con el tiempo a los mamíferos, incrementar su tamaño; finalmente condujo al bipedismo. Los dinosaurios de mayor tamaño (grupo de los saurópodos) se difundieron y alcanzaron su apogeo.

Los mamíferos surgen a fines del Triásico, conviviendo como organismos diminutos con los dinosaurios. Recién a partir de su desaparición (extinción masiva del Cretácico-Terciario), los mamíferos experimentan una explosiva radiación adaptativa de la que surgen alrededor de veinte grupos, muchos de los cuales avanzaron sobre los nichos ecológicos anteriormente ocupados por los dinosaurios.

A partir del Jurásico el supercontinente Pangea comenzó un lento proceso de fraccionamiento. La distribución y el tipo de vegetación y fauna comenzaron a manifestar diferencias entre zonas ecuatoriales y septentrionales,

Figura 18. Archaeopteryx. Imagen del más antiguo registro fósil de las primeras aves. Vivió hace aproximadamente 150 millones de años.



formándose mares que constituían barreras entre el norte y el sur y se insinuaban gradientes de temperatura de los polos hacia el ecuador.

Las gimnospermas definían la vegetación característica, habiendo surgido la gran mayoría de las coníferas actuales en estos tiempos. El predominio de las gimnospermas, que comenzó en el Pérmico (hace alrededor de 290 Ma) se prolongó hasta mediados del Cretácico cuando las angiospermas comenzaron a ocupar muchos de los lugares anteriormente habitados por ellas.

Entre los invertebrados marinos aparecen los amonites, un grupo de moluscos cefalópodos que tuvo picos de gran biodiversidad en los períodos Triásico y Jurásico. Además, hubo una gran variedad de pecelípodos que habitaron principalmente las regiones litorales, incluyendo especies formadoras de arrecifes como los rudistas. Los peces óseos, los tiburones y los reptiles también se diversificaron.

En el transcurso del Jurásico surgió el grupo de las aves que a partir del Cretácico, experimentó una explosiva diversificación.

Los hallazgos de estas aves fósiles son raros. Las calizas de Solnhofen (Baviera), resultado de lo que fuera una laguna de aguas cálidas, habría reunido las condiciones adecuadas para que numerosos restos animales perduraran extraordinariamente preservados. Entre ellos se hallaron unos pequeños, con características propias de los tetrápodos pero con plumas, que constituyó el resto de ave fósil más antiguo conocido (*Archaeopteryx*) (Figura 18). La mayor parte de las aves modernas haría su aparición durante el Terciario.

En el transcurso del Cretácico se acentuó la separación entre los continentes, se fueron creando nuevas vías marítimas a medida que los mares manifestaban un continuo ascenso, pasando a cubrir amplias áreas continentales. Este fraccionamiento restringió las radiaciones, favoreciendo el desarrollo de floras y faunas locales (endémicas) que evolucionaron hasta llegar a la diversidad actual. Como define C. Janis (1993), la historia de la vida se fragmenta.

En los océanos, además de la diversidad de peces y tiburones, había grandes tortugas y enormes lagartos. Prosperaron además, numerosos predadores en el lecho marino, que provocaron profundos cambios en la fauna que lo habitaba.

Muchos mamíferos dejaron de poner huevos y comenzaron a parir sus crías.

La aparición, diversificación y radiación de las **angiospermas** (plantas con flor), provocó profundos cambios en los ecosistemas. A partir de su diversificación, la coevolución entre estas y la fauna se pone de manifiesto. Asociados a ellas se desarrollaron los insectos polinizadores; el surgimiento de este tipo de flora también tuvo una incidencia importante sobre la evolución y diversificación de los vertebrados herbívoros y de numerosos artrópodos. Los hábitos alimentarios y los sistemas digestivos de los anima-

les también afectaron su evolución.

La diversificación de las angiospermas contribuyó a reemplazar parte de la declinante vegetación existente o a su extinción. Durante el Cretácico final las angiospermas se diversificaron originando las formas más tempranas de gran parte de las familias modernas. Los grandes ecosistemas comenzaron a adoptar una estructura de fauna y flora que básicamente persiste hasta nuestros días.

Durante el Período Terciario (comienzo de la ERA CENOZOICA), los mamíferos experimentaron importantes cambios evolutivos y «colonizaron» gran cantidad de hábitats, muchos de los cuales antes estaban ocupados por los dinosaurios. Los primeros tiempos de este período (hace 40 - 60 Ma) constituyeron su principal momento de expansión, provocando un notable cambio de fauna a escala mundial. Surgen en él los órdenes de mamíferos actuales y entre muchos otros, aparecen los cetáceos (ballenas y delfines), los felinos, los roedores, los ungulados (caballos, jirafas, camellos, vacas, etc.) y los primates (lémures, monos, gorilas, hombre).

A medida que avanzaba el Terciario, las diferencias latitudinales y la estacionalidad se fueron intensificando.

Hacia fines del Terciario, durante los últimos 5 Ma, se producen en África oriental -en la transición (ecotono) entre el bosque tropical y la sabana- en la región que hoy ocupan Etiopía, Tanzania y Kenia, pasos decisivos para la evolución del **Hombre**.

Esta región africana en la que se origina y evoluciona el hombre, tenía -con anterioridad a este hecho- clima húmedo y estaba cubierta por densos y extensos bosques. En este ecosistema vivían las poblaciones de primates a partir de las cuales se originarían nuestros antepasados.

Hace aproximadamente 8 Ma -debido a complejos fenómenos geológicos- se produjo un cambio climático que provocó un enfriamiento y tornó el clima húmedo a seco. Esta variación, generó la fragmentación y retracción del bosque y el surgimiento de un nuevo paisaje: la sabana.

Estas nuevas condiciones ecológicas crearon mayor geodiversidad y la posibilidad -para cierto grupo de primates- de adaptarse a la sabana desarrollando la postura bípeda, modificando la dieta y generando las precondiciones que conducirían al hombre moderno. Resulta interesante señalar que nuestra evolución también formó parte de un proceso evolutivo mayor que involucró el clima y los ecosistemas.

Las especies de *Australopithecus*, de andar erecto (bipedismo) pero con rasgos anatómicos que favorecieron su capacidad de escalar árboles (brazos largos, articulaciones robustas en las manos, pulgar oponible), vivieron entre 4 y 2,5 Ma antes del Presente. Entre ellos, *Australopithecus ghari* desarrolló la capacidad de elaborar herramientas elementales de piedra.

Posiblemente dentro de los Australopithecinae surgió el género *Homo*.

Hace 2,5 Ma ya existían, por lo menos, dos especies del género *Homo* (*H. habilis* y *H. rudolfensis*), caracterizadas por una mayor capacidad cerebral (entre 700 y más de 800 cm³) en comparación con *Australopithecus* (alrededor de 450 cm³). El *Homo habilis* estaba capacitado para producir herramientas de piedra, en forma de fragmentos cortantes. Estas herramientas se conocen como «cultura de Olduvai», por haberse descubierto en la quebrada del mismo nombre en Tanzania, en la cual se hicieron numerosos hallazgos de homínidos.

Hace unos 1,9 Ma, se desarrolló, a partir de esas formas tempranas del Hombre, el *Homo erectus*, la primera especie de homínido cuya distribución va más allá de África (Hombre de Beijing; Hombre de Java). Finalmente, hace aproximadamente 195.000 años surge nuestra especie, *Homo sapiens*, el denominado hombre moderno; única especie viviente del género. Sus restos fósiles son cráneos y fueron hallados en el valle de Omo, al suroeste de Etiopía.

5 . BIODIVERSIDAD Y ACTIVIDAD HUMANA

La biodiversidad actualmente se encuentra atravesando un momento crítico, producto del profundo deterioro ambiental manifestado a través de la **destrucción y fraccionamiento de hábitats** en el planeta. Esta crisis global tiene -entre sus principales causas- el desmedido incremento de la población humana mundial, los procesos tecnológicos y las pautas de consumo prevalentes.

Hemos visto que la biodiversidad ha sido naturalmente alterada a través del tiempo (extinciones) y que dichas alteraciones permitieron oportunidades de diversificación y recuperación. Son hechos que forman parte del proceso natural de la vida.

La aparición del hombre -su desarrollo demográfico, cultural y particularmente tecnológico *- ha provocado siempre y con distinto grado, un impacto sobre el ambiente. A partir de la Revolución Industrial (siglo XVIII) y la aceleración de sus procesos socioeconómicos, científicos y tecnológicos, dicho impacto ha tomado actualmente una dimensión de tal magnitud, que sus efectos comprometen seriamente la viabilidad del medio natural tal como lo conocemos.

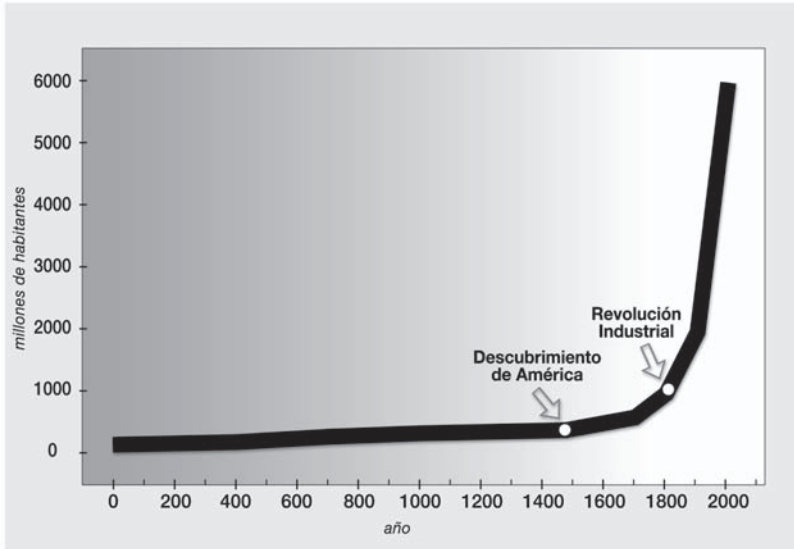
La repercusión de estos procesos se ha visto altamente potenciada por el elevado crecimiento demográfico de la población humana, producido principalmente a partir de mediados del siglo XX. Esto ocurrió, entre otras causas, debido al mejoramiento de la medicina, la aparición de los antibióticos, los hábitos higiénicos y la disponibilidad de alimentos. Estos hechos provocaron una fuerte disminución de la tasa de mortalidad.

El pronunciado incremento de la población humana queda de manifiesto a través de la curva de crecimiento expuesta en la Figura 19. Este desmedido aumento constituye, para muchos investigadores, uno de los principales problemas ecológicos (Ehrlich y Ehrlich, 1993).

El ser humano no sólo tiene la capacidad de modificar su ambiente, sino que también posee la capacidad de destruirlo. Este poder se manifiesta a través de la degradación o destrucción de los ecosistemas y la alteración de sus delicados procesos funcionales. La contaminación en todas sus formas (física, química y biológica), la deforestación, los procesos de desertificación y la descontrolada explotación de los recursos naturales, constituyen las principales acciones que provocan la alarmante pérdida de biodiversidad,

*La tecnología es un instrumento que le ha permitido al ser humano, a través de su historia y con diversos grados de impacto, *apropiarse* y *transformar* profundamente los recursos naturales, el ambiente y su forma de vida.

Figura 19. Evolución del crecimiento demográfico de la población humana.



la alteración del funcionamiento de los ecosistemas y del ambiente global.

Estos procesos tienen su origen en el desmedido aumento de la población humana mundial y en las estrategias de vida prevalentes, basadas en la explotación del ambiente y el consumo ilimitado (Clark, 1989; Wilson, 1989).

Durante el siglo XX - y principalmente en los últimos 50 años- se han manifestado cambios de diversa magnitud en los patrones climáticos, que escapan a los rangos de variabilidad esperados. Estos cambios son tanto cualitativos como cuantitativos, se expresan a escala global y muestran diferencias regionales.

Dichos episodios son persistentes, muestran una tendencia sostenida y configuran el fenómeno denominado Cambio Climático Global (CCG). La comprensión de este fenómeno y sus efectos, sólo es accesible a partir de la conceptualización sistémica del clima, interpretándolo como la consecuencia ambiental producto de la interacción que se da entre la atmósfera, los océanos, las masas de hielo (criosfera), los organismos (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera).

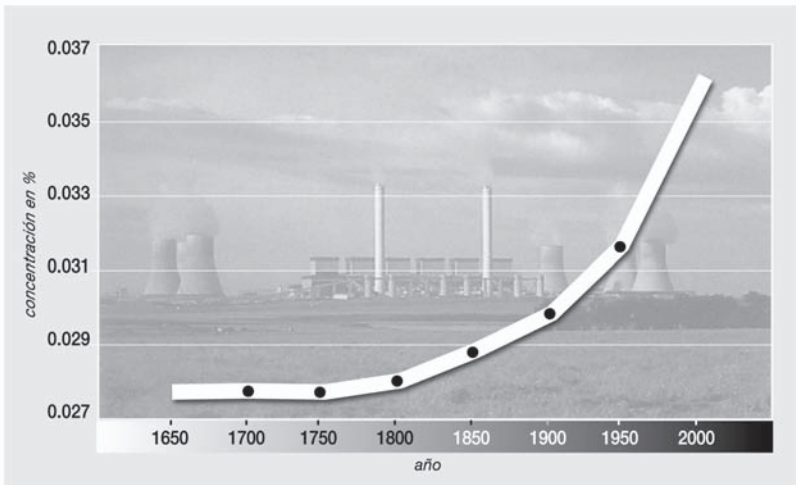
La actual atmósfera terrestre es una mezcla de gases; una envoltura gaseosa compuesta principalmente por nitrógeno (78,08 %), oxígeno (20,95 %), argón (0,93 %), dióxido de carbono (0,03 %), ozono y vapor de agua en cantidades variables. La presencia de estos gases produce un efecto inver-

nadero natural que mantiene la temperatura media del planeta en aproximadamente 15 °C. Sin ellos, dicho valor sería aproximadamente de 20 °C bajo cero.

Durante el siglo XX comenzó a registrarse un aumento de la temperatura media del planeta -tanto diurna como nocturna- con tendencia sostenida. Para los últimos 100 años ese aumento es de 0,6 °C y -de persistir ciertas condiciones- es de esperar que para los próximos 100 años el incremento alcance entre 1,0 °C a 3,5 °C.

El advenimiento de tecnologías modernas de análisis y medición en meteorología, permitió determinar con precisión la composición de gases atmosféricos y su monitoreo . Este avance detectó fuertes incrementos en las concentraciones de dióxido de carbono (30 %), metano (150 %), óxido nitroso (16 %) y la aparición en la atmósfera de un conjunto de gases nuevos en ella, los clorofluorocarbonados (CFCs) (Figura 20).

Figura 20. Evolución de la concentración de dióxido de carbono atmosférico en los últimos cuatro siglos.



El origen de estos aumentos se debe a emisiones producidas por el hombre. Los motores de combustión y las industrias que consumen combustibles fósiles (hidrocarburos, carbón y gas) emiten dióxido de carbono. Parte de la actividad agropecuaria (producción de arroz, ganadería) y los procesos fermentativos anaeróbicos (basurales) generan metano. Actividades industriales, combustión de biomasa y combustibles fósiles, producen óxido

nitroso y la tecnología del frío, aerosoles y ciertos materiales sintéticos, liberan CFCs.

Cada uno de estos gases contribuye al calentamiento global en las siguientes proporciones: dióxido de carbono 55 %, CFCs 24 %, metano 15 % y óxido nitroso 6 %.

La tasa de emisión de estos gases está directamente vinculada al modelo tecnológico y sus fuentes de energía y al modelo socioeconómico dominante (producción, demanda y consumo ilimitados).

La comprensión de la dinámica atmosférica permitió entender su dinámica térmica. Como resultado de ello se comprendió qué estaba ocurriendo: el incremento de éstos gases impide la emisión de cierta radiación infrarroja al espacio exterior del planeta, provocando su calentamiento global. Dadas ciertas analogías de este fenómeno con un invernadero, se lo denominó «efecto invernadero» y a los gases involucrados «gases de efecto invernadero».* Su vida media en la atmósfera es de 15 años para el metano, 100 -150 años para el dióxido de carbono, 290 años para el óxido nitroso y 65 -110 años para los CFCs. Dicha estabilidad permite inferir la persistencia en el tiempo del fenómeno y sus efectos, aún si se diera el hipotético y poco probable caso en que se redujeran a cero las emisiones antrópicas.

Este calentamiento global provoca profundas alteraciones en la circulación de los vientos, la distribución de las precipitaciones, la circulación oceánica y la aceleración del ciclo hidrológico.

Partiendo de una interpretación sistémica -no sólo del clima sino del ambiente- podemos inferir que esas alteraciones producen cambios en todos los ecosistemas y naturalmente, sobre todas las dimensiones de la comunidad humana.

En este aspecto, hemos padecido y visto inundaciones, lluvias y tormentas de gran intensidad o grandes sequías y las graves consecuencias de su impacto sobre el sistema sociocultural (pérdidas humanas, materiales y económicas de magnitud). Según la Cruz Roja Internacional, a los afectados directos de estos episodios en busca de ayuda, se les ha dado la categoría de *refugiado ambiental* y sólo durante el año 1999 totalizaron 25 millones de personas.**

Debido a estas perturbaciones, el área de distribución de las enfermedades infecciosas tropicales (cólera, malaria, dengue, etc) se ha expandido, ya que

* El *efecto invernadero* es un fenómeno natural producido por la atmósfera terrestre. Lo que desde hace décadas está ocurriendo en realidad, es que se ha intensificado; por ello, la expresión *calentamiento global* es la forma correcta de nombrar a este fenómeno.

** Esta cifra supera ampliamente a la correspondiente a refugiados por motivos políticos, bélicos o religiosos.

se han extendido las condiciones ecológicas para el desarrollo de sus agentes patógenos.

La fusión de masas de hielo debido al calentamiento global, se manifiesta a través del retroceso de glaciares y la reducción de los casquetes polares. Como consecuencia de ello, las masas de hielo ártico han disminuido desde 1978 aproximadamente un 20 % en cobertura y han sufrido un adelgazamiento estimado entre un 15 % y 40 %. Esta fusión acelerada del hielo, provoca un ascenso del nivel del mar que erosiona las costas y pone en serio riesgo a los 100 millones de seres humanos que viven a 1 m (o menos) del actual nivel promedio del mar.

El aumento de la temperatura y de la radiación ultravioleta (UV) está provocando daños importantes en los ecosistemas de arrecifes de coral. Si bien hay regiones afectadas por intensas lluvias e inundaciones, otras áreas se encuentran sometidas a fuertes procesos de desertificación.

Inevitablemente, es de esperar que todos estos cambios tengan un fuerte impacto sobre la biodiversidad del planeta.

El referido incremento de los gases de efecto invernadero está directamente vinculado al fenómeno de **contaminación ambiental**. Esta denominación designa a la aparición de agentes físicos, químicos o biológicos, en formas y concentraciones tales que resulten perjudiciales para los ecosistemas o afecten la calidad de vida del ser humano, tanto sea en forma instantánea como a largo plazo. Es aplicada al proceso de vertido de sustancias tóxicas o al aumento descontrolado de la concentración de elementos que naturalmente se encuentran presentes en el medio, al aumento de radiaciones, de la temperatura en ambientes acuáticos por vertido de fluidos calientes provenientes de industrias o a la implantación artificial de especies biológicas exóticas (Margalef, 1980).

Los procesos de contaminación afectan sensiblemente los ciclos de la materia y, con ello, la estabilidad y dinámica de los ecosistemas. El *ciclo del nitrógeno*, por ejemplo, ha sido sensiblemente afectado por el intenso uso de fertilizantes nitrogenados y por la emisión de óxido nitroso proveniente de la combustión de hidrocarburos.

Existe dentro de este ciclo una fase en la cual el nitrógeno atmosférico - por la acción de microorganismos- es fijado en el suelo; de esta manera queda disponible para ser utilizado por plantas y animales (además de seres vital, son incapaces de tomarlo de la atmósfera). Esta fijación natural ha sido ampliamente superada por la fijación producida por el hombre. De esta forma, el desequilibrio producido genera efectos complejos y diversos sobre la composición de especies vegetales y, posteriormente, sobre el resto de los organismos.

Se ha observado que dicho aumento explicaría la retracción y disminución de áreas boscosas y la desaparición de varias especies de hongos

micorrizicos -de gran importancia en los bosques- en ciertas áreas de Europa. También se ha observado que especies de pastos demandantes de nitrógeno, están desplazando a otras especies para las que la abundancia de nitrógeno no implica ningún tipo de ventaja (Vitousek, 1994). Por otra parte, el exceso de compuestos nitrogenados al alcanzar cuerpos de agua (ríos, lagos, etc.), provoca un fuerte crecimiento de las poblaciones de algas y otras plantas acuáticas. Este fenómeno llamado eutroficación, altera profundamente las características físicas y químicas del agua e implica la retracción y aún desaparición de las comunidades del ecosistema acuático (Figura 25).

La *introducción de especies biológicas exóticas* de manera no controlada, provoca alteraciones ambientales de distinto grado, ya que el organismo introducido no tiene predadores naturales ni competidores. Por este motivo, sus poblaciones crecen y se difunden rápidamente provocando el desplazamiento, la disminución y aún la extinción de poblaciones locales.

En Argentina, un ejemplo de ello lo constituyen las poblaciones de castores en Tierra del Fuego. El castor es un roedor de hábitos acuáticos, originario del Hemisferio Norte. En el año 1946 fueron introducidas 25 parejas del castor americano (*Castor canadensis*) con intenciones comerciales -nunca concretadas- vinculadas a la industria peletera. Uno de sus hábitos es construir extensos diques, canales y madrigueras en cursos de agua, empleando ramas y troncos de árboles. Son, exceptuando al hombre, los organismos que mayores modificaciones producen en su ambiente físico. Por no tener en Tierra del Fuego predadores ni competidores naturales, han incrementado y expandido ampliamente su población. Esta situación provoca intensas talas en los bosques de lenga (*Notofagus pumilio*), inundaciones producidas por los diques, acumulación de materia orgánica y alteraciones en el ciclo de los nutrientes. Actualmente, el impacto y la magnitud de estas modificaciones ambientales tienen características de desastre ecológico y aún no se dispone de una estrategia eficiente para su control.

El dodo (*Raphus cucullatus*) era un ave no voladora de la familia de las palomas, que habitaba exclusivamente las islas de San Mauricio (Océano Indico) (Figura 21). A partir del 1.600 estas islas fueron colonizadas por portugueses y holandeses que introdujeron, entre otras especies (exóticas), los cerdos. El dodo anidaba en el suelo y los cerdos predaron sus nidos para alimentarse de sus huevos; de esta forma, en sólo 80 años el dodo se extinguió.

La introducción de organismos exóticos producida en forma accidental o intencional -sin las adecuadas medidas de control- incluye un amplio espectro de formas animales, vegetales, algales, fúngicas y de microorganismos que causan alteraciones en los ecosistemas y en muchos casos, al trans-

Figura 21. Dodo (Raphus cucullatus). Ave no voladora extinta que habitaba las Islas de San Mauricio. [Tomado de www.davidreilly.com/dodo; copyright Corbis].



formarse en especie *plaga*, impactan negativamente sobre las economías y la calidad de vida de las comunidades humanas afectadas (Correa y Boltovskoy, 1998).

La *deforestación* es un proceso que implica la eliminación premeditada, irracional y masiva de árboles, con una importante disminución del área boscosa o su fragmentación. Esta acción es frecuentemente, debida a intereses comerciales, de índole industrial (industria de la madera), inmobiliaria (nuevas urbanizaciones), agropecuaria (tierras para cultivo o pastoreo) y a incendios forestales producidos por negligencia.

Esta práctica tiene una fuerte incidencia en todas las regiones boscosas y selváticas. Se torna más crítica aún cuando se produce en el Bosque Tropical lluvioso, en el que la biodiversidad es mayor. Este tipo de bosque forma parte de los Bosques Tropicales que se desarrollan en la zona ecuatorial, hasta aproximadamente los 20° de latitud norte y sur y ocupan el 8 % de las tierras del planeta. La pérdida del bosque implica irreversiblemente la desaparición de hábitats, del suelo y con ello, de especies animales, vegetales, algales, fúngicas y de microorganismos. Altera, además, la función ambiental global de estos biomas. Las áreas boscosas y selváticas constituyen sumideros (captadores) naturales de CO₂, por lo que su merma o eliminación contribuye al calentamiento global.

Antes de que se implementara la agricultura a escala global, las áreas

forestadas ocupaban alrededor de 6.000 millones de hectáreas. Actualmente, como consecuencia de la explotación forestal, dicha superficie se ha reducido a 3.500 millones de hectáreas. La mayor parte de esta merma ha ocurrido a fines del siglo XX y, si persiste este ritmo, la estructura principal de estos bosques habrá desaparecido en un término aproximado de cuatro décadas (Figuras 22 y 23).

La situación actual de estos ecosistemas es sumamente crítica y se refleja a través de los siguientes datos:

- En los bosques tropicales ubicados principalmente en América del Sur, América Central, África Central y el Sudeste Asiático, se produce permanentemente una tala irracional e indiscriminada, que provoca la desaparición de una masa boscosa equivalente a un campo de fútbol ($6500 \text{ m}^2 = 0.65 \text{ ha}$) por minuto.
- La tala e incendio de estos bosques redujo su extensión global original en aproximadamente un 55%.
- El área deforestada durante el período 1990/95 fue de aproximadamente 200 millones de ha (superficie equivalente a México o Indonesia).
- El 90% de los bosques húmedos de Filipinas han sido talados.
- La exuberante y diversa selva Atlántica de Brasil (Mata Atlántica) ha sufrido una deforestación que la ha reducido a aproximadamente el 1% de su extensión original.
- En la selva Amazónica, durante el año 2004, se quemaron 26.130 km^2 , que equivale al 6% del total.
- La magnitud de la pérdida de biodiversidad -producto de la deforestación- podría llegar a ser sólo en estas regiones, de alrededor de 5.000 especies por año.
- La mitad de las especies de aves de la Polinesia ha sido eliminada por la caza descontrolada y la deforestación.
- En el siglo XIX la Isla de Santa Elena (Atlántico Sur) fue completamente deforestada; con ello se perdió la mayor parte de su flora única en árboles y arbustos.
- Por deforestación y posterior erosión, la Tierra pierde cada año 25.000 millones de toneladas de suelo húmico.
- Durante las últimas dos décadas se ha observado una intensa reducción global de sapos, ranas y salamandras (anfibios). Además de la reducción se observó pérdida de fertilidad y aumento de malformaciones. Este fenómeno afecta seriamente a la mayoría de las 5.000 especies conocidas de estos anfibios. Sus probables causas están vinculadas a la destrucción del hábitat, a la contaminación con pesticidas y al aumento de la radiación ultravioleta debida a la reducción de la capa de ozono (Blaustein y Wake, 1995).
- Los bosques son, a través de su proceso de fotosíntesis, importantes su-

mideros de dióxido de carbono. Actualmente, los países industrializados emiten alrededor de 2.000 millones de t/año originadas principalmente en los motores de combustión y otros 1.000 millones de t/año por incendios masivos de bosques. Estas intensas emisiones de dióxido de carbono hacen que el actual ritmo de deforestación contribuya entre un 5 a 20% al fenómeno efecto invernadero, que incrementa la temperatura media del planeta y provoca severos desequilibrios climáticos.

- La actual tasa de deforestación compromete seriamente la supervivencia de aproximadamente 50 millones de indígenas. En el caso particular de los bosques tropicales, de etnias milenarias como la de los Pigmeos.

Figura 22. Evolución del área mundial ocupada por los Bosques Tropicales.

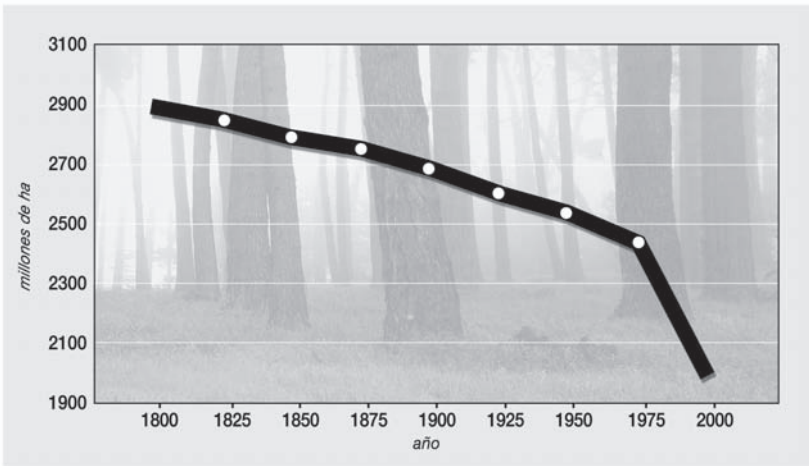
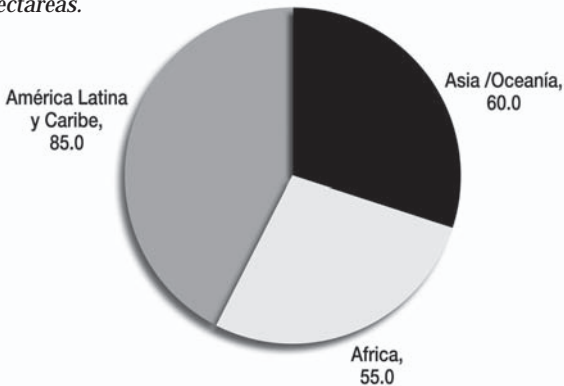


Figura 23. Deforestación tropical regional durante el período 1980–1995 en millones de hectáreas.



En 1917 Argentina poseía 104 millones de hectáreas de bosques; a mediados de la década del ochenta esa superficie se redujo a 39 millones. Esta alarmante disminución de bosques, cercana al 60 %, representa sólo para dicho período un ritmo de deforestación de casi 1 millón de hectáreas de bosques al año (Burkart, 1993; Tinto, 1986).

Si bien los procesos de deforestación, como hemos visto, tienen un gran impacto sobre la biodiversidad, también lo tienen aquellos planes de forestación destinados a producir pasta de celulosa, la materia prima en la industria del papel. Se trata en estos casos de extensas plantaciones de árboles de una sola especie (por ejemplo eucaliptus o pinos) para cuyo desarrollo se aplican intensivamente técnicas y productos agroquímicos destinados a maximizar la producción. Estas plantaciones, mal llamadas bosques (un bosque es muchísimo más que un gran conjunto monoespecífico de árboles), se realizan sustituyendo al verdadero bosque o ecosistema nativo preexistente e implican, entre otros impactos, una fuerte merma de la biodiversidad y en muchos casos la alteración del aprovechamiento y manejo del recurso hídrico de la región. Las políticas forestales sustentables están dirigidas a permitir y sostener el desarrollo del bosque nativo y su biodiversidad.

La *desertificación* es un proceso que acarrea la degradación del suelo con una elevada pérdida de sus propiedades y aptitudes, tornándolo no apto para mantener las comunidades biológicas hasta ese momento establecidas. Este fenómeno de alto impacto mundial, afecta actualmente alrededor de 3.000 a 3.500 millones de hectáreas; aproximadamente el 25 % de las tierras del planeta. La degradación del suelo se produce en diversas regiones del planeta, pero se reserva el término desertificación cuando ocurre en regiones áridas y semiáridas.

Se origina y es producto de diversos factores. Entre los más importantes se encuentran las variaciones climáticas y actividades humanas tales como la deforestación, el sobrepastoreo, la sobreexplotación y la aplicación de técnicas agrícolas inapropiadas. Su manifestación reconfigura el área afectada promoviendo una brutal transformación del paisaje, de sus comunidades biológicas y un alto impacto socioeconómico (Figura 24). La magnitud que ha tomado el proceso de desertificación y su impacto negativo sobre los ecosistemas, llevó a Naciones Unidas a crear la *Convención de Lucha contra la Desertificación* que promueve su estudio, monitoreo y la adopción de estrategias de mitigación y recuperación.

La *sobreexplotación* de los recursos biológicos se da como resultado de la aplicación en forma irracional, descontrolada y masiva de una práctica o tecnología de características extractivas, sobre un recurso natural. Este tipo de acciones ha producido mermas importantes en poblaciones animales y

Figura 24. Paisaje desertificado como consecuencia de la deforestación. Llanura de las travesías, Zona de Lavalle. Mendoza, Argentina. [Foto: Elena Abraham. IADIZA/CRICYT/CONICET].



vegetales, llegando en muchos casos a la casi desaparición o estado de peligro de la especie y aun a su extinción.

Como ejemplo de estas prácticas citamos, entre innumerables casos, la sobreexplotación por motivos productivos o de tráfico ilegal a que se encuentran sometidas poblaciones de ballenas, elefantes, rinocerontes, monos, bosques, gran parte del recurso pesquero y animales cuya piel es considerada suntuaria. En muchos casos, esta sobreexplotación es un resultado no intencional, provocado por el incremento demográfico de sectores pauperizados que por demanda de leña -como única fuente de energía a la que pueden acceder- sobreexplotan praderas arbustivas y bosques.

Algo similar ocurre con el alto incremento de la demanda de ciertos alimentos, como es el caso de monos bonobos (*Pan paniscus*, chimpancés de baja talla) en ciertos países del África central. La sobreexplotación del bonobo por parte de comunidades humanas que padecen hambre, ha traído aparejada la reducción de sus poblaciones a niveles peligrosamente críticos.

Estos dos últimos ejemplos nos muestran claramente cómo la pobreza y la exclusión masiva generadas por el modelo socioeconómico hegemónico - más allá de su significado ético- promueve un impacto negativo sobre los ecosistemas y la diversidad biológica.

En Argentina existen ejemplos paradigmáticos de procesos de sobreexplotación y deforestación seguidos de desertificación. Uno de los más elocuentes se produjo a fines del siglo XIX y principios del XX en la provincia de Santiago del Estero, sobre sus bosques de quebracho (*Schinopsis*

lorentzii). Con la llegada del ferrocarril al país y la gran expansión de su red vial se talaron irracionalmente, entre otros, estos bosques para la fabricación de durmientes; sólo entre 1906 y 1915 se produjeron 20.700.000 durmientes. Su resultado fue la degradación total del bosque y el inicio de un proceso de desertificación intenso, cuyas consecuencias ambientales y socioeconómicas aun perduran (Brailovsky y Foguelman, 1991).

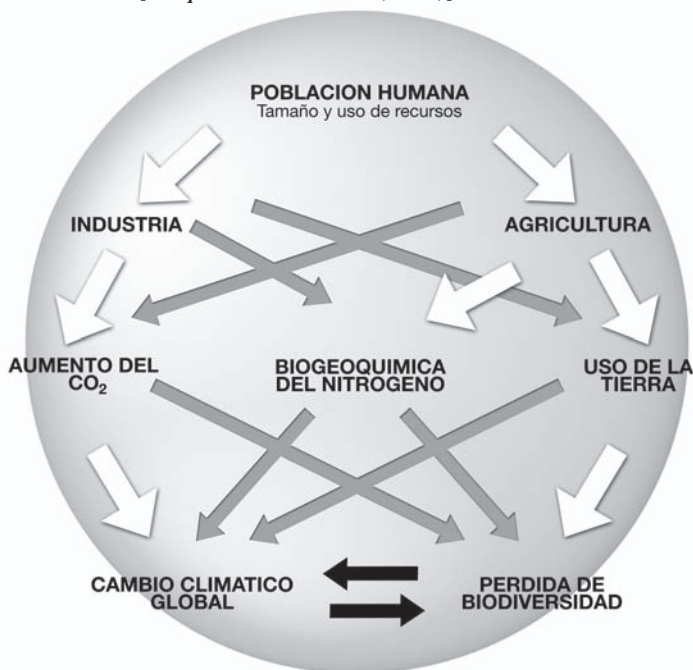
Vale la pena repetir que estos procesos –contaminación, deforestación, desertificación y sobreexplotación- acarrearán irremediablemente la **destrucción de hábitats** y con ello la pérdida de las poblaciones que los ocupan.

Actualmente la biodiversidad se encuentra sometida a un peligroso y sostenido proceso de merma de **origen antrópico** (Figura 25). El ritmo de degradación y destrucción de ecosistemas y especies es comparable y en muchos casos superior, al manifestado durante las extinciones masivas pasadas (Kauffmann y Harries, 1996).

Se ha podido determinar que en los últimos 15.000 años y especialmente a partir del siglo XIX, ha desaparecido aproximadamente el 50 % de la biodiversidad conocida.

Muchos investigadores sostienen que si comparamos estos datos y sus

Figura 25. Esquema de interacciones entre factores antrópicos y su incidencia sobre el ambiente. [Adaptado de Vitousek (1994)].



tendencias, con la información obtenida a través del estudio de las extinciones masivas del pasado, se puede afirmar que nos encontramos en el comienzo de un nuevo evento de esas características. A diferencia de los anteriores, en este caso, uno de los factores críticos e inductores es la actividad humana. Actualmente estamos perdiendo unas 30.000 especies de plantas y animales al año, a causa de la perturbación de ecosistemas por acciones humanas (Eldredge, 2001). El ritmo de destrucción es persistente y acelerado y sus efectos podrían manifestarse con mayor gravedad en plazos medidos en centurias. Ante esta situación sólo cabe reflexionar, actuar racionalmente y recordar lo expresado por Kauffman y Harries (1996):

La comunidad mundial debe darse cuenta de que no estamos viendo el futuro dentro de una bola de cristal, o leyendo una novela de ciencia ficción al predecir la muerte del ecosistema global y de la calidad de vida tal cual la conocemos... No podemos esperar a saber que ocurrirá; hay que actuar decididamente a nivel personal, social y político a fin de invertir la espiral de extinción biológica y destrucción del hábitat en el planeta Tierra.

Según varios autores, nuestro planeta se encuentra en una virtual extinción masiva, que ha sido llamada **la sexta extinción** (Leakey y Lewin, 1997). A diferencia de las anteriores, es la primera en la que está presente el ser humano y por lo tanto sufrirá sus efectos.

Las extinciones pasadas ocurrieron por la conjunción de múltiples factores y en muchas de ellas hubo un «evento gatillo» puntual que las desencadenaba y luego desaparecía. En la actual crisis, el efecto antrópico es uno – tal vez el más crítico– de los factores principales. Es una perturbación **persistente** y su **intensidad aumenta sostenidamente**, es decir, no ha cesado y hasta hoy no hay evidencia de su fin. Esta situación hace imprevisible la magnitud de sus consecuencias finales.

Ante un escenario de estas características, es sensato y necesario aplicar el **principio de precaución*** (Dovers y Handmer, 1995) a fin de por lo menos, mitigar los daños producidos y minimizar los futuros. La conducta deseable para ser adoptada mundialmente, tiene su punto de partida en la consigna de producir cambios en los modelos culturales actuales, a través de la internalización y adopción de modelos de desarrollo sustentable, en los cuales el ambiente en su totalidad deja de ser una **externalidad** del ser humano, para pasar a ser lo que realmente es, **una parte indisoluble de sí mismo**.

* El *Principio de Precaución* expresa que ante la ausencia de información científica que garantice que una acción determinada no provocará daños sobre el ambiente o la salud, o que su aplicación implica una gran incertidumbre sobre sus efectos, la conducta apropiada indica la no aplicación directa o una aplicación moderada y controlada con evaluación de riesgos y estrategias de mitigación disponibles. Este principio surge de una visión preventiva en la gestión y análisis de riesgos.

6 . BIODIVERSIDAD Y DIVERSIDAD HUMANA

El ser humano es una especie más en este planeta. Sus formas ancestrales aparecen en un momento aún no bien establecido que se sitúa entre los 7 y 4,4 Ma en el bioma de la sabana tropical del Africa oriental, en la región que hoy ocupan Tanzania, Kenia y Etiopía.

El hombre moderno es un **hominido**, un primate singular, perteneciente a la especie *Homo sapiens*, fuertemente emparentado con el bonobo, el chimpancé y el gorila. Las diferencias genéticas con ellos son sólo del 1 % o aun menores (Diamond, 1999). En la historia de la vida es una especie «recién llegada»; biológicamente hace apenas 195.000 años y en forma culturalmente masiva, hace 10.000 años (Leakey y Lewin, 1997; Campbell, 1985).

Es una especie sumamente particular. Desarrolló el lenguaje y el pensamiento abstracto, tiene conciencia de sí misma, del pasado y del futuro como ninguna otra especie, se ha multiplicado y difundido masivamente por todo el planeta y alcanzó una capacidad poderosa de usar y modificar su ambiente. Hoy desea y necesita preservar la biodiversidad.

Uno de sus rasgos distintivos es su capacidad para generar **cultura**.*

La evolución cultural produjo -en forma semejante a la evolución biológica- diversidad; **diversidad cultural**. No existe una cultura; existen varias culturas.

La cultura de una sociedad es el conjunto de pautas adquiridas por el hombre. Es un complejo sistema de formas de comunicación, pautas y conductas de vida, interpretaciones, subjetividades, objetividades, creencias, tecnologías y relaciones con el ambiente. Es la **manera de ser** de esa sociedad y el resultado de un proceso acumulativo con dimensión histórica.

Desde sus orígenes la **cultura** se fue diferenciando en **culturas**, según la humanidad se fue diferenciando en conjuntos. Este proceso de diferenciación y adaptación fue generando diversidad cultural. Las sociedades huma-

* En su acepción más amplia, la cultura es el conjunto de pautas adquiridas y transmitidas dentro de una comunidad. Desde siempre se la asoció al ser humano como único organismo capaz de generarla; sin embargo se han identificado -principalmente en chimpancés- conductas adquiridas y transmitidas. Ellas están vinculadas principalmente a la construcción, mantenimiento y uso de diversas herramientas, destinadas a la captura y preparación de alimentos (Sabater Pi, 1984; Wranghan et al., 1994). Pautas similares han sido observadas en ciertas especies de monos, nutrias y cuervos, entre otras. De esta forma, a partir de la definición dada, la *producción de cultura* no sería un rasgo exclusivamente humano. La diferencia se manifiesta en la diversidad y grado de complejidad de dichas pautas.

nas mostraron *diferencias culturales* manifestadas a todos los niveles, lenguajes, dialectos, vestimentas, alimentación, creencias, arte y tecnologías.

El mosaico cultural fue y es atrayentemente variado y maravilloso. En él vemos que ha habido diversas respuestas a problemas similares y esto representa en sí mismo una riqueza. La cultura occidental y judeocristiana, dentro de sus particularidades, desarrolló un poderoso sistema socioeconómico y tecnológico que se difundió en detrimento de otras culturas. En ella, y por sus orígenes filosófico-religiosos, el ser humano tiene un lugar especial y de privilegio sobre el resto de las criaturas y el ambiente. Como producto de ello, se ha generado una visión **antropocéntrica** en la que se sobrevalora la especie humana. Bíblicamente es exhortada a crecer y multiplicarse y a disponer de todo cuanto fue «creado». En el Capítulo 1 del Génesis leemos: «... y Dios los bendijo diciéndoles: *Procread y multiplicaos y henchid la Tierra; sometedla y dominad sobre los peces del mar, sobre las aves del cielo y sobre los ganados y sobre todo cuanto vive y se mueve sobre la Tierra*».

Tal vez una mala interpretación del relato haya llevado a degradar el medio en la forma en que lo hacemos y a que hablemos con toda naturalidad de **explotar el ambiente**, explotar los recursos mineros, animales y vegetales, es decir, hacer uso de esos recursos como si fueran inagotables.

El ambiente se usa y percibe a partir de una visión exclusivamente «utilitaria» (Matteucci, 2001). El biólogo René Dubos (1986), miembro y participante de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, sostuvo ante esta actitud que: *en lugar de imponer nuestra voluntad sobre la Naturaleza en aras de la explotación, debemos intentar descubrir las cualidades inherentes a cada lugar concreto para propiciar el desarrollo. La vida humana no debería crecer cuantitativamente con la conquista de la Naturaleza, sino cualitativamente en cooperación con ella.*

En este sentido vale la pena revisar los efectos del impacto provocado por la conquista europea sobre las sociedades americanas y su ambiente, iniciada a partir del siglo XVI (Brailovsky y Foguelman, 1991; Galeano, 1994; Brailovsky, 2006). Muchas culturas americanas se han perdido para siempre, están reducidas a su mínima expresión o sobreviven deformadas. Es el caso de culturas como la Incaica o culturas menos conspicuas como las etnias aborígenes de América del Norte y América del Sur (Kauffman y Harries, 1996).

La *cultura occidental* y su proceso *occidentalizador*, unido en los últimos años al deformado fenómeno de la «globalización», promueven una tendencia culturalmente homogeneizadora, que se inicia en hechos económicos y comunicacionales y termina afectando en todos los planos a las otras culturas y al ambiente global. Esto provoca que sean vulneradas y finalmente absorbidas culturalmente, iniciando así el camino de su extinción.

Los aspectos más evidentes de este proceso se manifiestan en:

- Pérdida de lenguas, riquezas expresivas, tradiciones orales y la obra literaria formal y no formal. El lenguaje *es identidad* y representa un elemento insustituible para conocer los pensamientos y concepciones más profundas de la cultura que le es propia.
- Pérdida de tecnologías sustentables de pequeña escala en el sector agrícola, ganadero, alimenticio, medico-farmacéutico y energético.
- Pérdida de conocimientos etnobotánicos y ambientales y de «saberes tradicionales» sobre recursos.
- Pérdida de conductas y pautas alimenticias (dietas), en muchos casos de gran valor nutritivo, que son sustituidas por hábitos alimentarios no saludables.
- Pérdida de sistemas y técnicas constructivas de viviendas y pautas arquitectónicas adaptadas a ambientes determinados.
- Pérdida de tradiciones, costumbres y manifestaciones artísticas.
- Y así como las pérdidas citadas, la pérdida de «una manera de ser y ver el mundo» a través de la que una sociedad «fue» y «ya no será más».

Muchas de las culturas no hegemónicas poseen o pueden poseer la respuesta a problemas de la nuestra. Su permanencia implica riqueza intelectual.

Las distintas culturas constituyen la riqueza cultural del mundo, un patrimonio de conocimiento y creación elaborado durante cientos de años por infinidad de seres humanos. No sólo merecen admiración sino también valoración y respeto. Todo ser humano nace en una cultura que no elige, pero tiene el derecho de vivir en ella y transmitirla. Ninguna cultura tiene el derecho de desarrollarse o difundirse a expensas del deterioro de otra; más aún, ese acto constituye una violación.

El ser humano es un elemento de la biodiversidad que debe preservarse y sus culturas forman parte del patrimonio de esa diversidad.

Resulta importante señalar que el derecho a la existencia y preservación de las culturas, sus sociedades y su ambiente se halla consagrado en múltiples documentos elaborados a nivel internacional. Entre ellos se encuentran:

- Informe de la Conferencia de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992. *Principio 22*.
- ONU. Declaración de Derechos de Pueblos Indígenas, 1994. *Art. 29*.
- Conferencia de Río sobre Medio Ambiente. III Conferencia de las Partes, 1996. *Art. 8*.
- OEA. Comité Interamericano de Derechos Humanos. Declaración Americana de Derechos de los Pueblos Indígenas (*III Sección. Derecho a la Integridad Cultural*).

Es interesante destacar que en esa **diversidad de culturas** encontramos creencias religiosas y filosóficas, con concepciones «ecológicas» en cuanto a la ubicación y relación del ser humano con el cosmos, la Tierra y los seres vivos.

Antiguas religiones como el hinduismo, budismo, sintoísmo y culturas precolombinas americanas, manifiestan una visión más unicista e integradora del hombre en la Naturaleza (UNESCO-PNUMA, 1991). Para ellas la Tierra es un *sujeto* y no un *objeto* como lo es para la cultura occidental hegemónica.

En este sentido, resulta conmovedora y esclarecedora la clara visión sobre el mundo natural expresada en una carta dirigida al gobierno de USA en 1855, por el cacique Sealth, de la tribu Duwamish, que habitaba en tierras del actual estado de Washington :

Cada pedazo de esta tierra es sagrado para mi gente. Cada aguja brillante de pino, cada ribera arenosa, cada niebla en los bosques oscuros, cada claridad y zumbido del insecto es santo en la memoria y vivencias de mi gente. El hombre blanco es un extraño que viene de noche y nos arrebató la tierra, donde quiera que la necesite. La tierra no es su hermana sino su enemiga y cuando la ha conquistado se retira de allí, olvidando tanto la sepultura de su padre, como el lugar de nacimiento de su hijo. Todas las cosas comparten el mismo hálito, las bestias, los árboles y el hombre. El hombre blanco parece no notar el aliento del aire que respira. Como un agonizante de muchos días, está aterido para olfatear.

¿Qué es el hombre sin las bestias? Si todas las bestias se fueran, el hombre moriría de un gran abatimiento de su espíritu. Cualquier cosa que le pase a los animales, le pasará también al hombre. Todos los seres están relacionados. Cualquier cosa que le acontezca a la tierra, acontecerá también a sus hijos. A los blancos les puede suceder pronto, quizás antes que a otras tribus. Continúen contaminando su cama y se sofocarán una noche en sus propios desperdicios. Cuando todos los búfalos sean exterminados, todos los caballos domados, los recónditos rincones del bosque oprimidos por la pestilencia de muchos hombres y la vista de las colinas a la sazón mancillada por hilos del telégrafo, ¿dónde estará la espesura? Se habrá ido. ¿Dónde estará el águila? Se habrá ido. Y qué es sino, decir adiós a la veloz jaca y a la caza: el fin de la vida y el comienzo de la supervivencia.

A partir de los hechos producidos en los últimos 2.000 años por la cultura occidental, creemos que ha llegado el momento de realizar una crítica y una reinterpretación de sus valores y dogmas desde una perspectiva más humana y ecológica. Esto permitiría revalorizar sus éxitos y corregir sus errores, para bien no ya del ser humano sino del planeta Tierra como un todo. En este sentido y a partir del conocimiento que actualmente poseemos sobre el ambiente, Lynn Margulis -distinguida bióloga y colaboradora en el desarrollo de la Teoría de Gaia- ha señalado que la ilusión de considerar al ser humano independiente de la naturaleza es un caso peligroso de ignorancia (Margulis y Sagan, 2001).

7 . ACCIONES DESTINADAS A PROTEGER LA BIODIVERSIDAD

Durante la década del sesenta surgieron en el mundo a nivel individual y colectivo, las primeras señales de alerta sobre los problemas ambientales. Hasta ese momento la problemática de la situación ambiental no formaba parte de las políticas gubernamentales de los países. El interés y los reclamos manifestados internacionalmente desde ámbitos comunitarios y académicos, le dieron *entidad* y permitieron su insoslayable reconocimiento y tratamiento.

El problema ambiental se constituyó en un tema de debate en la sociedad y en distintos foros gubernamentales a nivel internacional, convirtiéndose de esta forma en un problema social. Su discusión desembocó en una innumerable serie de eventos, proyectos y programas de acción que, afortunadamente, generaron conocimiento y conciencia pública. El paso del tiempo ha reafirmado su importancia, enriquecido la polémica y aumentado sustancialmente el conocimiento sobre el tema.

Dentro de la multiplicidad de eventos realizados, los que a continuación mencionamos han cumplido y cumplen un papel decisivo:

- 1964 Programa Internacional de Biología (PIB) / UNESCO // International Biological Programme (IBP) .
- 1968 Conferencia sobre la Biosfera / UNESCO // Biosphere Conference. París, Francia.
- 1971 Programa Intergubernamental de Investigaciones sobre El Hombre y la Biosfera / UNESCO // Man and Biosphere (MAB).
- 1972 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Declaración de Estocolmo // The Stockolm Declaration on the Human Environment. Suecia.
- 1972 Convenio sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural / UNESCO // Convention for the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. París, Francia.
- 1975 Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) / UNESCO // United Nations Environment Programme (UNEP).
- 1975 Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA).
- 1977 Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental // First Intergovernmental Conference on Environmental Education. Tbilisi, URSS.
- 1985 Convenio para la Protección de la Capa de Ozono. Convenio de Viena.

- 1987 Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Informe «Nuestro Futuro en Común» («Informe Brundtland»). Tokio, Japón.
- 1987 Protocolo de Montreal // Montreal Protocol. Montreal, Canadá.
- 1987 Creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)
- 1988 Conferencia Mundial sobre los Cambios Atmosféricos. Toronto.
- 1992 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbre de la Tierra -ECO'92) // United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). Río de Janeiro, Brasil.
- 1992 Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático // United Nations Framework Convention on Climatic Change (UNFCCC). Nueva York, USA.
- 1993 Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) // Convention on Biological Diversity (CBD).
- 1997 Protocolo de Kyoto // Kyoto Protocol. Kyoto, Japón.
- 2000 Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad. Cartagena, Colombia (vigencia en 2003).
- 2002 Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. Cumbre de Johannesburgo. Sudáfrica.
- 2003 Conferencia sobre Cambio Climático Global // World Climate Change Conference. Moscú.
- 2005 Entra en vigencia el Protocolo de Kyoto. Japón

Uno de los resultados de la ECO'92 fue la firma del **Convenio sobre Diversidad Biológica** (1993), que junto con el Protocolo de Kyoto poseen una importancia decisiva y requieren para su implementación y cumplimiento un fuerte consenso internacional. Esta tarea ofrece dificultades, sobre todo con los países tecnológicamente más desarrollados, en los que los modelos económico-productivos prevalecen culturalmente sobre cualquier otra dimensión humana y ambiental.

Bajo el marco del Convenio de Diversidad Biológica se realizó -con el fin de implementar estrategias de gestión- un ciclo de reuniones conocidas como Conferencia de las Partes (COP). En ellas se establecen o perfeccionan reglas internacionales, relacionadas con la conservación de la biodiversidad (creación de áreas protegidas de la diversidad actual y fósil; promoción de un desarrollo ambientalmente sano y sostenible en áreas adyacentes a las protegidas; saneamiento de ecosistemas degradados; protección de especies en peligro de extinción).

Estas Conferencias fueron llevadas a cabo en:

COP 1. Noviembre-diciembre, 1994. Nassau, Bahamas

COP 2. Noviembre, 1995. Yakarta, Indonesia

COP 3. Noviembre, 1996. Buenos Aires, Argentina

COP 4. Mayo, 1998. Bratislava, Eslovaquia

COP 5. Mayo, 2000. Nairobi, Kenya

COP 6. Abril, 2002. La Haya, Holanda

COP 7. Febrero, 2004. Kuala Lumpur, Malasia

Durante la COP 3 (y dentro del marco de este Convenio) se conformó la Facilitación de la Información para la Biodiversidad Global // Global Biodiversity Information Facility (GBIF). En la GBIF se trató la implementación del artículo 7 del Convenio, referido al Inventario y Seguimiento de los Recursos Biológicos. En aquél entonces se tomó nota de la falta de un formato común para intercambiar información sobre recursos biológicos, que constituyen una parte de la biodiversidad. El Comité Ejecutivo de la GBIF ha realizado reuniones en Montreal (marzo 2001), Bonn (junio 2001), París (septiembre 2001) y Canberra (marzo 2003).

El protagonismo de Naciones Unidas (ONU) ha sido decisivo. Permitió un tratamiento internacional del problema ambiental y la generación y apoyo financiero de programas y proyectos interdisciplinarios de investigación y desarrollo. Los resultados han aportado conocimiento científico que logró generar programas educativos, acuerdos internacionales y proporcionar los fundamentos para la elaboración de normas y de legislación ambiental.

Este último aspecto logró consagrar a nivel nacional e internacional una nueva especialidad del Derecho, el Derecho Ambiental, que actualmente se encuentra incorporado a numerosas legislaciones. La legislación ambiental constituye un nuevo marco legal internacional en intenso desarrollo, destinada a elaborar normas de gestión, uso y acceso a los recursos naturales. Asimismo ha permitido reinterpretar el concepto «cosa de nadie» (*res nullis*), aplicado a ciertas partes de la Tierra –alta mar, Antártida, etc.- y reemplazarlo por «herencia común de la humanidad».

En Argentina, a nivel jurídico y administrativo, la temática ambiental y de biodiversidad se hallan contempladas en:

- Constitución Nacional, artículo 41.
- Ley 24.375 / 1994 (Convención sobre Diversidad Biológica) y Decretos complementarios 2419/91, 177/92 ,1381/96 y 1347/97.
- Plan de Estrategia Nacional de Biodiversidad.
- CONADIBIO (Comisión Nacional Asesora para la Conservación y Utilización Sostenible de la Diversidad Biológica).

Resulta oportuno señalar que, en Argentina, la Fundación Centro de Derechos Humanos y Ambiente (CEDHA www.cedha.org.ar) ha logrado vincular la problemática del ambiente con la defensa de los derechos humanos. Realiza en este sentido una intensa actividad para promover el desarrollo social y ambientalmente sustentable y mejorar el acceso a la justicia de las víctimas de violaciones a los derechos humanos producto de la degradación ambiental.

CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA (CDB)

Este convenio -que entró en vigencia el 29/12/1993- está dirigido a reglamentar normativa y jurídicamente las acciones destinadas al conocimiento, preservación, gestión, uso sostenible y distribución equitativa y justa de beneficios en lo referente a la biodiversidad en todas sus dimensiones (taxonómica, ecosistémica y genética). Está estructurado a través de un preámbulo, 42 artículos y dos anexos (ONU, 1994).

Uno de sus puntos esenciales es el referido al derecho soberano que tienen los estados y sus comunidades a hacer uso de sus recursos biológicos y a usufructuar y participar de sus beneficios. Debe tenerse en cuenta que, detrás de ese uso o a través de él, se encuentran asociados poderosos intereses comerciales multinacionales. Este hecho se potencia actualmente por el gran desarrollo y crecimiento de empresas de biotecnología, que tienen en los productos naturales, los organismos y sus genes, la materia prima de sus procesos productivos. Por otra parte, hasta el surgimiento del CDB y aún hoy, no existe claridad o directamente hay vacíos legales, en lo referente a los derechos que las naciones y comunidades tienen sobre su biodiversidad, el conocimiento de ella y los beneficios derivados.

El CDB establece un régimen internacional que regula el acceso, la gestión, el uso y los beneficios en términos de equidad de los recursos genéticos (biodiversidad), para asegurar a todas las comunidades (urbanas, rurales, indígenas) este derecho.

Con anterioridad a la existencia del convenio y aún actualmente, se dan situaciones de apropiación indebida de recursos genéticos y conocimiento tradicional por parte de empresas multinacionales biotecnológicas y aún de estados, hacia comunidades indígenas y países pobres (eufemísticamente llamados «en desarrollo»). Estas apropiaciones -que en general terminan produciendo ganancias económicas incalculables- no benefician y si lo hacen es en forma exigua, a los verdaderos y genuinos poseedores del recurso y su conocimiento.

El vacío legal, aún existente en muchos países pobres, es aprovechado por empresas biotecnológicas -principalmente de USA- para realizar intensos relevamientos de biodiversidad (bio-prospección) y de conocimiento indígena tradicional (etno-farmacología), que frecuentemente culminan con el patentamiento de organismos, células y genes. La patente otorga prioridad de uso, venta de permisos y en general exclusividad en los beneficios. Actualmente se encuentran patentadas centenares de plantas de interés farmacológico y alimenticio y, aunque resulte increíble, células y ADN humanos.

Veamos algunos ejemplos:

- **Neem** (*Azadirachta indica*), familia Meliaceae.

Planta de la India empleada tradicional y popularmente en dicho país

para la elaboración de una amplia gama de medicamentos destinados al tratamiento de úlcera, diabetes, patologías cutáneas y estreñimiento. Es también un poderoso plaguicida contra la langosta, la pulga marrón de las plantas, nematodos, larvas de mosquitos y escarabajos. La empresa química multinacional M.R.Grace and Co. patentó su uso para 37 productos, afectando profundamente la economía del sector en la India y en el resto del mundo. De esta forma, algo que era gratis y disponible para los habitantes del sur de Asia (14 millones de árboles sólo en la India), se transformó en la propiedad de una empresa multinacional norteamericana. A esta planta le siguieron otras, la **ayahuasca** (*Banisteriopsis sp.*) y la **quinua** (*Chenopodium quinoa*) de América del Sur; la **kava** (*Piper methysticum*) del Pacífico y la **calabaza amarga** (*Brassica sp.*) de Filipinas y Tailandia. Todas ellas largamente empleadas por los pueblos indígenas, pero cuya propiedad hoy se la asignan compañías estadounidenses.

- **Quinoa** (*Chenopodium quinoa*), familia Chenopodiaceae.

Pseudocereal pre-incaico de alto contenido proteico y nutricional, que constituye un componente importante de la dieta de millones de personas en los países andinos. Dos investigadores de la Universidad de Colorado (USA), recibieron el número de patente 5.304.718 que les concede el control exclusivo y monopolizador sobre las plantas masculinas de la variedad tradicional 'apelawa boliviana' de la quinua. Según las disposiciones de la Organización Mundial de Comercio (OMC, USA), estarían en condiciones de regular y monopolizar el comercio internacional de la quinua y derivados, afectando la economía boliviana y el destino de sus productores.

- **Células y ADN humanos**

Actualmente, varias empresas norteamericanas de biotecnología están gestionando y realizando fuertes presiones para patentar material genético de seres humanos de diversas etnias. En el Departamento de Comercio de USA se ha presentado una solicitud de patente para *células T infectadas con el virus linfotrófico VLTH tipo1* de una mujer guaymi * de 26 años. El Instituto Nacional de Salud de USA patentó **ADN** de un hombre del pueblo Hagahai de las montañas de Papua, Nueva Guinea. Actualmente, empresas estadounidenses venden vía Internet, *hematíes* de indios del Amazonas.

Si bien muchos de los pedidos de patentamiento han recibido una fuerte crítica a nivel internacional que los han demorado, la intención persiste y se multiplica. Esta desafortunada e intencional estrategia predatoria de los recursos biológicos aplicada por grupos multinacionales, constituye

* El pueblo Guaymi es originario de centroamérica y en la actualidad habita principalmente en Panamá y Costa Rica.

un acto egoísta y perjudicial hacia la humanidad y su ambiente que sólo responde a la irracional economía de mercado.

El CDB también brinda un marco para tratar la gestión de «Organismos Genéticamente Modificados» (OGM), públicamente conocidos a través de los cultivos y **alimentos transgénicos**. Básicamente se trata de especies cultivadas, cuyos genomas han sido modificados con el agregado de genes de otros organismos para lograr ventajas productivas; por ejemplo la resistencia a plagas y herbicidas.

Este tipo de biotecnología ha sido intensamente difundida y promocionada por los grandes monopolios de empresas de insumos agropecuarios. Actualmente y a nivel mundial, millones de hectáreas son destinadas anualmente a la producción de cultivos transgénicos comerciales, entre ellos soja, maíz, papa, algodón, sorgo, girasol, arroz y trigo, entre otros. El caso paradigmático, sobre todo en Argentina, lo constituye la soja transgénica (soja RR).

Cuando hablamos de soja transgénica nos referimos concretamente a un «paquete integral agro-tecnológico» que incluye la semilla, un herbicida llamado glifosato y un grupo de agroquímicos adicionales que incluyen fungicidas, cura-semillas y mejoradores de eficiencia. La soja transgénica es resistente al glifosato que elimina las malezas y para su cultivo se emplea siembra directa.

Las ventajas competitivas aluden a los bajos costos de producción, al alto rendimiento y al hecho que la siembra directa beneficia al suelo. Estas razones y la disponibilidad de créditos para su producción, han provocado que la mayor parte de la producción agropecuaria se haya inclinado por el cultivo de éste transgénico, desplazando otros cultivares (trigo, maíz, etc) y aún, actividades ganaderas. Se ha reducido de ésta forma la diversidad productiva agrícola, se observa una tendencia al monocultivo y se ocupan áreas no agrícolas. El área destinada al cultivo de soja pasó de 6 millones de hectáreas en 1996 a más de 15 millones en 2005.

Este sistema productivo obliga -por desarrollar resistencia al herbicida- a duplicar cada año el consumo de glifosato, que para el año 2000 estaba en el orden de 50 millones de litros. Además el productor debe adquirir cada año las semillas, ya que sus diseñadores le han incluido un mecanismo biológico (TPS: Sistema de Protección Tecnológica) que torna estériles las semillas de la nueva cosecha, impidiendo su germinación. Naturalmente el glifosato es ecotóxico y aun más lo es el resto de los agroquímicos del paquete. Con ello se han visto afectadas comunidades de insectos, peces, anfibios y aves, y se observó el debilitamiento de la resistencia de bosques frente al ataque de hongos y alteraciones en microorganismos fijadores de Nitrógeno en el suelo. Por otra parte, el éxito comercial de su cultivo ha conducido en muchos casos a deforestar áreas para permitir su expansión.

Resulta entonces evidente que el cultivo de soja transgénica, si bien brinda ventajas en el plano económico-productivo, tiene un impacto negativo sobre el ambiente y en nuestro caso, además, sobre el modelo agroindustrial y socioeconómico (Tambornini, 2003).

PROTOCOLO DE KIOTO (PK) DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

El PK surge como resultado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático realizada en Kyoto (Japón), en diciembre de 1997. Esta conferencia es promovida por el Tratado sobre Cambio Climático a través del compromiso de 180 países durante la histórica Cumbre de la Tierra (ECO'92, Brasil).

El tratado, a través del Protocolo, procura implementar internacionalmente medidas destinadas a mitigar los efectos producidos por las emisiones antrópicas de los denominados *gases de efecto invernadero* (GEI), que provocan el calentamiento global. Estos gases -que incluyen dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y compuestos clorofluorocarbonados (CFCs)- se han incrementado aceleradamente debido a la acción del hombre. El primero de ellos, por ejemplo, es producido y emitido libremente por los motores de combustión y las industrias que emplean combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas).

Entre los países desarrollados, los más ricos incluyen al 20 % de la población mundial y emiten más del 70 % de estos gases, fundamentalmente dióxido de carbono (CO₂). Este acuerdo dispone que los países industrializados reduzcan sus emisiones en el año 2012 a un 5,2 % sobre los niveles de 1990. Las tasas progresivas de disminución varían según las emisiones de cada país. Estados Unidos es, holgadamente, el mayor emisor de éste y otros gases de efecto invernadero y según observaciones de la Royal Society (Reino Unido de Gran Bretaña) ha aumentado sus emisiones desde 1990 en un 13 %.

Emisiones de los principales países industrializados en 1990

| | |
|-----------------|--------|
| USA | 36.1 % |
| Unión Europea | 24.2 % |
| Federación Rusa | 17.4 % |
| Japón | 8.5 % |
| Canadá | 3.3 % |
| Australia | 2.1% |

En marzo de 2001 Estados Unidos anunció que no pondría en práctica lo dispuesto en el Protocolo, en principio y de forma indeclinable, para el caso de CO₂. Ante el reclamo mundial, el presidente de USA (J.W. Bush) respondió *esa es la posición de USA porque es buena para USA y añadió no haremos nada que perjudique a nuestra economía, pues en primer lugar están las personas que viven en USA*. Esta actitud puso en serio riesgo la viabilidad del Protocolo, dado que para ello era necesario que fuera ratificado como mínimo por 55 países y que entre ellos sumen el 55 % de las emisiones de los países ricos.

Como datos significativos y elocuentes debemos señalar que, durante estos últimos años, Estados Unidos redujo sensiblemente la promoción al desarrollo de energías no convencionales, no incentiva la producción de motores de combustión de bajo consumo, ni grava con mayor carga impositiva los altos consumos (Moore, 2003).

Finalmente, el 16 de febrero de 2005 y luego de varias reuniones internacionales, comienza a regir convirtiéndose en un acuerdo internacional que obliga a los países industrializados -dentro de un marco jurídico- a reducir las emisiones de los GEI.

Estados Unidos, Australia, Liechtenstein y Mónaco no lo reconocen y se apartan de este acuerdo mundial destinado a mitigar el calentamiento global del planeta.

8 . LA INVESTIGACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Desde su aparición el ser humano le puso nombre a las cosas y a los seres vivos que lo rodeaban. Mostró curiosidad e indagó sobre ellos, especialmente sobre aquellos que le servían. En sus viajes conoció nuevas formas y las apropió.

Durante las grandes épocas de exploración, descubrimiento y conquista del planeta, ocurridas a partir del siglo XIII, el mundo natural con su diversidad y riqueza le permitió acceder a un conocimiento nunca antes experimentado. Infinidad de **productos naturales** cambiaron de manera decisiva e irreversible su forma de vida. Basta para ello recordar que el inmenso tráfico comercial generado por su demanda, llegó a instituir verdaderas **rutas internacionales** como lo fueron la *ruta de la seda*, la *ruta de las especias* y la *ruta del caucho*.

Por otra parte, el estudio de la biología se vio de pronto frente a una enorme cantidad de nuevas especies animales y vegetales a las que era imprescindible nombrar y estudiar.

Hasta ese momento, los intentos para clasificarlas partían de criterios arbitrarios y sin fundamento biológico tales como si eran útiles o no para el hombre, si eran domesticadas o salvajes, acuáticas o terrestres o según su tamaño. Surgió así la necesidad de disponer de una clasificación con criterios biológicos objetivos y sistematizada.

En 1758 el naturalista sueco Carl Linné (en su forma latinizada Carolus Linnaeus o simplemente Linneo) publicó -bajo el título *Systema Naturae*- un sistema de clasificación de los seres vivos coherente y sencillo, basado en sus caracteres morfológicos (anatómicos). En él adopta el concepto de *especies*, establece vínculos entre ellas y además, les asigna un nombre compuesto por dos palabras (análogo al nombre y apellido entre nosotros) que se conoce como nomenclatura binominal. Dicho sistema se llamó **Sistema de Clasificación Natural**. Así, además de su nombre común -que en muchos casos puede ser más de uno y llevar a confusión- cada especie (biológica) posee un nombre científico único de validez internacional. Según este sistema, el hombre es *Homo sapiens*, el gato *Felis catus*, la papa *Solanum tuberosum* y el maíz *Zea mays*.

Este sistema es el que actualmente se usa y provee la nomenclatura científica de **todos** los seres vivos conocidos y estudiados, así como sus vinculaciones evolutivas, en términos de grados de parentesco.

El primer término del nombre designa el **género** y el segundo, la **especie** biológica. Esta última es la unidad concreta y real en que se dan las diver-

sas formas de vida. Las especies «emparentadas» cercanamente se agrupan en conjuntos llamados géneros y con criterios semejantes se agrupan géneros en familias y éstas en jerarquías superiores. Como dato histórico, vale la pena mencionar que en tiempos de Linné sólo se conocían 4.400 especies; actualmente (unos 270 años más tarde) esa cifra asciende a 1,75 millones de especies.

Este claro y elegante sistema de clasificación de los seres vivos tiene su fundamento en el estudio detallado, minucioso e integral de las especies. Sólo después de dicho estudio podemos nombrar científicamente un animal, una planta, un alga, un hongo o un microorganismo. Como hemos dicho, hasta hoy hemos estudiado y nombrado 1,75 millones de especies y en el mejor de los casos, aún faltaría hacerlo para aproximadamente 8 millones de especies actualmente desconocidas, muchas de las cuales se encuentran en peligro de extinción.

Dentro de las Ciencias Biológicas, la disciplina que se ocupa de esta tarea se denomina Taxonomía y quien la ejerce, taxónomo. Es una de las disciplinas más antiguas de la biología; data de siglos y sus orígenes ya se encuentran en la antigüedad clásica de Grecia y Roma, en trabajos de Aristóteles y Cayo Plinio entre otros.

La taxonomía constituye la única disciplina científica capaz de brindar información acerca de la biodiversidad, ya que ella es su objeto de estudio. El ritmo de conocimiento de la biodiversidad depende, en última instancia, de la cantidad de taxónomos dedicados plenamente a esta tarea en forma coordinada y a nivel internacional. Actualmente existen en el mundo alrededor de 7000 taxónomos, cifra extremadamente baja si se tiene en cuenta la magnitud de la tarea a realizar. Esta situación crítica se manifestó formalmente en una reunión internacional sobre biodiversidad realizada en febrero de 1998 en Darwin, Australia y se la denominó **Impedimento Taxonómico**. En dicho evento se elaboró un documento final -la *Declaración de Darwin*- y se diseñó una estrategia internacional de acción, llamada **Iniciativa Taxonómica Global**.

¿Qué es el Impedimento Taxonómico? Según la *Declaración de Darwin* es un término que describe los huecos de conocimiento en nuestro sistema taxonómico -incluidos los huecos asociados con los sistemas genéticos- la escasez de taxónomos y curadores capacitados y el impacto que estas diferencias tienen sobre nuestra habilidad de manejar y utilizar nuestra diversidad biológica.

Desde sus orígenes y hasta mediados del siglo XX, la labor taxonómica estaba principalmente centrada en el estudio visual y detallado de la forma de las especies (anatomía/morfología). Esta tarea se realizaba empleando instrumentos y técnicas ópticas (lupas, microscopios) que mejoraban la percepción de detalles de escala muy pequeña. Esta etapa constituye la taxono-

mía clásica. Posteriormente, los adelantos en otros campos científicos y tecnológicos permitieron incorporar nuevas técnicas y metodologías de trabajo, provocando un salto cuali / cuantitativo y dando origen a la taxonomía moderna.

Actualmente, el clásico análisis morfológico se enriquece y potencia con diversas técnicas de biología molecular, química biológica, genética, inmunología, física y matemática. Es interesante señalar en este sentido, el avance que representan las técnicas biotecnológicas de **mapeo genético**; a través de ellas es posible conocer el patrimonio genético (genoma, identidad genética) que caracteriza una especie dada. Es posible así identificar, interpretar, seleccionar, aislar y transferir genes o secuencias de genes reguladores y/o productores de mecanismos o productos de interés.

La labor taxonómica además incluye como parte esencial la elaboración, mantenimiento, preservación y gestión de las **Colecciones de Material Biológico**. Todas las especies estudiadas, a través de un *conjunto de especímenes* que las representan, ocupan un lugar en una colección institucional. Constituyen la documentación «legal» de su existencia o presencia en la Tierra.

Las colecciones son fuente permanente de revisión y consulta; su existencia y preservación es ineludible. Desde el punto de vista patrimonial, representan un inventario de la **riqueza biológica de las naciones**, constituyendo por ello un registro de alto valor ambiental, socioeconómico, estratégico y cultural.

A partir del desarrollo y difusión de la informática y sus redes, la información referente a la biodiversidad conocida ha sido más accesible y dinámica. Los taxónomos optimizan su labor y el público en general tiene acceso a ella. En este sentido se debe mencionar que el Convenio sobre Diversidad Biológica promueve la realización de un **Inventario y Seguimiento de los Recursos Biológicos**. Para tal fin se está desarrollando un formato común para el intercambio de información sobre todos los recursos vivos.

En el marco del Convenio se ha implementado una Red Internacional de Colecciones. En Argentina, el nodo de esa red está en el Museo Argentino de Ciencias Naturales «B. Rivadavia» - CONICET (Ciudad Autónoma de Buenos Aires) y desde él se articula y coordina la Red Nacional de Colecciones.

Dentro de las múltiples iniciativas llevadas a cabo en cuanto a la necesidad de disponer de un sistema internacional accesible y confiable para la documentación de la biodiversidad, debemos destacar la desarrollada por el Expert-Center for Taxonomic Identification (ETI). Constituye una organización fundada por la Universidad de Amsterdam, el gobierno Holandés y UNESCO cuyo objetivo es la preservación del conocimiento taxonómico empleando técnicas informáticas modernas. Para cumplir dicho propósito desarrolló el programa (software) *Linnaeus* (actualmente *Linnaeus II 2.x*), una base de datos de biodiversidad mundial (ETI.World Biodiversity Database)

y edita una serie de CD-ROMs temáticos. Publica además el ETI Partners Newsletter, boletín informativo y elemento de comunicación institucional.

El desarrollo de la taxonomía, la formación e incremento de taxónomos a nivel mundial y el diseño de proyectos nacionales e internacionales en esta temática, constituyen hechos impostergables ante la actual y sostenida crisis de la biodiversidad.

9 . BIODIVERSIDAD: POTENCIALIDAD Y FACTOR CRÍTICO

Hemos expuesto de modo breve, la importancia que tiene la biodiversidad para la vida del ser humano. Actualmente a escala mundial emplea para su subsistencia y modos de vida aproximadamente 40.000 especies de organismos, la mayoría de las cuales son plantas. Desde hace varias décadas a través de la genética y en los últimos años con la biotecnología, ha desarrollado y producido el mejoramiento genético de especies de interés agropecuario, farmacológico e industrial.

No debemos olvidar que la materia prima *insustituible* para estos avances, se encuentra en los ecosistemas en forma de **biodiversidad**. En ella, la riqueza en variedad de formas se traduce en variedad y riqueza genética.

La región Neotropical y la Indomalaya representan en la actualidad las «reservas de genes más importantes y extensas» (Rapoport, 1990). La pérdida de biodiversidad es pérdida de recursos genéticos y pérdida de posibilidades para el ser humano destinadas a mantener y mejorar *racionalmente* su alimentación, su salud y hacer frente a los problemas y necesidades que surgen en el devenir de su vida. Es por ello que constituye un factor crítico.

Veamos, aunque sea de una manera general, su incidencia sobre algunas dimensiones socioeconómicas especialmente vinculadas a la alimentación y la salud.

AGRICULTURA

El ser humano ha utilizado desde sus orígenes aproximadamente 7.000 especies de plantas para su alimentación; actualmente emplea masivamente alrededor de 200 especies. Se calcula que -entre las plantas conocidas- existirían 75.000 especies con aptitudes alimenticias, muchas de ellas con alto valor nutritivo.

Los productos agrícolas destinados al consumo masivo, provienen de especies biológicas seleccionadas y mejoradas genéticamente. Son variedades que ofrecen características vinculadas principalmente con su valor nutritivo, productividad, aptitud agrícola y resistencia a plagas y enfermedades. No son especies «definitivas» ya que deben ser mejoradas permanentemente. Una de las fuentes imprescindibles para dicho mejoramiento genético tiene su materia prima en las especies silvestres de las que se originaron.

Todas las plantas que hoy se cultivan provienen de especies silvestres surgidas en áreas precisas, denominadas **centros de origen**. En ellos se

encuentran las poblaciones de especies silvestres de las que derivan y especies afines de alto valor. Estas zonas –centros de origen- no tienen una distribución uniforme sobre la Tierra sino que se encuentran restringidas principalmente dentro de las regiones tropicales y subtropicales. Constituyen por ello, zonas de alta riqueza de recursos genéticos alimentarios. La región Andina en Sudamérica es uno de los centros de mayor biodiversidad de plantas alimenticias del mundo, debido principalmente a la riqueza ambiental que –en términos ecológicos- la caracteriza.

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos básicos en nuestra alimentación. En la región central de México existe una especie silvestre (*Zea diploperennis*, ancestro de la especie que actualmente usamos), que tiene la interesante particularidad de tener dos ciclos productivos. Considerando que las variedades actuales tienen un ciclo productivo, a partir de *Z. diploperennis* se podría mejorar sensiblemente la producción agrícola del maíz. Casos semejantes se presentan para la mayoría de nuestros cultivos. Las poblaciones de especies silvestres de las que derivan nuestros cultivos actuales y sus hábitats, constituyen una fuente de biodiversidad genética y ecosistémica insustituible que debe ser preservada por la comunidad internacional.

Desde otro punto de vista, debemos tener en cuenta que **las pautas alimenticias forman parte de la cultura.**

Existen muchas especies silvestres de alto valor nutritivo, en muchos casos superior a las de consumo actual, que son cultivadas y forman parte de la dieta de antiguas culturas actualmente muy locales, reducidas o prácticamente inexistentes. Esto se da por ejemplo en las culturas prehispánicas de Meso- y Sudamérica. Su dieta incluía una serie de plantas –hoy prácticamente desconocidas- que fueron desplazadas y olvidadas en su gran mayoría por las pautas de los conquistadores y posteriores procesos socioeconómicos. Actualmente, constituyen cultivos marginales y restringidos que incluyen especies de alto valor nutritivo como la quínoa (*Chenopodium quinoa*), la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), el amaranto (*Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*), la oca (*Oxalis tuberosa*), el mango (*Bromus mango*), entre muchas otras (Estrella, 1988; FAO, 1992).

Un caso muy interesante se presenta en Nueva Guinea. Allí existe una planta silvestre llamada frijol alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) que desde el punto de vista nutricional y productivo posee gran interés. Es enteramente comestible (raíces, semillas, hojas, tallos y flores), tiene un alto valor nutritivo y su rápido crecimiento le permite alcanzar en pocas semanas una altura de cuatro metros. Estas especies **no tienen interés en los mercados agro-alimenticios mundiales** como cultivos comerciales, pero sin duda su existencia debe ser preservada ya que representan un potencial alimenticio invaluable. Actualmente existen iniciativas y proyectos destinados a la

recuperación y preservación de estas plantas alimenticias nativas y de sus tecnologías tradicionales de producción y consumo, si bien aun no ocurre en la medida de lo deseable y necesario.

FARMACOLOGÍA

Una parte significativa de los fármacos y medicamentos que empleamos en la vida cotidiana son básicamente compuestos o mezclas de compuestos, que provienen directa o indirectamente de especies biológicas (microorganismos, hongos, algas, plantas, animales). Su origen y desarrollo surge de la investigación química, biológica y clínica de las propiedades que poseen y se intuyen de interés, a partir del conocimiento científico, empírico o de hallazgos fortuitos. Son muchos los desarrollos farmacológicos originados a partir del conocimiento botánico empírico de la **medicina aborigen** o de ensayos realizados sobre plantas silvestres.

El mundo natural, es obvio decirlo, *contiene* para los fines prácticos una infinidad de compuestos químicos (biodiversidad molecular); por esta razón es necesario definir criterios de búsqueda y exploración química sustentados, al menos, por algunas presunciones. Actualmente uno de estos criterios se apoya en el antiguo conocimiento que tienen, en este aspecto, las comunidades aborígenes del mundo. La etnobotánica, disciplina que estudia los vínculos de uso establecidos entre los pueblos antiguos y la flora de su región, se ha convertido en una fuente de información de inestimable valor para la búsqueda y selección de especies de interés farmacológico (etnofarmacología).*

Según estadísticas actuales sobre la investigación y desarrollo de productos naturales con fines farmacológicos, de cada 10.000 sustancias estudiadas químicamente 20 entran en la fase de ensayos biológicos, 10 de ellas ingresan en la fase clínica y solamente **una** finalmente, recibe su aprobación para ser empleada en tratamientos médicos. Este proceso de investigación, desarrollo y producción insume actualmente **diez** años, implica grandes inversiones y genera ganancias económicas incalculables por su gran magnitud.

En la actual crisis de biodiversidad, que acarrea entre otras cosas la extinción de especies no sólo conocidas sino también desconocidas, se está perdiendo también **diversidad de compuestos biológicos** susceptibles de ser transformados en medicamentos y fármacos.

- Gran parte de los antibióticos (alrededor de 1000) provienen de hongos y bacterias.

* Este conocimiento botánico que poseen las comunidades aborígenes es muchas veces apropiado indebidamente por ciertas compañías farmacéuticas internacionales, privando a sus legítimos poseedores de los beneficios emergentes de su industrialización.

- Pervinca rosa (*Catharantus roseus*) es una planta pequeña y ornamental de la que se extrajeron dos compuestos, la vinblastina y la vincristina que resultaron sumamente eficaces para el tratamiento del síndrome de Hodgkin y la leucemia linfocítica aguda. En Madagascar hay cinco especies de esta planta aun no estudiadas, de las cuales una se encuentra en peligro de extinción.
- *Erythrina glauca*, *Ura crepitans* y *Ampelocera edentulata* son plantas que desde la antigüedad fueron empleadas con éxito por los indios chimani de Bolivia para prevenir y curar la leishmaniasis. Actualmente la farmacología científica ha comenzado a investigarlas, ya que serían más eficaces y directas que los fármacos actuales para el tratamiento de dicha enfermedad.

10. TEORÍA DE GAIA Y BIODIVERSIDAD

Visión Sistémica

En la mitología griega *Gaia* (ó *Gea*) es el nombre dado a la diosa Tierra.

La hipótesis y posteriormente teoría de Gaia fue concebida y desarrollada por James E. Lovelock, entre mediados de los años sesenta y principios de los setenta. En ella se expone una nueva interpretación y visión de la vida y de nuestro planeta.

Es una teoría que ha despertado polémicas, críticas y apoyos. Muchas de ellas -junto a nuevas evidencias científicas- la han enriquecido y mejorado.

La idea básica de la teoría de Gaia sostiene que la vida ha modelado y ha sido modelada por la biosfera a través de un permanente proceso de **coevolución**. De esta forma, ella ha tenido y tiene una fuerte y decisiva incidencia sobre la composición y estado del aire (atmósfera), el agua (hidrosfera) y el substrato mineral (litosfera).

La vida ha mantenido desde su aparición una interacción indisoluble e inevitable con su ambiente. Esta interrelación es dinámica y se manifiesta a través de procesos de acción permanente, que configuran lo que podría llamarse un metabolismo terrestre o, como lo llama Lovelock, una *fisiología planetaria*; específicamente una **geofisiología**. Sobre su equilibrio dinámico actúa un mecanismo de autorregulación llamado homeostasis, que le permite al sistema Gaia (nuestro planeta) mantener condiciones ambientales propicias para la persistencia del fenómeno de la vida a escala planetaria.

Además de este mecanismo homeostático de regulación, Lynn Margulis (colaboradora en el desarrollo de esta teoría), identificó que el equilibrio dinámico evolucionaba y que en realidad lo que ocurre es una lenta *sucesión de equilibrios dinámicos* creadores de nuevas condiciones, que permiten la evolución y el surgimiento de nuevas formas de vida. Este mecanismo se denomina homeorresis.

Concibiendo la vida en el planeta como parte de un **sistema autoorganizado y autorregulado** (Gaia), es que Lovelock lo interpreta como una supracomunidad *viva*, un super-organismo.

Según Lovelock, la existencia de vida en nuestro planeta brindaría las condiciones necesarias para su perdurabilidad y su desaparición total sólo podría ser causada por fenómenos de naturaleza cósmica, externos a la propia Gaia. Entre ellos conocemos uno que inevitablemente ocurrirá y está vinculado a la vida y muerte de las estrellas. Nuestro Sol es una estrella común que se encuentra en la mitad de su ciclo de existencia. Dentro de aproximadamente 5 mil millones de años -antes de morir- sufrirá profundas

e inconcebiblemente grandes transformaciones que provocarán cambios ambientales de una magnitud tal, que conducirán a la destrucción total de la biosfera (el Sol expandirá de tal forma su volumen que, al transformarse en una estrella gigante roja, incluirá en su interior a los planetas Mercurio, Venus y Tierra).

En la década del sesenta, la NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA) comenzó un programa de investigaciones sobre el origen de la vida, en el que fue especialmente invitado a participar Lovelock. Específicamente trabajó en el diseño de instrumental destinado a detectar la presencia de vida en el planeta Marte. Durante esos años y con las primeras, sorprendentes y sugestivas imágenes espaciales de nuestro planeta como un todo, comenzó a gestar la hipótesis de Gaia (Figura 26).

Figura 26. Fotografía satelital del planeta Tierra.



La idea esencial que subyace en ella no es nueva. El geólogo James Hutton en 1875 fue uno de los que primero expresó la idea de que la Tierra estaba «viva» y tendría una «fisiología propia». Posteriormente, el científico ruso Vladimir Vernadsky utilizando el concepto de biosfera creado por Eduard Suess, promueve la idea que integra los seres vivos, sus habitats y su profunda interacción. Expresiones más modernas de ideas similares las encon-

tramos en A. Lotka (ecólogo de poblaciones), E. Odum (ecólogo con perspectiva «fisiológica»), G. Hutchinson (limnólogo), H. Lowenstam (paleontólogo), A. Redfield (oceanógrafo) y L.G. Sillen (geoquímico). Todos ellos enfatizan la importancia que tiene la vida en la evolución del ambiente.

Antes de la teoría de Gaia, se tenía una visión tal que la vida -estructurada en individuos, poblaciones y comunidades- se desarrollaba en un medio abiótico regulado exclusivamente por leyes físicas y químicas. Era el medio el que generaba las condiciones y al que la vida debía adaptarse. Vida y medio eran entidades con cierta independencia. Pero como destaca Lovelock, si solamente la geofísica y la geoquímica fueran factores determinantes exclusivos, la atmósfera terrestre estaría dominada por CO₂ y por ello, la temperatura media sería alrededor de 20 °C más alta.

A partir de la teoría de Gaia el ambiente terrestre se concibe como un todo indivisible, un sistema evolutivo en el que la vida es parte y desempeña un papel fundamental en el modelado del ambiente global a escala planetaria.

En los últimos años se ha podido recopilar información que evidencia la geofisiología expuesta en la Teoría de Gaia. Los hechos observados muestran la fuerte interdependencia entre la actividad de los seres vivos y el

Figura 27. Emiliana huxleyii. Organismo cuyo tamaño es de aproximadamente 10 μm que forma parte del plancton oceánico. [Tomado de Lovelock (1993)].



sistema climático. Tal vez el ejemplo más directo e interesante lo constituye un microscópico organismo constituyente del plancton oceánico, llamado *Emiliana huxleyii* (Figura 27). Sus poblaciones incluyen millones de individuos. En determinadas condiciones liberan a la atmósfera una sustancia llamada sulfuro de di-metilo, que sufre transformaciones y origina unas partículas denominadas núcleos de condensación de nubes. Alrededor de ellos se concentran infinidad de moléculas de agua, dando origen a la formación de extensos campos de nubes. Resulta innecesario mencionar el papel fundamental que desempeñan las nubes en la dinámica climática. La regulación del intercambio de CO₂ a través de los mecanismos de fotosíntesis y crecimiento vegetal, tiene estrecha relación con la meteorización de las rocas a una escala milenaria y asimismo, el «bombeo» de CO₂ hacia los océanos a una escala centenaria.

Es importante que el hombre no interrumpa esas conexiones, por ejemplo mediante una desmesurada extensión de los agro-ecosistemas a expensas de las selvas pluviales tropicales o de los bosques templados, afectando así drásticamente la habitabilidad del planeta.

A pesar de la expresa intención de excluir de la concepción científica de Gaia determinados principios éticos, apela implícitamente a la responsabilidad social y al uso sustentable de la tierra.

Resulta evidente en el marco de esta teoría, que la biodiversidad es una expresión de Gaia y su estado. Que el ser humano es sólo una especie más y que los individuos, las poblaciones y comunidades son sólo expresiones «menores» de la vida en tanto fenómeno mayor, automantenible y de escala planetaria.

Según S. Schneider (1990, cit. O'Riordan, 1996), la teoría de Gaia enlaza cinco aspectos de interés:

- 1) El concepto de influencia, que significa que los seres vivos tienen influencia sobre el mundo abiótico y regulan la temperatura y la química atmosférica.
- 2) La idea de coevolución, que cree que existen relaciones mutuas sinérgicas entre las actividades bióticas y abióticas y así se forma y se mantiene la biosfera.
- 3) La concepción de homeostasis, que destaca que es una «tarea» de la coevolución mantener un equilibrio dinámico en la biosfera, contra las presiones internas y externas.
- 4) La idea de la teleología, que representa que la atmósfera se mantiene en un estado de homeostasis, no solamente a través de la biosfera, sino también para la biosfera.
- 5) La tesis de la optimización, que concluye que la biosfera «funciona» de una manera que crea las condiciones para una (sobre)vida biológica óptima.

En una primera impresión, la hipótesis de Gaia puede parecer no comprobable. Sin embargo, las evidencias más directas provienen del mundo actual. Podemos observar el comportamiento del aire, los océanos y las rocas. Podemos medir el pulso estacional del CO₂ en el aire y comprender cómo las plantas lo respiran e incorporan, mientras los consumidores lo respiran y expulsan. Podemos seguir el trayecto cíclico de los nutrientes entre las rocas el océano y al aire. También podemos apreciar cómo sistemas diferentes pero interrelacionados se encuentran implicados en cada paso. Sumado a todo ello tenemos las evidencias históricas preservadas en las rocas. (O'Riordan, 1996).

A través de la teoría de Gaia se debe entender la Tierra y la vida en ella, como un sistema autoorganizado y autoregulado capaz de regular la temperatura y la composición de su superficie, manteniéndola apta para la vida.

EPÍLOGO

Hemos visto que los daños provocados por la actividad humana sobre el ambiente son severos, se incrementan y están directamente vinculados a los paradigmas de la cultura predominante: **crecimiento y consumo ilimitado**.

La situación en que se encuentra el ambiente del planeta no sólo compromete el futuro de muchas especies animales, vegetales, algales, fúngicas y de microorganismos, sino también la viabilidad de la especie humana. El problema de la biodiversidad no es más que una de las dimensiones de la crisis ambiental.

Sin lugar a dudas la única forma de mitigar, minimizar y evitar una catástrofe mayor es introduciendo cambios en nuestras pautas culturales. Para que ello sea posible, primero es necesario *comprender e internalizar* cómo «funciona» la vida en el planeta, tarea que necesita observación, análisis y reflexión. Sólo después podremos modificar conductas y adoptar comportamientos duraderos. Es muy difícil, y si se logra es inestable, producir cambios sin entender su razón. Jean Piaget (1896-1980) fue un destacado psicopedagogo suizo que dijo *uno no entiende lo que ve, uno ve lo que entiende*. Esta frase invita a la reflexión.

El ser humano habitualmente elabora *su* imagen de la realidad a través de la percepción por medio de sus sentidos (*ve, oye, huele, toca*) y de su subjetividad.

Infinidad de veces y sobre estas sensaciones, construye conocimiento que supone verdadero. No siempre es así. En un tiempo ya lejano sostenía que la Tierra era plana, que el Sol giraba alrededor de la Tierra y que la locura no era una enfermedad sino una posesión diabólica.

La observación de los pequeños detalles, el conocimiento racional y la reflexión, le permitió superar estos errores. Nadie duda hoy que la locura es un estado mental patológico originado por diversas causas orgánicas o psíquicas; que la Tierra es casi una esfera (geoide) y que gira alrededor del Sol. A pesar de ello y como un atavismo, hoy seguimos diciendo *sale el sol o el sol se pone*.

No es fácil para una persona -educada e instruida en un sistema en el que se fracciona y compartimentaliza el conocimiento- percibir la realidad en forma sistémica. Tendemos a ver los objetos (naturales y artefactos) como entes aislados. Nos cuesta ver las relaciones entre ellos que, frecuentemente, son muchas y en general invisibles. Nos resulta dificultoso concebir la **complejidad**; tendemos a simplificar.

La realidad y el mundo natural que nos incluye, están estructurados en **sistemas complejos** y su «funcionamiento» ocurre a través de procesos. Los procesos son *secuencias ordenadas de hechos que producen algo*; que sirven para alcanzar un objetivo.

Existen en el mundo natural a nivel individual (respiración, fotosíntesis, digestión, vuelo, etc) y colectivo (ciclos biogeoquímicos, cadena alimentaria, etc). Un proceso elemental es una secuencia lineal de hechos encadenados ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$, $D = \text{producto}$); pero en la naturaleza (realidad) los procesos se encuentran vinculados y mutuamente condicionados. Existen redes de procesos.

Esta particularidad muestra la complejidad de los sistemas en general y especialmente del sistema global que constituye nuestro planeta. **Nada existe aisladamente**; somos parte de un todo. Es necesario adoptar cotidianamente esta visión *sistémica* como *actitud reflexiva y operativa* en la elección de conductas.

Los procesos ocurren -particularmente en el mundo natural- a diversas velocidades.

Nuestra mente percibe fácilmente aquellos que transcurren a velocidad «humana». No nos cuesta percibir las estaciones del año (efecto de procesos astronómicos); reaccionamos de diversas maneras ante el verano, el otoño, el invierno y la primavera. Somos conscientes que ocurren, prevemos su llegada y hacemos planes de futuras acciones en base a ello. Tampoco tenemos dificultad en percibir los cambios que se manifiestan durante el proceso de la gestación humana o el crecimiento de una planta.

Donde empezamos a tener dificultades de percepción e interpretación, es en aquellos procesos que se desarrollan a velocidades muy altas (que no nos conciernen en este tema) o extremadamente bajas y están fuera de nuestro mundo cotidiano: la escala *espacial* y *temporal* humana.

En estos casos y para nuestra mente, esos procesos o bien «no existen» o los interpretamos deformados o mal. Y aquí vale la pena recurrir a Aldous Huxley (1894-1963) escritor y pensador inglés, quien expresó *la realidad no se puede ignorar excepto que se pague un precio: y cuanto más persista la ignorancia, tanto más caro y terrible se vuelve el precio que se debe pagar*.

Muchos procesos geológicos naturales ocurren de manera extremadamente lenta, son de bajísima velocidad; nos cuesta percibirlos, resultan imperceptibles a nuestros sentidos, están fuera de la escala humana. Uno de ellos -la *tectónica de placas*- produce el movimiento constante de los continentes a velocidades sumamente bajas, del orden de centímetros por año. Hace aproximadamente 200 Ma la India estaba unida a la Antártida. Permanentemente hay masas continentales que se acercan entre sí (Oceanía y América) y otras que se alejan (América y Europa). Este movimiento de las placas

continentales a través del tiempo, ha sido un factor crítico en la determinación de patrones climáticos y la distribución de la vida. Resulta difícil –apelando al sentido común, a la percepción y teniendo en cuenta la duración temporal de la vida humana– tener conciencia de su existencia. Sin embargo, ahora mismo está ocurriendo.

Sin llegar a ese extremo, existen otros procesos ambientales no tan lentos pero difíciles de percibir. Ciertos procesos de contaminación, que como hemos dicho son de origen antrópico y constituyen una de las causas que alteran la biodiversidad, son un ejemplo. Nos cuesta percibirlos y sólo los «vemos» cuando tienen dimensión crítica y ya han producido efectos nocivos. No percibimos o minimizamos sus inicios o etapas de desarrollo (acumulación). No «vemos», por ejemplo, los metales pesados que liberan las pilas y baterías arrojadas en basurales, ni la acumulación de pesticidas y agroquímicos en los suelos y las aguas. Sí podemos ver, tardíamente, el tipo y magnitud de sus efectos sobre los grupos de riesgo –los más vulnerables– a través de enfermedades muchas veces graves (cánceres y malformaciones genéticas). Lo mismo ocurre con la degradación de ecosistemas; nos cuesta ver –especialmente al *hombre urbano*– los procesos de degradación y la desaparición de especies, pero nos afectan y reaccionamos ante sus efectos.

Debemos asumir que las cosas ocurren aunque no las percibamos. Si así lo entendemos, tendremos la oportunidad de indagar, conocer, inferir consecuencias y elaborar estrategias de acción.

Esta manera de pensar es racional y sistémica. Nos permite tener una visión integradora de la realidad, no sólo de la *realidad natural* sino del ambiente como un todo; conceptualizándolo como un «lugar» físico y mental en el que la vida fluye en todos sus niveles y en el que se inscriben e interrelacionan hechos tan *aparentemente* desvinculados como la extinción de las especies, el consumo de hidrocarburos, el cambio climático, la pobreza, las enfermedades, el aumento de la población mundial, los modelos económicos y la felicidad o desdicha de todos los seres humanos de la Tierra. Resulta imprescindible incrementar los niveles de percepción e internalización del valor ambiental, cultural y socioeconómico de la biodiversidad.

En este sentido (y teniendo en cuenta la magnitud que ha adquirido la población humana y su sostenida tendencia a seguir aumentando) debemos reflexionar seriamente sobre el modelo socioeconómico hegemónico vigente: *el capitalismo*. Este modelo de subsistencia resulta actualmente inviable y de persistir, llevará *inevitablemente* al colapso ecológico de los sistemas naturales tal como los conocemos, intensificando condiciones que ya se manifiestan y que tornaran la vida humana en una existencia penosa y éticamente degradante.

El modelo capitalista, que pretende un crecimiento ilimitado de produc-

ción y consumo a expensas de recursos naturales limitados empleando tecnologías cada vez más potentes, es generador -en su afán individualista e hiperconsumidor- de profundas desigualdades entre los seres humanos. Como lo ha expresado el economista H. E. Daly (1989) *creímos que con el crecimiento superaríamos la pobreza y la injusticia pero nos equivocamos, simple y llanamente no hay lugar para tanto crecimiento*.

La exclusión y la pobreza masivas, aunque a muchos les cueste admitirlo, son consecuencias inherentes y **esperadas** de este sistema. Resultaría *imposible* que toda o la mayor parte de la población mundial goce de la calidad de vida (en términos de bienes, servicios y consumo) que poseen países como Estados Unidos, Japón o los de la Unión Europea. Esa idea es sólo una vana *ilusión* imposible de alcanzar.

No resulta difícil comprender que si la mayor parte de los 6.500 millones de seres humanos que habitan el planeta accedieran a las tasas de consumo del «primer mundo», el ambiente tal como lo conocemos, colapsaría. La exclusión y la pobreza se han constituido en *epidemias incontrolables* que además de resultar repugnantes e inadmisibles desde la ética, producen -por su propia dinámica y magnitud- profundas alteraciones ecológicas en el ambiente. Esta realidad nos expone claramente las dos caras del mundo: un *mundo rico* que en su afán de crecimiento destruye el ambiente y un *mundo pobre* de seres hambrientos privados de trabajo, salud, educación, vivienda y dignidad; arrojados a una lucha descarnada por sobrevivir que también afecta seriamente al ambiente. Es necesario advertir que estos sectores pobres e indigentes, que son mayoría, no pueden internalizar la problemática ambiental mientras no alcancen condiciones de vida aceptables que les permitan pensar en el futuro. Quien tiene hambre difícilmente pueda pensar en otra cosa que no sea cómo satisfacerla (Reboratti, 2006). Quien no tiene acceso a la salud, al trabajo, a la vivienda y a la educación carece por ello de las precondiciones necesarias para asumir un compromiso sostenido de comportamiento racional frente al problema ambiental.

Resulta imprescindible, tal vez como nunca antes en nuestra historia, que el pensamiento económico incluya y se adapte a la realidad ambiental de nuestro planeta: recursos naturales limitados y delicados equilibrios ecosistémicos, de los cuales depende un ambiente apto para una existencia digna de la especie humana. Esta delicada y crítica situación del ambiente como emergente de la relación que con él ha establecido el hombre a través de sus sistemas de subsistencia, sobre todo durante los últimos dos siglos, ha sido y es actualmente una problemática analizada también desde la dimensión filosófica. Entre otros, el filósofo griego Cornelius Castoriadis (1922 - 1997) ve en la destrucción de la naturaleza la devastadora acción del hombre y en cuanto a ello reflexiona y escribe:

Esta destrucción irremediable sigue; en este preciso momento, la destruc-

ción de los bosques tropicales en calidad de especies vivientes continúa. Las medidas tomadas o consideradas para detener esta destrucción son irrisorias. De modo que hablar de dominación del hombre sobre la antroposfera y el mundo creado por él no hace otra cosa que reproducir la vieja ilusión cartesiano-capitalista-marxista del hombre dueño y señor de la naturaleza. Cuando el hombre es más bien como un niño que se encuentra en una casa cuyas paredes son de chocolate y se dispuso a comerlas, sin comprender que pronto el resto de la casa se le va a caer encima (Castoriadis, 2001).

Deberíamos reflexionar profundamente sobre nuestro futuro y la situación en que se encuentra el ambiente planetario dentro del cual, junto con el resto de las especies, hemos surgido. La existencia como posibilidad de un futuro viable para la humanidad, depende en gran parte de nuestra capacidad para comprender profundamente esta realidad.

Es necesario un cambio que naturalmente -como todo cambio- ofrecerá resistencia y demandará conocimiento, creatividad, persistencia, cooperación y convicción.

La solución a nuestros problemas ambientales no provendrá exclusivamente de la ciencia ni de la tecnología. Todo problema ambiental es en sí mismo un problema social (Bunge, 1993). Su solución sólo será posible a partir de la participación y acción cooperativa de muchos, de muchísimos individuos y de la consagración de un nuevo paradigma cultural basado en una integración total del ser humano entre sí y dentro del ecosistema global (Gaia).

La forma de lograr e incorporar esta manera de pensar y con ella posibilitar el cambio necesario debe tener como acciones prioritarias dos objetivos :

- el acceso a condiciones de vida dignas y saludables de la inmensa mayoría de seres humanos que hoy viven en la pobreza, la indigencia y la ignorancia y en razón de las cuales luchan descarnadamente por sobrevivir (esta condición, y con razón, impide entre muchas otras cosas la comprensión del problema ambiental).
- y el acceso al conocimiento considerado como un proceso educativo / formativo integral, ético y permanente a lo largo de toda nuestra vida.

GLOSARIO

- Abisal:** zona más extensa de los fondos oceánicos que se encuentra a profundidades entre los 2000 y 6000 metros.
- Acritarcos:** grupo de organismos fósiles, microscópicos, unicelulares y planctónicos de origen poco definido; mayoritariamente pertenecientes al reino *Protoctista*.
- Ambiente** (*sinónimos:* medio, medioambiente): en su sentido más amplio es todo lo que rodea a un organismo. Incluye seres, objetos, sus relaciones y el estado de las condiciones físicas, químicas y biológicas.
- Autóctono:** organismo cuyo lugar geográfico de origen corresponde al mismo en que vive.
- Autótrofo:** organismo que elabora su alimento a partir de sustancias inorgánicas, agua y energía solar o química.
- Biomás:** unidades ecológicas de mayor escala regional y distribución geográfica precisa que conforman la biosfera. Están caracterizadas y diferenciadas principalmente por el tipo de clima y las comunidades biológicas que desarrollan.
- Biosfera:** zona de la Tierra en que se desarrolla la vida. Adopta una forma de capa superficial con límites irregulares y poco definidos, que incluye los niveles superficiales de los continentes con todos sus tipos de relieve, la región atmosférica suprayacente y los océanos en todas sus dimensiones. Es la parte del planeta que reúne las condiciones mínimas indispensables para el desarrollo de la vida.
- Biota:** conjunto de todos los organismos que se desarrollan en un área dada.
- Biotecnología:** tecnología surgida a partir de la biología molecular, basada principalmente en la manipulación de ácidos nucleicos y genes. Su objetivo es producir modificaciones en los organismos que alteren procesos o productos biológicos con fines económico-productivos.
- Bosque:** bioma caracterizado por la presencia de una gran cobertura continua o semi-continua de árboles en áreas donde el promedio de lluvias es superior a 750 mm anuales. Según la zona climática en que se manifiestan adquieren particularidades ecológicas distintivas que permiten diferenciarlos en Bosque Tropical lluvioso o siempre verde, Bosque Tropical caducifolio, Bosque Tropical seco, Bosque Templado siempre verde, Bosque Templado caducifolio y Bosque Boreal.
- Braquiópodos:** animales marinos con apariencia de molusco bivalvo pero pertenecientes al grupo de los Lofóforados. Alcanzaron su mayor abundancia y diversidad biológica durante los períodos Paleozoico y Mesozoico. Actualmente se conocen unas 400 especies vivientes.
- Cambio Climático Global:** expresión que alude a las importantes modificaciones de los patrones climáticos del planeta que se han puesto de manifiesto fundamentalmente a partir de la segunda mitad del siglo XX y en forma acelerada e intensa durante las últimas décadas.
- Cordados:** grupo de animales caracterizado principalmente por la presencia de una estructura interna en forma de varilla ubicada en la región dorsal, llamada notocorda. Esta estructura actúa como esqueleto interno y en muchos casos originará la columna vertebral. Dentro de este grupo se encuentran los animales vertebrados.

- Cromosomas:** estructuras presentes en el núcleo de las células eucariotas formadas principalmente por proteínas (histonas) y ácido desoxirribonucleico (ADN) y por ello, portadoras de información genética. Cada especie de organismos eucariotas tiene un número determinado, preciso y característico de cromosomas. Son visibles exclusivamente durante el proceso de división celular, posteriormente pierden su estructura y el ADN se dispersa en el núcleo.
- Descomponedores:** conjunto de organismos que dentro de los ecosistemas se alimentan de los cuerpos muertos o de productos de deshecho de otros organismos, provocando su descomposición. Permiten el reciclado de la materia dentro de la biosfera. A esta categoría pertenecen bacterias, hongos y animales tales como artrópodos y lombrices.
- Dinoflagelados:** organismos microscópicos, flagelados y en su mayoría fotosintetizadores planctónicos, pertenecientes al reino *Protoctista*.
- Ecosistemas:** unidades en que se estructura la vida en la Tierra. Sistema dinámico y adaptativo formado por las comunidades biológicas y su ambiente físico no biológico, en el que se manifiestan determinadas y precisas relaciones de interdependencia, en términos de energía y materia. Los ecosistemas son sistemas abiertos que interactúan entre sí; se presentan a distintas escalas, siendo la biosfera el de mayor escala. Todos ellos poseen una red alimentaria o trófica caracterizada por la presencia de organismos productores, consumidores y descomponedores, que permite la existencia de los ciclos biogeoquímicos de la materia.
- Ecotono:** zona de contacto o transición entre ecosistemas.
- Endémico:** atributo de aquellos organismos cuya existencia se encuentra restringida a una región particular y limitada.
- Enzima:** compuesto químico producido por los organismos, cuya función es permitir y facilitar las complejas transformaciones bioquímicas necesarias para vivir.
- Eocrinoideos:** animales marinos pertenecientes al grupo de los Equinodermos, que fueron muy abundantes durante el Paleozoico. Actualmente existen pocas especies y se los conoce bajo el nombre vulgar de «lirios de mar» y «estrellas plumosas».
- Estomas:** estructuras celulares presentes en la epidermis foliar de las plantas, que regulan a través de una abertura de diámetro variable el intercambio gaseoso con el ambiente.
- Fanerozoico:** nombre asignado al intervalo temporal comprendido entre el momento actual y 540 Ma hacia el pasado. Etimológicamente significa «vida visible», ya que los primeros fósiles observados a simple vista tienen edades comprendidas dentro de dicho intervalo.
- Foraminíferos:** grupo de microorganismos marinos y heterótrofos pertenecientes al reino *Protoctista*. Tienen un cuerpo ameboidal alojado en una estructura dura, generalmente de forma helicoidal, constituida principalmente por carbonato de calcio.
- Fósil:** término empleado para designar a un organismo muerto o parte de él, que ha sido preservado en el tiempo a través de un proceso de mineralización o transformaciones químicas que impiden su desintegración. También se aplica a huellas de organismos (icnofósiles) y restos químicos (fósiles químicos) producidos por la actividad de organismos.
- Fumarola:** fisura o grieta en regiones volcánicas, que emite gases y vapores a altas temperaturas.
- Gametas:** células reproductivas sexuales que contienen la mitad de los cromosomas del organismo progenitor. La fusión de gametas de sexos diferentes y complementarios se denomina fecundación y origina una nueva célula que restaura la dotación cromosómica de la especie y da lugar a la formación de un nuevo individuo.

- Geiser:** manantial de agua con sales disueltas y alta temperatura, que surge del suelo con cierta intensidad.
- Gen:** segmento de la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) que promueve, controla o produce una función o hecho determinado en el organismo.
- Genoma:** conjunto integral y discriminado de la secuencia química completa de las unidades constituyentes del ADN (nucleótidos) de un organismo. Dicha secuencia contiene genes y regiones intergénicas.
- Graptolitos:** organismos extinguidos, coloniales y planctónicos que vivieron durante la Era Paleozoica y no poseen equivalentes actuales. Podrían tener afinidades con los cordados.
- Hábitat:** lugar en que vive un organismo, una población o una comunidad. El hábitat proporciona a quien lo ocupa los elementos y vínculos indispensables para la vida y constituye, junto con su ocupante, una unidad coevolutiva.
- Heterótrofo:** organismo que se alimenta de la materia orgánica que encuentra en el medio y es incapaz de producirla por sí mismo.
- Hidrozoos:** animales pertenecientes al grupo Cnidaria, dentro del que se incluyen las medusas y los pólipos. Los hidrozoos viven actualmente en agua dulce.
- Humero abisal** (*también* chimeneas hidrotermales o manantiales termales abisales): son fracturas o grietas que se encuentran ubicadas a lo largo de las cordilleras del fondo oceánico, en las que se genera lenta pero permanentemente nueva corteza terrestre. A través de ellas y desde el interior de la Tierra, fluye roca fundida, generando gradientes de altas temperaturas y grandes desprendimientos de sulfuros y otras sales. Configuran por estas características, ecosistemas extremos.
- Hyalitidos:** animales extinguidos que vivieron durante el Paleozoico y que no cuentan con equivalentes actuales. Poseían un exoesqueleto calcáreo en forma de concha cónica aplanada por un lado.
- Ichnofauna:** conjunto de huellas de manifestaciones de la actividad vital de animales fósiles preservadas en ciertas rocas o sobre otro fósil.
- Lutita:** nombre con que se conoce un tipo específico de roca sedimentaria de grano fino.
- Micrómetro:** unidad de longitud equivalente a la millonésima parte del metro. Su abreviatura es μm y también se la conoce como micra y micrón.
- Microtectitas:** partículas minerales, esféricas, de tamaño microscópico y características bien definidas, producidas exclusivamente por el efecto del choque de un meteorito contra la corteza terrestre. Su presencia indica la ocurrencia de este tipo de fenómenos.
- Monoplacóforos:** clase de moluscos muy abundantes durante el Período Cámbrico. Actualmente tiene escasos representantes.
- Nicho ecológico:** conjunto de características y funciones de un organismo con respecto a otros seres y al ambiente, que permiten definir su posición / función dentro del ecosistema.
- PCR:** sigla de origen inglés con que se conoce la *Reacción en Cadena de la Polimerasa*. Esta reacción es un procedimiento químico que permite «copiar repetidamente» genes y secuencias del genoma con distintos fines biotecnológicos. Representa una herramienta fundamental de la biotecnología.
- pH:** expresión utilizada para indicar en forma numérica, el grado de acidez o alcalinidad de un medio. Tiene un rango de 0 a 14, dentro del cual $\text{pH} = 7$ indica neutralidad, pH menor de 7, grado de acidez y pH mayor de 7, grado de alcalinidad. Este parámetro tiene especial importancia para el desarrollo y la distribución de la vida.

- Plancton:** conjunto de organismos acuáticos, mayoritariamente microscópicos, tanto marinos como de agua dulce, que viven en suspensión y cuyo tamaño se encuentra comprendido entre, aproximadamente, 2 μm y 2 mm. Principalmente reúne organismos del reino *Protoctista* y en menor medida del reino *Animalia*. Frecuentemente se discrimina entre el fitoplancton (plancton autótrofo) y zooplancton (plancton heterótrofo).
- Plataforma continental:** zona marina y litoral de poca profundidad, generalmente hasta los 200 metros, que se extiende desde el continente y en declive hacia el mar abierto. Puede presentar una topografía desde accidentada hasta totalmente plana.
- Polifilético:** término que, en biología evolutiva, hace referencia al origen múltiple de un determinado conjunto de organismos.
- Primates:** grupo de organismos, entre los Mamíferos, que incluye a los prosimios (lemures) y a los antropoides (monos, simios menores y grandes simios, dentro de estos últimos se encuentra el ser humano). Este grupo se habría originado hace aproximadamente 45 Ma.
- Rudistas:** moluscos bivalvos y sedentarios que vivieron en los mares durante la era Mesozoica y se extinguieron al finalizar el Período Cretácico. Formaban colonias fijas, numerosas y extensas que daban lugar a la formación de bancos o arrecifes.
- Sabana:** bioma caracterizado por extensas praderas tropicales cubiertas principalmente con gramíneas y conjuntos dispersos de árboles.
- Selva:** término frecuentemente empleado para referirse al Bosque Tropical siempre verde.
- Simbiosis:** término creado por el botánico alemán Antón de Bary en 1873 para definir la vida en común de organismos diferentes. Es un tipo de relación en la que dos organismos de especies o aún reinos diferentes, se asocian por contacto físico uno con otro (ectosimbiosis) o uno dentro del otro (endosimbiosis) que implica algún tipo de beneficio mutuo. Constituye un fenómeno de gran importancia en la evolución de la vida.
- Sistémico:** enfoque o interpretación totalizadora y contextualizada de un fenómeno.
- Taxón** (*plural* taxones o taxa): categoría jerárquica que agrupa organismos que comparten grados de parentesco. Los sistemas de clasificación de los seres vivos se estructuran en niveles taxonómicos.
- Tectónica de placas:** teoría geológica que explica el movimiento relativo de los continentes. La corteza terrestre o litosfera se encuentra dividida en siete grandes placas y otras menores, que abarcan fondos oceánicos y masas continentales. En ciertos bordes o contactos entre ellas asciende material rocoso fundido proveniente de niveles profundos, creando nueva corteza y *empujando* la placa; mientras que en otros contactos la corteza oceánica se introduce hacia el interior de la Tierra y se *destruye*. Este fenómeno provoca que las masas continentales estén sujetas a un movimiento permanente que las aproxima o las separa (según de cual se trate) con velocidades entre 2 y 20 cm/año.
- Tetrápodos:** término empleado para designar a los animales vertebrados con cuatro extremidades, sean estas evidentes o modificadas. Incluyen a los anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
- Trilobites:** grupo extinguido de Artrópodos que vivieron en los mares de la Era Paleozoica.

BIBLIOGRAFÍA

I. CITADA EN EL TEXTO

- Agustí, J. 1996. *La lógica de las extinciones*. Metatemas 42. Ed. Tusquets. Barcelona.
- Bertalanffy, L. Von. 1976. *Teoría General de los Sistemas*. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- Blaustein, A.R. y Wake, D.B. 1995. *Declive de las poblaciones de anfibios*. Investigación y Ciencia, Nº 225: 8-13.
- Brailovsky, A.E. 2006. *Historia ecológica de Iberoamérica*. Ediciones Le Monde diplomatique Nº 24, «El Diplo». Capital Intelectual / Ed. Kaicron.
- Brailovsky, A.E. y Foguelman, D. 1991. *Memoria Verde*. Ed. Sudamericana.
- Bunge, M. 1993. *Política Ambiental, Técnica, Ciencia, Ética y Educación*. en «Elementos de Política Ambiental». Goin, F. y Goñi, R. - Ed. Hon. Cam. Dip. Prov. Bs. As.
- Burkart, R. 1993. *Nuestros bosques norteños. Desvalorización y deterioro*. Realidad Económica: 114-115.
- Campbell, B. 1985. *Ecología Humana*. Biblioteca Científica Nº15. Ed Salvat.
- Castoriadis, C. 2001. *Figuras de lo pensable*. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- Chen, J.Y., Dzik, J., Edgecombe, G.D., Ramsköld, L. & Zhou, G.Q. 1995. *A possible Early Cambrian chordate*. Nature 377: 720-722
- Clarck, W. 1989. *La Gestión del Planeta Tierra*. Investigación y Ciencia Nº 158: 12-21
- Correa, N. y Boltovskoy, D. 1998. *Las Invasiones Biológicas. Componente ignorado del Cambio Global*. Ciencia e Investigación, 51 Nº 1 y 2: 4-14 septiembre - octubre 1998
- Courtillot, V.E. 1990. *Una erupción volcánica*. Investigación y Ciencia Nº 171: 54-62
- Daly, H.E. (comp.) 1989. *Economía, ecología, ética*. Ed. Fondo de Cultura Económica.
- De Duve, C. 1996. *El origen de las células Eucariotas*. Investigación y Ciencia Nº 237, junio 1996.
- Diamond, J. 1999. *La evolución de la inventiva humana*. En *La Biología del Futuro* (1999). Murphy M.P. y O'Neill, L.A.J.- Ed. Tusquets. Barcelona.
- Dovers, S.R. & Handmer, J.W. 1995. *Ignorance, the Precautionary Principle and Sustainability*. AMBIO 24, Nº 2: 92-97
- Dubos, R. 1986. *Un dios interior*. Biblioteca Científica Nº 26 - Ed. Salvat.
- Dyson, F. 2001. *La evolución de la ciencia*. En *Evolución*. Ed. Fabian, A.C., Metatemas 68, Ed. Tusquets. Barcelona.
- Ehrlich, P.R. y Ehrlich, A.H. 1993. *La explosión demográfica*. Biblioteca Científica Nº 3 - Ed. Salvat.
- Ehrlich, P.R. & Wilson, E.O. 1991. *Biodiversity studies: Science and policy*. Science 253: 758-762
- Eldredge, N. 2001. *La vida en la cuerda floja. La humanidad y la crisis de la biodiversidad*. Metatemas 66. Ed. Tusquets. Barcelona.
- Erwin, D.H. 1996. *La extinción en masa del Pérmico y su impacto evolutivo*. En Agustí, J. (1996).
- Estrella, E. 1988. *El Pan de América*. Mundo Científico Nº 77: 162-172
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1992. *Cultivos Marginados. Otra perspectiva de 1492*. Colección FAO. Prod. y Protec. Veg. Nº 26
- Fischer, A.G. 1960. *Latitudinal variations in organic diversity*. Evolution 14: 64-81

- Galeano, E. 1994. *Uselo y Tirelo. El mundo del fin del milenio visto desde una ecología Latinoamericana*. Ed. Planeta, Argentina.
- Golley, F. y Hadley, M. 1981. *Fragilidad y grandeza de los bosques tropicales*. El Correo de la UNESCO. Abril 1981, Año XXXIV: 13-14
- Görgner, E., Heidecke, D., Klaus, D., Nicolai, B. & Schneider, K. (Edit.) 2002. *Kulturerbe Natur. Naturkundliche Museen und Sammlungen in Sachsen-Anhalt*. Mitteldeutscher Verlag. Halle (Saale).
- Gould, S.J. 1999. *La vida maravillosa. Burgess Shale y la naturaleza de la historia*. Ed. Crítica. Barcelona. 1ª edición.
- Hawksworth, D.L. 1991. *The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation*. Mycol. Rev., 95 (6): 641-655
- Jablonski, D. 1986. *Background and mass extinctions: The alteration of Macroevolutionary Regimes*. Science 231: 129-133
- Jablonski, D. 1996. *La extinción de fondo frente a la extinción en masa*. En: Agustí, J. (1996).
- Janis, C. 1993. *Victoria por abandono. La sucesión mamífera*. En: Gould, S.J. ed. (1999) El libro de la vida. Drakontos / Ed. Crítica, Barcelona.
- Kauffman, E.G. y Harries, P.J. 1996. *Las consecuencias de la extinción en masa*. En Agustí, J. (1996).
- Leakey, R. y Lewin, R. 1997. *La sexta extinción*. Metatemas 50, Ed. Tusquets. Barcelona.
- Lewin, R. 1995. *Complejidad. El caos como generador de orden*. Metatemas No.41. Ed. Tusquets. Barcelona.
- Lewontin, R.C. (Edit.) 1968. *Population, Biology and Evolution*. Syracuse Univ. Press.
- Lovelock, J. 1993. *Las edades de GAI A*. Metatemas 29. Ed. Tusquets. Barcelona.
- Mann, C.C. 1991. *Extinction: Are ecologists crying wolf?* Science 253: 736-738
- Margalef, R. 1980. *La Biosfera. Entre la termodinámica y el juego*. Ed Omega. Barcelona.
- Margalef, R. 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Ed. Univ. de Barcelona, España.
- Margalef, R. 1998. *Ecología*. Ed Omega, 9ª reimpresión. Barcelona.
- Margulis, L. y Sagan, D. 1996. *¿Qué es la Vida?* Metatemas Nº 45, Ed. Tusquets. Barcelona.
- Margulis, L. y Sagan, D. 2001. *Microcosmos*. Metatemas Nº 39, Ed. Tusquets. Barcelona.
- Margulis, L. y Sagan, D. 2003. *Captando Genomas. Una teoría sobre el origen de las especies*. Ed. Kairós. Barcelona.
- Matteucci, S.D. 2001. *La percepción del entorno*. Encrucijadas, año 1- Nº 10, Revista de la Universidad de Buenos Aires.
- May, R.M. 1988. *How many species are there on the Earth?* Science 241: 1441-1449
- Moore, M. 2003. *Estúpidos hombres blancos*. Ed. B - Grupo Zeta, Barcelona.
- Novacek, M.J. 1999. *100 millon years of land vertebrate evolution: The Cretaceous-Early Tertiary transition*. Ann. Missouri Bot. Garden, 86 (2): 230-258
- ONU (Organización de Naciones Unidas) 1994. *Convention on Biological Diversity*. ONU-UNEP/CBD.
- O'Riordan, T. (Edit.) 1996. *Umweltwissenschaften und Umweltmanagement*. Springer Verlag. Berlin. 1º edición.
- OTA (Office of Technology Assessment) 1987. *Technology to maintain biological diversity*. OTA-F-330. USG Printing Office. Washington.
- Prigogine, I. 1982. *Tan sólo una Ilusión. Una exploración del caos al orden*. Cuadernos Infimos, Nº 111 - Ed. Tusquets. Barcelona.

- Purves, W., Sadava, D., Orians, G. y Heller, H.C. 2003. *Vida. La Ciencia de la Biología*. 6ª edición. Ed. Médica Panamericana. Madrid, España.
- Randall, A. 1991. *The value of biodiversity*. *AMBIO* 20: 64-68
- Rapoport, J. 1990. *Vida en extinción*. *Ciencia Hoy*, v 2 - N° 10
- Raup, D.M. & Sepkoski, J.J. 1982. *Mass extinctions in the marine fossil record*. *Science* 215: 1501-1502
- Raup, D.M. & Sepkoski, J.J. 1984. *Periodicity of extinctions in the geologic past*. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 81.
- Raup, D.M. & Sepkoski, J.J. 1986. *Periodic extinctions of families and genera*. *Science* 231: 833-836
- Reboratti, C. 2006. *La naturaleza y nosotros. El problema ambiental*. Capital Intelectual. Buenos Aires.
- Ruse, M. 2001. *El misterio de los misterios. ¿Es la evolución una construcción social?* *Metatemas* 69 - Ed. Tusquets. Barcelona.
- Sabater Pi, J. 1984. *El chimpancé y los orígenes de la cultura*. Ed. Anthropos. Barcelona.
- Schaarschmidt, F. 1968a-b. *Paläobotanik 1-2*. Einführung und Paläophytikum. Hochschultaschenbücher - Verlag, Mannheim.
- Schneider, S.H. 1990. *Debating gains*. *Environment*, 32(5): 5-9, 30-32
- Schopf, J.W. 1993. *Microfossils of the Early Archean Apex chert: new evidence of the antiquity of life*. *Science* 260: 640-646
- Seilacher, A., Bose, P.K. y Pflüger, F. 1998. *Triploblastic animals more than 1 billion years ago: trace fossil evidence from India*. *Science*, vol. 282: 80-83
- Stewart, W.N. & Rothwell, G.W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge University Press. Cambridge, USA. 2ª edición.
- Stork, N.E. 1988. *Insect diversity: Facts, fiction and speculation*. *Biol. J. Linn. Soc.*, 35: 321-337
- Tambornini, E. 2003. *Biotecnología: la otra guerra*. Fondo de Cultura Económica, Serie Breves, CP 636. Buenos Aires, Argentina.
- Teichert, K. 1990. *The Permian-Triassic boundary revisited*. En *Extinctions Events in Earth History*. Kauffman, E.G. & Walliser, O.H. (eds.), Springer Verlag. Berlin (1990).
- Tinto, J. 1986. *Situación forestal argentina. Su inserción en el concierto mundial*. SECYT. Buenos Aires
- UNESCO-PNUMA. 1991. *Una Etica Ambiental Universal*. Contacto (Bol. de Educ. Amb. de UNESCO-PNUMA). vol.XVI, N° 2. Junio de 1991.
- Vitousek, P.M. 1994. *Beyond global warming: ecology and global change*. *Ecology*, 75(7): 1861-1876
- Wagensberg, J. 2002. *Si la naturaleza es la respuesta ¿Cuál era la pregunta?* *Metatemas* 75 - Ed. Tusquets. Barcelona.
- Wilkinson, C., Linden, O., Cesar, H., Hodgson, G., Rubens, J. y Strong, A. 1999. *Ecological and Socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Ocean*. *AMBIO* 28 N° 2: 188-196
- Wilson, E.O. 1989. *La biodiversidad amenazada*. Investigación y Ciencia N° 158: 64-71
- Woese, C., Kandler, O. & Wheelis, M. 1990. *Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87: 4576-4579
- Wolfe, J.A. & Upchurch, J. 1986. *Vegetation, climatic and floral changes across the Cretaceous-Tertiary boundary*. *Nature* 324: 148-152
- Wranghan, R., McGrew, W., Heitne, G. & de Waal, F.B.M. 1994. *Chimpanzee cultures*. Harvard University Press / Chicago Academy of Science.

II. DE CONSULTA GENERAL SUGERIDA

- AA.VV. 2001. *Biotecnología*. Encrucijadas. Nº 5, marzo 2001. Revista de la Universidad de Buenos Aires.
- AA.VV. 2001. *Daño Ambiental. Capitalismo y geofobia*. Encrucijadas. Nº 10, agosto 2001. Revista de la Universidad de Buenos Aires.
- Attenborough, D. 1987. *El Planeta Viviente*. Biblioteca Científica Nº 77 - Ed. Salvat.
- Brosimmer, F.J. 2005. *Ecocidio. Breve historia de la extinción en masa de las especies*. Océano, Ed. Laetoli. España.
- Dobson, A.P. 1996. *Conservation and Biodiversity*. Scientific American Library, N.Y.
- Di Pace, M. 1992. *Las Utopías del medio ambiente*. Centro Editor de América Latina.
- Eldredge, N. 1997. *Dominion*. Univ. of Calif. Press, Berkeley. (La evolución ecológica humana y el surgimiento de la cultura como factor de impacto ambiental).
- Ehrlich, P.R. y Ehrlich A.H. 1987. *Extinción*. Biblioteca Científica. Noº 97 y 98 - Ed Salvat.
- Harris, M. 1986. *Canibales y reyes. Los orígenes de la cultura*. Biblioteca Científica. Nº 18 - Ed. Salvat.
- Knoll, A.H. 2003. *La vida en un joven planeta. Los primeros tres mil millones de años de la Tierra*. Drakontos / Ed. Crítica, Barcelona.
- Margulis, L. y Schwuatz, K.V. 1985. *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los Phyla de la vida en la Tierra*. Ed. Labor. Barcelona.
- Odum, E. 1988. *Ecología*. Ed. Interamericana, Mexico.
- Prentis, S. 1987. *Biotecnología. La nueva revolución industrial*. Biblioteca Científica Nº 67 - Ed. Salvat.
- Schneider, S.H. & Boston, P.J. (Edit.). 1991. *Science of Gaia*. MIT Press, Cambridge Mass.
- Tattersal, I. 1998. *Hacia el ser humano. La singularidad del hombre y la evolución*. Ed. Península. Barcelona.
- Wilson, E.O. 1993. *The Diversity of Life*. Harvard Univ. Press. (versión en castellano: *La Diversidad de la Vida*, 1994. Ed. Crítica. Barcelona).

III. OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Existe actualmente una gran cantidad de entidades nacionales e internacionales dedicadas a brindar información. Dentro de ellas podemos encontrar organizaciones de origen estatal, privado y entidades no gubernamentales. La mayor parte se encuentra en red, disponibles a través de Internet y ofrecen información, en muchos casos, de alto valor.

Ofrecemos a continuación una breve lista de algunas de ellas.

- Centro de Expertos en Identificación Taxonómica. Organización asociada a Universidad de Amsterdam / Gobierno Holandés / UNESCO // Expert-center for Taxonomic Identification (ETI). World Biodiversity Database. ETI Partner Program .
www.eti.uva.nl
- Programa de Naciones Unidas «Hombre y Biosfera» (MAB). Base de datos de observación de la Biodiversidad. BIOMON.
www.mabnet.org
www.unesco.org

- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
www.unep.org
- Proyecto DOBES (Dokumentation Bedrohter Sprachen). Documentación de Idiomas en peligro.
www.mpi.nl/DOBES
- Red de Biodiversidad de Pueblos indígenas - CEPAL // Indigenous Peoples' Biodiversity Network (IPBN). www.ecouncil.ac.cr
- Red de Acción en Biodiversidad (BIONET).
www.bionet.intl.org
- Tierramérica. Medio ambiente y Desarrollo - PNUMA.
www.tierramerica.net/2003
- Carta de la Tierra.
www.medioambiente.gov.ar
- Convenio Internacional de Especies Amenazadas (CITIES).
www.cities.com
- Convenio sobre Diversidad Biológica.
www.biodiv.org
- Cumbre de la Tierra.
www.un.org
- Convenio de Ramsar / Ramsar Convention on Wetlands.
www.ramsar.org
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Estrategia Nacional de Biodiversidad.
www.medioambiente.gov.ar
- SPECIES 2000 Indexing the World's Known Species.
www.sp2000.org
- Systematics Agenda 2000 Charting the biosphaera. Documento elaborado por la S.A.2000 (Grupo integrado por Am. Soc. of Plant Taxonomists, Soc. of Systematic Biologists y la Willi Hennig Soc. en cooperación con la Assoc. of Systematics Collection.
www.biodiversity.uno.edu
- Foro para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). www.gefweb.org
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN).
www.iucn.org
- National Geographic
www.nationalgeographic.com
- Sistema nacional de áreas protegidas de la Rep. Argentina. Administración de Parques Nacionales. R.A.
www.parquesnacionales.gov.ar
- World Wildlife Fund (WWF). Foro Mundial para la Naturaleza.
www.panda.org

