

Capítulo 1

La crisis ambiental contemporánea

Humberto Tommasino

Guillermo Foladori

Javier Taks

La forma como el ser humano se relaciona con el medio ambiente

LA RELACIÓN del ser humano con el ambiente siempre ha sido contradictoria. Por un lado, destruyendo para sobrevivir; por otro, reproduciendo o garantizando la reproducción de seres vivos (agricultura, ganadería, zonas de prohibición de caza-pesca, etcétera), también con el propósito de vivir mejor. La conciencia sobre esa doble necesidad siempre estuvo presente.¹ Cualquier historia ambiental del mundo muestra que las sociedades menos desarrolladas tecnológicamente sufrieron de crisis ambientales, en la mayoría de los casos por depredar recursos naturales hasta su extinción (Crosby, 1988; Pongting, 1992).

Hoy en día es reconocida la participación de hombres y mujeres que cruzaron el “puente” de Beringia, desde el noreste asiático hasta Alaska hace unos 12,000 años, en la extinción de mamuts, mastodontes y otros grandes mamíferos, a medida que avanzaban hacia el sur del continente americano. La conocida tesis de Martin (1984) sobre el papel de grupos de cazadores paleolíticos en la extinción de animales en continentes de colonización tardía, ha sido una prueba de los efectos directos e indirectos que pueden provocar sociedades con tecnologías “simples” sobre el medio ambiente en el largo plazo; aun cuando otras variables, como cambios climáticos, puedan intervenir (Haynes, 2002). La responsabilidad de los cazadores y recolectores en la extinción de la megafauna en los continentes de colonización tardía se repite con las grandes aves en las islas (Steadman y Martin, 2003; Anderson, 2002; Leacky y Lewin, 1998). La fragmentación de hábitat por tala de bosques, la caza indiscriminada y la introducción de especies de animales predadores exóticos, no son causas que difie-

¹La magia, una de las formas de acción consciente sobre la naturaleza, tan antigua como la misma especie humana, se presentó desde un inicio en su doble forma de magia por oposición (*v.gr.* pintura de un cazador cazando) y magia por semejantes (*v.gr.* representación de res preñada). En la primera está presente la forma destructiva, en la segunda la forma reproductiva (Frazer, 1998).

ran cualitativamente de las que contemporáneamente se identifican como responsables de extinciones. Leacky y Lewin concluyen:

No hacen falta máquinas de deforestación masiva para ocasionar grandes daños ambientales. Las sociedades con tecnología primitiva han establecido en el pasado reciente una marca insuperada en este sentido, ya que desencadenaron lo que en palabras de Storrs Olson fue “una de las más rápidas y graves catástrofes biológicas de la historia de la Tierra” (1998: 192).

La destrucción de la megafauna es sólo la manifestación más visible de las transformaciones que, desde los homínidos antecesores del *Homo sapiens*, se venían causando a los ecosistemas.

También las especies no humanas están sujetas a la posibilidad de depredar o degradar elementos vitales para su reproducción. El caso más notorio fue el de las cianobacterias anaeróbicas que hace 3,600 millones de años y como resultado de la falta de compuestos de carbono prebióticos, comenzaron a utilizar la luz solar (fotosíntesis) para separar las moléculas de carbono del agua. Con ello liberaron oxígeno que inundó la atmósfera y que, paradójicamente, se convirtió en un gas tóxico para aquellas bacterias que vivían en ambientes sin oxígeno. Los seres vivos aeróbicos pudieron reproducirse y diversificarse gracias a dicha transformación de la atmósfera. A nivel local, son conocidos los múltiples casos de erosión del suelo por cabras, de avance de hierbas o árboles sobre nuevos ecosistemas como resultado de bruscos cambios ambientales, etcétera. La mayoría de las especies no cuenta con un sistema de autorregulación según las condiciones del medio en que se encuentra. Y, también, algunas especies reproducen instintivamente otros seres vivos, que son fuente de sustento, como los hongos criados por las hormigas para alimentarse. Y muchas utilizan instrumentos para transformar el medio ambiente a sus necesidades, como las represas que construyen los castores.

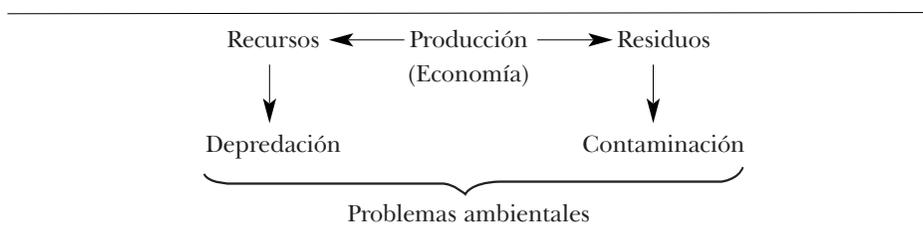
Lo que es distintivo de la especie humana no es, entonces, ni el efecto degradante sobre el medio ambiente, ni la transformación de ese ambiente para sobrevivir. Lo que es específico es que ese metabolismo con la naturaleza externa se da de *forma mediada*. El ser humano transforma el medio ambiente externo usando instrumentos que, a diferencia de los usados por otras especies, son acumulados de generación en generación. Esta característica propiamente humana, generó a manera de un bumerang, efectos al interior de la propia especie humana. Los instrumentos acumulados son factibles de apropiación y monopolio. Con ello, la sociedad humana se dividió en grupos y clases sociales, según la relación de propiedad y apropiación de esos medios de producción, que fueron siempre la base para transformar el ambiente externo. Así, al mismo tiempo

que el ser humano transformaba el medio externo, se transformaba a sí mismo. Las relaciones de producción que se establecen entre las clases y grupos o sectores a cada etapa de la historia de la humanidad, condicionan la forma como se modifica el ambiente externo. La relación del ser humano con su medio ambiente, y las posibles crisis derivadas, están condicionadas por sus contradicciones internas.

¿Qué son problemas ambientales?

La preocupación por el medio ambiente no debe basarse ni en la utilización de recursos naturales ni en la generación de residuos. Eso es algo natural, inevitable, y común a cualquier especie de ser vivo. La preocupación debe surgir cuando esos recursos son utilizados a un ritmo mayor a las capacidades de la naturaleza por reproducirlos; o cuando los desechos son generados a un ritmo también mayor a la capacidad de absorción de la naturaleza. *Los problemas ambientales surgen, en cualquier caso, de una contradicción entre el ritmo de los ciclos biogeoquímicos, y el ritmo de los ciclos de producción humana, para un nivel determinado de desarrollo de las fuerzas productivas.* El diagrama 1 ilustra esa contradicción y muestra cómo todos los problemas ambientales pueden ser reducidos a dos grandes grupos: depredación y contaminación.

DIAGRAMA 1
PROBLEMAS AMBIENTALES



El carácter contemporáneo de la crisis ambiental

Con la generalización de las relaciones capitalistas, que fue posible por la Revolución Industrial, la relación del ser humano con la naturaleza externa sufrió modificaciones significativas en su *ritmo, amplitud, nivel, profundidad y grado de conciencia.*

Modificaciones de *ritmo o velocidad*, porque la producción capitalista tiene como forma de organización social al mercado. El mercado está regido por la

competencia, que obliga a producir siempre más. Con ello la utilización de los recursos naturales da un salto significativo, al igual que la generación de residuos.

Modificaciones de *amplitud*, porque la producción capitalista, debido a las necesidades de la competencia, se expande a todo el globo terráqueo. Con ello, el mayor ritmo de extracción de recursos y generación de desechos se internacionaliza, pero también se profundiza la distancia entre el lugar donde los recursos fueron extraídos y el lugar donde los desechos son lanzados. Ese aumento de la distancia entre lugar de origen y de destino de los materiales complica aún más el metabolismo de reciclaje natural, ya que concentra materiales iguales fuera de los ecosistemas donde fueron generados.

Modificaciones de *nivel*, porque la utilización de la fuerza del vapor primero, y de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, o la electricidad permitieron un gran salto en las fuerzas productivas, con lo cual nuevos materiales y más distantes, tanto en extensión como en profundidad, fueron posibles de ser apropiados por el ser humano. Pero, al mismo tiempo, hubo un cambio en la fuente de energía. Mientras las sociedades preindustriales utilizaban energía derivada de la fotosíntesis (básicamente madera y otros seres vivos), la sociedad industrial ha basado, hasta ahora, su energía en combustibles fósiles. Esta diferencia cualitativa tiene importantes implicaciones en la depredación y contaminación de los ecosistemas.

Con la tercera revolución industrial (de la micro-opto-electrónica y el satélite, y la biotecnología) que comenzó en la década de los setenta del siglo xx otros elementos se agregaron a los anteriores. Por un lado, una modificación en la *profundidad* de transformación de la naturaleza, con la creación de productos no biodegradables y de nuevos seres vivos.

Por otro, una modificación en la *conciencia hegemónica*. La ideología dominante, que durante casi dos siglos de capitalismo no prestó mayor atención a los efectos degradantes de la acción humana sobre el medio ambiente, comenzó a preocuparse explícitamente. Algunos de los recursos naturales para el proceso productivo parecían agotarse, y la contaminación de cauces de agua y el aire de las ciudades generaba resultados perjudiciales para la salud humana y de gran costo económico. Al concepto de desarrollo, que pareció ser suficiente hasta la década de los cincuenta, hubo que agregarle el adjetivo *sustentable*, para considerar la necesidad de un *desarrollo sustentable*, o sea, un desarrollo permanente.

El concepto de desarrollo sustentable y la apropiación humana de los ecosistemas

El concepto de desarrollo sustentable que se divulgó en todo el mundo fue el anotado en el libro *Nuestro futuro común*, un informe sobre la cuestión ambien-

tal encomendado por la Organización de Naciones Unidas a un grupo de expertos y publicado en 1986. La definición reza así: “Desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987: 43).

Esa definición encierra, en sí misma, dos elementos que deben ser considerados. Por un lado, la equidad intrageneracional; por otro, la equidad intergeneracional. No obstante, el argumento para lograr ambas es la utilización de los recursos naturales en una forma que no perjudique su utilización futura. En realidad, y como puede ser demostrado mediante el análisis de las políticas de desenvolvimiento sustentable, o de los indicadores que se utilizan para medirla, el objetivo del desarrollo sustentable ha sido proteger la naturaleza externa. Para ello se considera a la sociedad humana como una unidad, como si en su interior no existiesen diferencias. Es decir, precisamente la particularidad del comportamiento humano con su ambiente, que es el de ser un resultado del tipo diferenciado de relaciones sociales de producción es permanentemente ignorado. *Las relaciones de producción capitalistas no son discutidas en la teoría del desarrollo sustentable.*

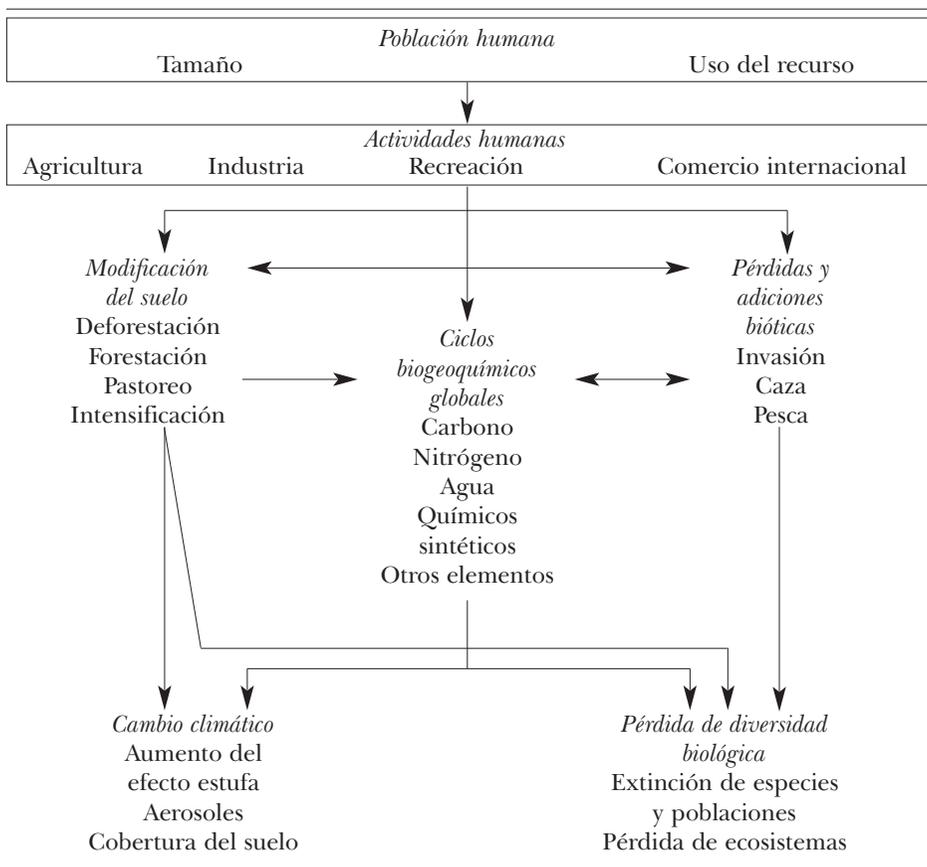
Uno de los objetivos de este libro es mostrar que la cuestión ambiental contemporánea no sólo implica un alto grado de riesgo para las generaciones futuras, sino que también presenta un importante nivel de incertidumbre en cuanto a los conocimientos que se tienen. No obstante, lo que parecería estar fuera de discusión es que el ser humano ha llegado a tener una presencia en la biosfera nunca antes vista y con un grado de extensión y profundidad irreversible en muchas esferas. La siguiente cita de Vitousek *et al.* resume, apretadamente, esa presencia humana en la biosfera:

La alteración humana de la Tierra es consubstancial con su crecimiento. Entre un tercio y la mitad de la superficie del suelo ha sido transformada por la acción humana, la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado en aproximadamente 30 por ciento desde el comienzo de la Revolución Industrial; más nitrógeno atmosférico es fijado por la humanidad que por cualquier otra fuente natural combinada; más de la mitad del agua fresca accesible en la superficie es usada por la humanidad; y cerca de un cuarto de las especies de pájaros de la tierra han sido conducidos a la extinción. Mediante estos y otros indicadores, es claro que vivimos en un planeta dominado por el ser humano (Vitousek *et al.*, 1997: 494).

Vitousek *et al.* (1997) proponen un modelo conceptual que permite visualizar los efectos directos e indirectos de la actividad humana sobre el sistema Tierra

(véanse el diagrama 2 y 3). El crecimiento poblacional y el aumento de la utilización de los recursos se mantienen a través de emprendimientos humanos como la agricultura, industria, pesca y comercio internacional. Estos emprendimientos transforman la superficie de la Tierra, alteran los ciclos biogeoquímicos y modifican la condición biológica de los ecosistemas. Los dos principales resultados que los autores anotan son el *cambio climático* y la *pérdida de la diversidad biológica*.²

DIAGRAMA 2
MODELO QUE ILUSTRRA LOS EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS
DE LA ACTIVIDAD HUMANA SOBRE EL SISTEMA TIERRA



Fuente: Vitousek *et al.*, 1997.

²“Estos cambios relativamente bien documentados a su vez implican otras alteraciones al funcionamiento del sistema de la Tierra, principalmente conduciendo el cambio climático global y causando pérdidas irreversibles de diversidad biológica” (Vitousek *et al.*, 1997: 494; cursivas de los autores).

El diagrama 3 muestra la amplitud de la actividad humana en porcentaje sobre el total de diversos elementos (suelo, concentración de CO₂, uso de agua, fijación de nitrógeno, *invasión* de plantas, extinción de pájaros, y pesquerías marinas).

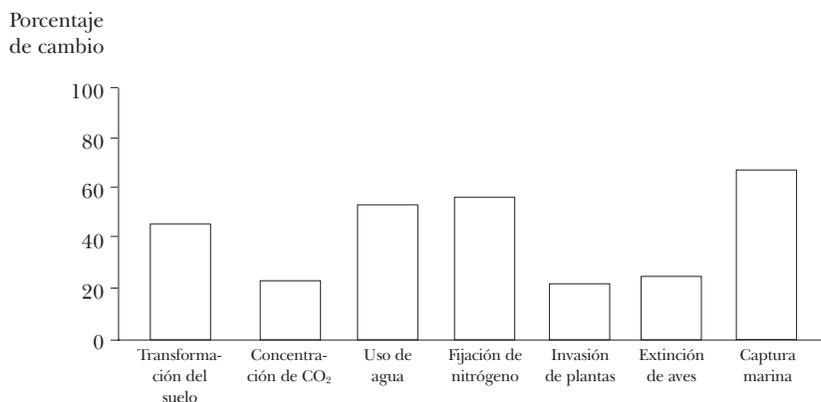
Si bien estos cambios están “relativamente bien documentados”, existen muchas incertidumbres y controversias sobre sus implicaciones. ¿Constituyen estas transformaciones de la biosfera un problema para las futuras generaciones? La cuestión no es que el ser humano haya avanzado significativamente en la utilización y modificación de la biosfera, sino si dichos cambios empeoran o mejoran las condiciones para perpetuar la vida humana.

La problemática ambiental presenta dos características combinadas que dificultan una “toma de posición” por parte del público. La primera es que abarca una cantidad tan amplia de conocimientos científicos que con facilidad lleva a convertirla en una discusión de especialistas. La segunda es que los elementos están tan interrelacionados que no es posible modificar uno de ellos sin que sus repercusiones alcancen a los demás.

DIAGRAMA 3

DOMINIO O ALTERACIÓN HUMANA DE VARIOS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE LA TIERRA,

(Expresados, de izquierda a derecha, como porcentaje: de la superficie del suelo transformado, de la concentración actual de CO₂ resultado de la acción humana, del agua fresca accesible utilizada, de la fijación de N terrestre por uso humano, de especies de plantas en Canadá que la humanidad ha introducido de otros lugares, de especies de pájaros que han sido extinguidos en los últimos 2,000 años como consecuencia, la mayoría de ellos, de la actividad humana y de las principales capturas marinas que han sido totalmente explotadas, sobreexplotadas o deprimadas).



Fuente: Vitousek *et al.*, 1997.

El resultado es que en algunos medios la problemática ambiental aparece como “catastrófica”; en otros, aparece como algo fácilmente superable por medio de la ciencia y sus implementaciones técnicas. En los dos casos, la discusión tiende prioritariamente a realizarse sobre un terreno formal, técnico y apolítico, cuando el principal problema ambiental no es de un ambiente ajeno al ser humano, sino que radica en la propia naturaleza interna de la sociedad humana, altamente diferenciada y contradictoria en su relación con el medio ambiente. De manera que a los desacuerdos y lagunas del conocimiento científico se suman los intereses de distintas clases, países y sectores de la sociedad humana, que son definitivos cuando se pretende evaluar la gravedad del problema, y más aún cuando se busca diseñar políticas para su corrección.

Los grandes problemas ambientales contemporáneos

Cambio climático

Por cambio climático se entiende una serie de transformaciones en el clima de la Tierra que impactan significativamente los ecosistemas, la vida en general y la vida humana en particular. Se trata de uno de los principales problemas ambientales contemporáneos, junto a la pérdida de la biodiversidad y el “agujero” de la capa de ozono. Aunque los problemas están interrelacionados y ejercen sinergias entre ellos, se atribuye al aumento de la temperatura provocado por el ser humano la principal causa del cambio climático.

El Sol irradia calor a la Tierra diariamente en forma de luz. Aproximadamente un 50 por ciento de esa luz es reflejada nuevamente al espacio, sea por las nubes o por la propia tierra. El otro 50 por ciento calienta la tierra convirtiéndose en energía térmica. Parte de esta energía térmica vuelve nuevamente al espacio como radiación infrarroja (aproximadamente 400 vatios por día por metro cuadrado). Pero, una parte (160 vatios por día por metro cuadrado), queda atrapada por la atmósfera, lo que provoca el efecto invernadero. Este efecto se modifica continuamente por diversos factores, como la abundancia y altitud de las nubes que hacen que la reflectividad aumente o disminuya: las partículas en la atmósfera que pueden interceptar la luz, los glaciares cuyo aumento refleja más la luz, el viento que levanta olas que hacen disminuir el reflejo del mar, la circulación atmosférica que varía la disposición de las nubes, etcétera. Dentro de estos elementos también están los llamados gases de efecto invernadero, producidos por la evaporación del agua, la acción de los volcanes, la producción de gases por los animales, la fermentación en los pantanos, etcétera. Estos gases son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el ozono, los clorofluorocarbonos, óxidos nitrosos y otros de menor importancia; todos

ellos retienen en la atmósfera los rayos infrarrojos emitidos por el suelo aumentando la temperatura atmosférica.

El ser humano también genera estos gases mediante el consumo de combustibles fósiles, la quema de biomasa, la cría de ganado y otras actividades. En algunos casos la producción es directa, como en la quema de combustibles fósiles, o en la fermentación de los desechos de la agricultura, o en la cría de ganado que expulsa metano. En otros casos es indirecta, como en la deforestación, donde se destruye vegetación que deja de consumir y almacenar carbono, aumentando su magnitud en la atmósfera.

Según las estimaciones, el ser humano ha aumentado significativamente las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera por la combustión de carbón y petróleo en el último siglo y medio. A mediados del siglo XIX la atmósfera contenía 280 partes por millón (ppm) de CO₂, hoy tiene 367, o sea, un incremento del 30 por ciento. De allí, se deriva la conclusión de que la atmósfera terrestre se ha venido calentando por esta causa a razón de 0.5 grados centígrados en el último siglo. De manera que el calentamiento global ha pasado a ser el tema central del cambio climático, y la producción de CO₂ el principal culpable. Claro está que esto no sería un problema de no ser por los efectos que el calentamiento podría provocar para la humanidad, como veremos a continuación.

Efectos del calentamiento global

Se estima que el calentamiento global provocará efectos significativos en los ecosistemas, con extinciones masivas de especies que no podrán adaptarse al rápido cambio del clima, y con migraciones en otros casos. Para el ser humano las consecuencias serán múltiples, las principales están enumeradas en el cuadro resumen. Pero, de todas las consecuencias hay dos que destacan por su importancia. La primera es la elevación del nivel de los océanos, que se estima será de entre 15 a 95 centímetros como media en un siglo. Esto implicará catástrofes para las poblaciones costeras que habitan en islas y en deltas, con las consecuentes migraciones. La segunda es el cambio de las actuales zonas de cultivo que se verán desplazadas hacia nuevas. Es probable que el desplazamiento hacia latitudes más altas (polos) sea de entre 150 a 550 kilómetros en un siglo. Esto implicará una redistribución geoeconómica y geopolítica de los cultivos e industrias asociadas. Paralelamente, zonas actualmente húmedas y fértiles podrán desertificarse. Es claro que ligado a estos cambios en los ecosistemas están los relacionados a las reservas de agua dulce, que se verán afectadas por los cambios en los patrones de precipitación y evaporación. Y, también, de muchas enfermedades tropicales que avanzarán a zonas nuevas, como es el caso de la malaria, fiebre amarilla, dengue y otras.

Biodiversidad

Por *biodiversidad* podemos entender la diversidad o variación de organismos a todos los niveles, ya sean variaciones genéticas de una misma especie,³ hasta diversas series de especies, géneros, familias y otros niveles taxonómicos superiores. El concepto considera la variedad de ecosistemas,⁴ abarcando tanto las comunidades⁵ de organismos de uno o más hábitat,⁶ como las condiciones físicas en las cuales viven (Wilson, 1994).

El estudio de la biodiversidad presenta dos ámbitos de trascendencia clave. Por un lado, tiene implicaciones ecológicas sustantivas a la hora de comprender el funcionamiento de los ecosistemas y, por lo tanto, en la generación de los recursos y servicios que son cruciales para la existencia humana. Por otro, las implicaciones económicas son trascendentes cuando se discuten las causas económicas de la pérdida de biodiversidad, cuando se valoran económicamente sus cambios y cuando se visualiza su papel en la estrategia de desarrollo sustentable (Toledo, 1998).

Implicaciones ecológicas de la biodiversidad

La diversidad de especies tiene consecuencias funcionales sobre los ecosistemas, ya que el número y tipo de especies presentes determinan las características orgánicas que influyen en los procesos ecosistémicos. Las características de las especies determinan la mediación de flujos de energía y materia directamente y pueden alterar las condiciones abióticas que regulan las tasas de los procesos. El componente de la diversidad de especies que determina esta expresión de características incluye el número de especies presente (*riqueza*), su relativa abundancia (*uniformidad*), presencia de especies particulares (*composición*), las interacciones entre especies (*efectos no aditivos*) y la variación temporal y espacial en estas propiedades. En adición a sus efectos sobre el funcionamien-

³*Especie* es la unidad básica de clasificación y comprende una población o serie de poblaciones de organismos semejantes e íntimamente emparentados. En los organismos sexuales se define como especie biológica una población o serie de poblaciones de organismos que se reproducen libremente en condiciones naturales pero que no se cruzan con otras especies. El concepto de *población* hace referencia a un grupo de organismos pertenecientes a una misma especie en el mismo tiempo y lugar (Wilson, 1994).

⁴*Ecosistemas* son comunidades biológicas que interactúan con el ambiente físico y químico como un sistema unificado, interactuando simultáneamente con otros ecosistemas y con la atmósfera (Barbier, 1994).

⁵*Comunidades* son todos los organismos, sea animales, plantas y microorganismos, que viven en un determinado hábitat y se afectan mutuamente como parte de la red alimentaria o a través de sus múltiples influencias sobre el medio ambiente (Wilson, 1994).

⁶*Hábitat* es un medio ambiente de un tipo determinado, como por ejemplo, la playa de un lago o un determinado ambiente de una región, o una floresta de montaña. Un *bioma* es una gran categoría de hábitat en una determinada región del mundo, como por ejemplo, la floresta lluviosa de la cuenca amazónica (Wilson, 1994).

to, la diversidad de especies influencia la resiliencia y resistencia de los ecosistemas al cambio ambiental (Chapin III *et al.*, 2000).

La dimensión ecológica de la biodiversidad tiene que ver con el rol que cumple cuando consideramos el funcionamiento y propiedades de los ecosistemas. El funcionamiento de un ecosistema puede comprenderse mediante el modelo de estadios o fases propuesto por Holling (1986 *apud* Barbier *et al.*, 1994). Estas cuatro funciones o estadios son: *explotación*, *conservación*, *liberación* (*release*) y *reorganización*. La *estabilidad*⁷ y *productividad*⁸ del ecosistema son propiedades determinadas por los estadios de explotación y conservación, mientras que la *resiliencia* (capacidad de un sistema de recuperarse luego de un *stress*)⁹ es determinada por los estadios de liberación y reorganización.

La principal importancia ecológica de la biodiversidad es su rol en la preservación de la *resiliencia* de los ecosistemas. Este rol se cumple debido a que la biodiversidad provee las diferentes unidades a través de las cuales fluye la energía y por el aporte al sistema de la capacidad para responder a eventos sorpresivos (Solbrig, 1993, *apud* Barbier *et al.*, 1994). La acumulación de gran cantidad de información genética permite que el funcionamiento ecosistémico pueda ser reconstituido bajo una enorme gama de condiciones y circunstancias. Si bien no toda la información tiene la misma importancia para eventos futuros, se detecta una gama de especies que existen en condiciones subóptimas, algunas de las cuales son de gran importancia potencial para reconstituir los ecosistemas si las condiciones cambian (Holdgate, 1996). Esas especies, denominadas especies pasajeras (*passenger species*) o especies que aseguran la vida (*life insurance species*, Barbier *et al.*, 1994), juegan un rol que no puede ser ignorado cuando consideramos la evolución de los ecosistemas a través del tiempo. Son especies que no son clave para la *performance* actual del sistema, pero en determinadas circunstancias pueden transformarse en especies clave (*keystone process species*) durante la reorganización interna de un ecosistema. Las *passenger species* pueden ser consideradas como un

⁷La diversidad está vinculada al aumento de la estabilidad de los ecosistemas. La diversidad puede visualizarse como un recipiente pasivo de mecanismos de importancia ecológica. Algunas especies de interacción débil con los recursos estabilizan la dinámica de la comunidad ya que amortiguan interacciones fuertes –potencialmente desestabilizadoras– entre otros consumidores y los recursos (McCann, 2000).

⁸La producción primaria neta (fijación de carbono por plantas verdes) es un buen indicador del funcionamiento de los ecosistemas. Existe una correlación positiva entre productividad y biodiversidad, al igual que con la biomasa (monto total de carbono presente en la biota viva), a pesar de que a la hora de comparar diversos ecosistemas, las diferencias en sus biodiversidades son mucho mayores que cuando comparamos sus productividades. La relación es positiva pero débil, es decir, altas tasas de diversidad no son necesarias para altas productividades. No existe una relación directa entre diversidad de especies o genes presentes en un ecosistema y su biomasa, productividad o rol en los ciclos biogeoquímicos. De todas formas, existe una tendencia general a que los sistemas con altas biomásas y productividades, también sean más diversos. La relación no necesariamente es directamente causal (Holdgate, 1996).

⁹Esta concepción de resiliencia deriva de la propuesta de Holling (1973), que se basa en el monto de disturbio que puede ser sustentado y absorbido ante un cambio que ocurre en el sistema de control o estructura (Barbier *et al.*, 1994).

seguro de capital natural porque podrían sustentar la generación de servicios ecológicos en el futuro (Barbier *et al.*, 1994).¹⁰

Implicaciones económicas de la biodiversidad

Las implicaciones económicas de la pérdida de biodiversidad se relacionan con los impactos para el bienestar humano. Las principales formas pueden resumirse en los siguientes ítems:

- el bienestar de las presentes generaciones puede ser afectado por impactos en los recursos biológicos y servicios ecológicos debido a la disminución de la biodiversidad actual;¹¹
- complicaciones a futuro pueden ser generadas por la ignorancia de los individuos, que los lleve a no reconocer las implicaciones globales de la pérdida de biodiversidad;
- puede existir preocupación tanto por la equidad intrageneracional como por la intergeneracional.

La biodiversidad puede afectar el bienestar del futuro, en la medida que sea pensado como opuesto al bienestar de las actuales generaciones (Barbier *et al.*, 1994).

Indicadores de biodiversidad y de su pérdida

La biodiversidad se encuentra pobremente caracterizada desde el punto de vista geográfico, taxonómico y ecológico. No contamos aún con una idea aproximada de la cantidad de especies que existen. Las estimaciones globales varían entre 5 y 50 millones de especies,¹² pero las descritas taxo-

¹⁰ A largo plazo es importante conservar no sólo las especies clave (*keystone process species*) en los ecosistemas, sino también las *life insurance species* para asegurar su funcionamiento y la habilidad de las especies, poblaciones y comunidades para responder a las agresiones que operan sobre los ecosistemas (Barbier *et al.*, 1994).

¹¹ Los *servicios de los ecosistemas* consisten en flujos de materiales, energía e información desde el *stock* de capital natural, los cuales se combinan con servicios de capital manufacturado y humano para producir bienestar humano. Los principales servicios de los ecosistemas son: regulación de los gases atmosféricos, regulación climática, regulación de disturbios (tormentas, inundaciones), regulación del flujo hidrológico, abastecimiento y retención de agua, retención de sedimentos y control de la erosión, formación de suelo, ciclo de nutrientes, tratamientos de desechos, polinización, control biológico (regulación de poblaciones), refugio, producción de alimentos, materias primas, recursos genéticos, recreación, cultural (Costanza *et al.*, 1997).

¹² A pesar de más de 250 años de investigación sistemática, las estimaciones sobre el total de número de plantas, animales y otras especies varían ampliamente, desde cifras cercanas a 3 millones hasta cifras de más de 30 millones. Un conocimiento del número total y la distribución de las especies es fundamental para desarrollar programas racionales de conservación de la diversidad restante (May, 1992).

nómicamente no superan los 1.7 millones. De mantenerse el ritmo actual de descripción de nuevas especies, que oscila en 13,000 por año en promedio y suponiendo la estimación más baja (5 millones) serían necesarios 385 años para que los taxónomos contaran con un inventario completo (Toledo, 1998).¹³

En relación con la pérdida o erosión de la biodiversidad, existen varias estimaciones que divergen mucho en las tasas de extinción de especies registradas. Holdgate (1996: 409) presenta estimaciones realizadas por diversos autores en donde se puede apreciar este hecho, a saber: 1 millón de especies entre 1975 y 2000 (Myers, 1995); 15 a 20 por ciento de todas las especies entre 1980 y 2000 (Lovejoy, 1980); 2,000 especies de plantas por año en trópicos y subtrópicos (Raven, 1987); 25 por ciento de las especies entre 1985 y 2015 (Raven, 1988); al menos 7 por ciento de las especies de plantas (Myers, 1995); entre 0.2 y 0.3 por ciento de todas las especies por año (Wilson, 1988, 1989); 2 a 18 por ciento de todas las especies entre 1990 y 2015 (Reid, 1992).¹⁴ Como puede apreciarse, las variaciones son muy importantes, pero aun así, puede sostenerse que el grado de pérdida que se registra actualmente es muy grande. La tasa actual de pérdida de variabilidad genética de poblaciones y especies excede en un orden entre 100 y 1,000 veces la que ocurría antes de la dominación humana del planeta (Pimm *et al.*, 1995).

Conclusiones

La crisis ambiental es mostrada, por algunos medios o autores, como algo propio del sistema industrial. Esto es parcialmente cierto. De hecho la humanidad siempre pasó por contradicciones con su medio ambiente y crisis. Lo importante es ver la especificidad que la problemática ambiental presenta bajo producción industrial. Los límites físicos en términos absolutos poco explican. Si los ritmos humanos de degradación del ambiente estuviesen en sintonía con el ritmo de recicle que la naturaleza realiza, no habría problema alguno. Entonces, la cuestión central debe colocarse en los ritmos humanos, lo cual nos lleva a la forma de producción, o sea, nuevamente son las relaciones sociales de producción que constituyen el punto de partida para entender cualquier relación de la sociedad actual con su medio ambiente.

¹³Aproximadamente sólo 1 millón de especies están descritas y menos de 100,000 (vertebrados terrestres, algunas plantas vasculares e invertebrados con caparazones o alas “bonitas” son bien conocidos). Los pájaros son una excepción, existiendo aproximadamente entre 8,500 y 9,500 especies descritas. Existe 1 millón de insectos descritos pero se estima que sus especies existan en un rango que va de 10 a 100 millones (Pimm *et al.*, 1995).

¹⁴Varias de estas estimaciones están basadas en la metodología que utiliza la relación especie-área. Esta metodología de inferencia de pérdida de especies no es aceptada unánimemente (Lugo *et al.*, 1993).

CAMBIO CLIMÁTICO

<i>Caracterización y datos significativos</i>	<i>Causas antrópicas del problema</i>	<i>Controversias e incertidumbres</i>	<i>Políticas para enfrentar el problema</i>	<i>Tema en discusión</i>
<p>Caracterización: aumento de la temperatura mundial</p> <p>1. La temperatura media atmosférica baja es hoy entre 0.3°C y 0.6°C más elevada que en la era preindustrial (Legett, 1992; Global Commons Institute). En 100 años la temperatura de la Tierra subirá entre 1 y 3.5°C.</p> <p>2. Hace 150 años los ghg (gases efecto estufa) estaban en 280 ppm. Hoy 30 por ciento más (Riviera, 2000).</p> <p>3. En los últimos 100 años el nivel del mar aumentó entre 10 y 25 cm. Se estima que en el próximo siglo aumentará entre 15 y 95 centímetros (Le Bras, 1997).</p> <p>4. Veinte por ciento de la población mundial (países industriales) son responsables por el 80 por ciento de los ghg de origen antrópico (según World Watch Institute para 1989–Le Bras, 1997).</p> <p>5. Posibles consecuencias para el ser humano (Le Bras, 1997):</p> <ul style="list-style-type: none"> a) elevación nivel del mar; b) desertificación de zonas de actual cultivo; c) desplazamiento del monzón; d) fusión de los casquetes polares; e) expansión hacia zonas templadas del mosquito de malaria, fiebre amarilla, meningitis, etcétera; f) aumento de las precipitaciones globales y tormentas tropicales; g) catástrofes costeras. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Quema de combustibles fósiles. b) Deforestación (bosques dejan de consumir y almacenar CO₂). c) Fermentación de vegetales producen metano. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Otros factores intervienen en la temperatura (ciclos de Milankovitch, manchas solares (Hale y Hale doble), emisión de volcanes, nebulosidad, extensión de glaciares, etcétera) (Le Bras, 1997; Isla, 1998). 2. No hay total evidencia de una correlación entre la emisión de CO₂ y el aumento de la temperatura (el aumento podría deberse a otros factores) (Lenoir, 1995). 3. No se conoce: a) el papel del plancton en la fijación del CO₂; b) el comportamiento del nivel de calcio en las profundidades oceánicas (que regulan el CO₂) (Le Bras, 1997; Isla, 1998). 4. No es claro que el aumento de la temperatura sea perjudicial (puede aumentar la productividad vegetal) (Lenoir, 1995). 	<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Control de emisiones de CO₂. b) Secuestro de carbono en bosques (D. Wojtek, 1999; Lal <i>et al.</i> 1999). c) Sumidero marino. d) Sumidero en subsuelo (Fox Marketwire, 2000). <p>Económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Cuotas de emisión negociables. b) Impuestos "Carbon Taxes" (A. Baranzini <i>et al.</i>, 2000). c) Asociaciones entre países desarrollados que transfieren tecnología y <i>know-how</i> sobre protección contra el calentamiento hacia países en desarrollo (Schwarze, 2000). d) Mecanismos limpios de desarrollo. 	<p>Contraction and Convergence</p>

BIODIVERSIDAD

<i>Caracterización y datos significativos</i>	<i>Causas antrópicas del problema</i>	<i>Controversias e incertidumbres</i>	<i>Políticas para enfrentar el problema</i>	<i>Tema en discusión</i>
<p><i>Caracterización:</i> Se entiende por biodiversidad el rango de variación o diferencias en los organismos vivos y sus ambientes. El concepto considera tres principales niveles de jerarquía biológica: genes, especies y ecosistemas (Barbier <i>et al.</i>, 1994). La tasa actual de pérdida de variabilidad genética de poblaciones y especies excede en un orden entre 100 y 1,000 veces las que ocurrían antes de la dominación humana del planeta (Pimm <i>et al.</i>, 1995).</p> <p><i>Importancia:</i> <i>ecológica:</i> funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas, <i>económica:</i> servicios de los ecosistemas (Barbier <i>et al.</i>, 1994; Pimentel, 1998; Costanza <i>et al.</i>, 1997).</p> <p><i>Problema principal:</i> mantener un nivel de biodiversidad que garantice la resiliencia de los ecosistemas de los cuales depende la producción, consumo y existencia humana (Perrings <i>et al.</i>, 1992).</p>	<p>Transformación y pérdida de hábitat y ecosistemas es la causa más importante de extinción de especies. Alteraciones en los ciclos de carbono y nitrógeno y el cambio climático antropogénico también tienen influencia (Vitousek <i>et al.</i>, 1997).</p>	<p>1. No es conocida la proporción exacta de biodiversidad que es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas (P.R. Ehrlich <i>et al.</i>, 1999; Perrings <i>et al.</i>, 1992). 2. Las tasas de extinción no son fáciles de evaluar debido a que aún las especies sobre la tierra no han sido identificadas en su totalidad (Pimm <i>et al.</i>, 1995). 3. La comprensión que tenemos sobre endemismo es insuficiente para conocer el futuro de la biodiversidad con precisión. (Pimm <i>et al.</i>, 1995). 4. Las tasas de extinción de especies no puede ser explicada solamente por cambios en las áreas de bosque. El modelo especie-área sobrestima las tasas de extinción (Lugo <i>et al.</i>, 1993).</p>	<p>El conocimiento podría permitir la restauración de poblaciones y servicios ecosistémicos. Una mejor tecnología para conservar semillas u otros proveedores (bancos genéticos) pueden ayudar a suplir los necesarios elementos de restauración. (Ehrlich, 1999). Políticas educativas, extender la propiedad privada, mejorar distribución del ingreso para evitar descuido acelerado del futuro por los pobres, mecanismos de autorregulación social pública (Perrings <i>et al.</i>, 1992).</p>	<p>¿Quién es propietario de la diversidad genética? (guerra de los genes). Países desarrollados sustentan la tesis del libre acceso (aún remunerando) países no desarrollados, donde se localiza la biodiversidad, sustentan que el acceso debe ser reglamentado por acuerdo (criterios de país propietario) (García dos Santos, 1994).</p>

Por otro lado, un análisis detenido de la información científica generada en torno a las dos problemáticas ambientales más importantes, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, indica que existen numerosos puntos de incertidumbre, controversia y falta de conocimiento. A diferencia de lo que los grandes centros de difusión científica internacional vinculados a la temática, o los medios masivos de comunicación proclaman como hechos incontrovertidos y científicamente documentados, existen enormes lagunas de conocimiento científico y controversias referidas a las cuestiones centrales de la crisis ambiental. Como puede verse en los dos cuadros precedentes.

Las controversias e incertidumbres de mayor dimensión se localizan en el terreno del cambio climático. Existen científicos que cuestionan la existencia real de la problemática e, inclusive, sostienen que los eventuales cambios climáticos podrían ser benéficos para la humanidad. En el campo de la biodiversidad existe la certeza de que los ritmos de pérdida de especies son mayores a los que existían antes de la dominación humana del planeta, pero a la hora de cuantificar el fenómeno, no existen indicadores consolidados, ni unánimemente aceptados. Asimismo, en el momento de establecer umbrales críticos de biodiversidad para el funcionamiento de los ecosistemas y consecuentemente el cumplimiento de sus servicios, no existen indicadores que objetiven la dimensión del fenómeno. En este caso, se invoca el principio de precaución, intentando evitar posibles efectos perversos de una pérdida de biodiversidad que no podemos, por el momento, caracterizar mediante indicadores científicamente sólidos.

Junto a este enorme cúmulo de incertidumbres y controversias existe una dimensión política de la discusión que muchas veces no es visible y otras se viste con ropaje científico.

Los acuerdos internacionales y nacionales que presionan para modificar los patrones actuales de producción y tecnología provocan, de forma inmediata, un giro en la orientación de las ganancias. Los dos casos que analizamos, el de la biodiversidad y el del cambio climático son elocuentes de ello. En el caso de la biodiversidad, los Estados Unidos rechazaron el acuerdo de Río por la presión de las transnacionales farmacéuticas que reclamaban participación en la patente del eventual material genético descubierto en los países del Tercer Mundo, como dijo el presidente Bush (padre) en su momento, “en cuanto a la biodiversidad es importante proteger nuestros derechos, nuestros derechos económicos” (citado por Karliner, 1997: 55). En el caso del cambio climático, las negociaciones pasaron rápidamente de las restricciones en las emisiones de gases de efecto invernadero a cómo negociar las cuotas y otros mecanismos de mercado. Esta transmutación de intereses en la contaminación física por intereses comerciales ha llevado a la pe-

riodista Rivera –experta en las negociaciones sobre cambio climático– a expresarse así:

Donde hace unos años prácticamente se hablaba tan sólo de aumento de la temperatura media de la Tierra, de impactos del cambio climático y de medidas políticas que debían tomarse, se discute ahora de cotizaciones en Bolsa, de créditos de emisión, del riesgo de que se formen monopolios, de vaivenes de mercados futuros y de pólizas de seguros para quien no pueda permitirse comprar esos créditos cuando le haga falta (Rivera, 2000: 166-167).

Desde la Cumbre de la Tierra realizada en Río de Janeiro en 1992 se han movilizado grandes sumas de dinero de las Naciones Unidas para enfrentar el cambio global. Estos fondos son administrados por el Banco Mundial, a pesar de las fuertes críticas que ha tenido por impulsar proyectos contaminantes. No es novedad que las grandes corporaciones transnacionales efectúan un fuerte *lobby* para orientar estos fondos en su beneficio, lo que ha llevado a la ecologista Vandana Shiva a decir que “los recursos financieros que van para el Fondo del Protocolo de Montreal para transferencia de tecnología son en efecto subsidios para Du Pont [y otros] y no para [que] el Tercer Mundo [reoriente su producción como estaba previsto]” (citado por Karliner, 1997: 51).

En un estudio sobre las grandes corporaciones y el medio ambiente, Karliner (1997) muestra cómo la presión de los movimientos ambientalistas y también de los gobiernos y reglamentaciones internacionales, fuerza a las grandes corporaciones, que son las que más contaminan el medio ambiente, a invertir grandes sumas de dinero en tecnologías de control, dando surgimiento a una “industria ambiental”. Según un estudio de la OECDE el mercado mundial del equipamiento y servicios ambientales alcanzaría en el año 2000 los 300,000 millones de dólares, y según uno de la Corporación Internacional de Finanzas, utilizando un criterio más amplio llegaba a los 600,000 millones de dólares. Si se considera que la industria de productos químicos es de 500,000 millones y la aeroespacial de 180,000 millones, puede verse que el llamado “negocio de lo verde” es promisorio (Karliner, 1997: 35).

La preocupación por el cambio climático también constituye una dimensión apropiada para la globalización política. Por primera vez en la historia, la humanidad es colocada frente a retos de escala planetaria. El clima afecta prácticamente cualquier actividad productiva así como la vida cotidiana y salud de la población mundial y los demás seres vivos, al mismo tiempo que cualquier actividad productiva tiene consecuencias climáticas. Y, por si esto fuera poco, ambas interrelaciones están marcadas por el hecho de su globalidad, de donde

las fronteras políticas y económicas deberían subordinarse a la lógica físico-natural. Se suma a esto que una nueva “conciencia ambiental” permite la concepción de las más variadas utopías, provenientes de los más diversos sectores, y a partir de las más distintas ideologías, ya que el problema es presentado como una contradicción entre la sociedad humana y su entorno físico-natural. Todos estos grupos pasan a tener un “enemigo” común o, mejor dicho, tienen la necesidad de recuperar un “amigo común” –el medio ambiente–, más allá de las diferencias. Esta es la base más sólida para el paso de la globalización económica a la globalización política, y los acuerdos sobre el medio ambiente son sólo el comienzo.

El resultado general al que llegamos es que la discusión sobre la crisis ambiental no puede restringirse a su nivel técnico, sino que debe incluir sus bases sociales, políticas y económicas. Una visión exclusivamente técnica significaría un control elitista y antidemocrático de un futuro *incierto* pero que corresponde a todos; también porque los aspectos sociales y políticos que están por detrás del conocimiento científico lo contaminan con intereses económicos que obligan a tomar con reserva sus resultados; por último, porque las interconexiones y sinergias que “el cambio global” conlleva, hace que las incertidumbres e imprevisibilidades sean amplias.