

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES
ECOLOGICAS DE LOS ANDES TROPICALES
CIELAT
Mérida, Venezuela.**

**BIODIVERSIDAD, SUSTENTABILIDAD Y
LA INVESTIGACION CIENTIFICA,**

Profesor Juan F. Silva

Julio 1996

BIODIVERSIDAD, SUSTENTABILIDAD Y LA INVESTIGACION CIENTIFICA,

Juan F. Silva

Julio 1996

1. La crisis ambiental-

En las últimas décadas, hemos presenciado el desarrollo progresivo y persistente de la crisis ecológica. Esta se ha caracterizado por:

- * la destrucción completa de vastas extensiones naturales para la explotación minera del subsuelo, tal como está ocurriendo actualmente en Guayana y en el Amazonas,
- * el reemplazo de ecosistemas naturales con monocultivos agrícolas cuyo mantenimiento demanda un constante influjo de fertilizantes y pesticidas
- la incorporación de cantidades crecientes de estos y otros compuestos a los flujos de circulación ecológica.

A pesar de su intensidad y frecuencia, estos disturbios se habían mantenido a un nivel local y regional. En ciertas regiones se contaminaron lagos, ríos y bosques con los efluentes industriales. Se destruyeron inmensas áreas forestales para fines agrícolas y pecuarios en los países ahora desarrollados. En las grandes ciudades del mundo el aire se ha vuelto irrespirable y el nivel de vida de la población urbana ha descendido rápidamente. Todos estos fenómenos locales han alcanzado tal intensidad y persistencia que el equilibrio global del ecosistema planetario está comenzando a resentirse. La crisis ecológica ya no es un problema de un país o de una región, ha pasado a ser una crisis global que amenaza con una degradación tal del delicado equilibrio físico-químico del planeta que afecta no solo a la sociedad humana sino a todas las manifestaciones de la vida en la Tierra.

2. La biodiversidad

Puesto que la vida en el planeta está organizada a varias escalas diferentes, y cada una de estas escalas o niveles de complejidad tienen propiedades más allá de las correspondientes a sus componentes, la diversidad biológica debía necesariamente ser definida incluyendo de manera explícita cada nivel de complejidad. Así, en los momentos actuales la diversidad biológica se define como:

- 1) La diversidad ecológica, es decir la diversidad de hábitats y ecosistemas.
- 2) La diversidad específica, es decir la diversidad de especies de animales, plantas y microorganismos.
- 3) La diversidad genética, es decir la diversidad de genes y de genotipos.

Sin embargo, cada uno de estos tres niveles no es fácil de definir y mucho menos sencillo de cuantificar. La diversidad genética tiene como fuente única la variación por mutaciones de genes existentes, lo que da origen a nuevos genes y su preservación posterior, principalmente como consecuencia de la selección natural.

La diversidad específica es producto del constante proceso de evolución por selección natural, que implica por una parte la aparición de variedades, ecotipos, subespecies y especies en un permanente proceso de diferenciación y especiación; y por la otra, la permanente extinción de grupos en cada una de éstas y superiores categorías taxonómicas. En cada ecosistema, cada especie desempeña varios papeles ecológicos e interactúa de manera activa con otras especies y con parámetros físicos del ambiente que le rodea. El número de especies presentes no proporciona ninguna información sobre el papel de cada una ni sobre la naturaleza de las interacciones. Además, en los ecosistemas se produce el fenómeno de la redundancia funcional de las especies. Esto quiere decir que muchas especies cumplen el mismo papel. Es como si se tratara de un coro, donde cada voz es cantada por un cierto número de cantantes.

¿Cuál es la importancia de esta redundancia en el funcionamiento de los ecosistemas?

¿Significa que puede reducirse el número de especies con poco riesgo para el funcionamiento del ecosistema? Si es así ¿cuáles especies pueden perderse?

¿O será que existen especies claves, cuyo papel es esencial para el mantenimiento del sistema en su conjunto? ¿Una especie de soprano extraordinaria cuyos registros ella y solo ella puede dar?

Debe ser cierto que si bien una especie particular coexiste con muchas otras funcionalmente similares en varios aspectos, puede ser única en alguno de esos aspectos. Y pudiera ser que esa función particular sea esencial para mantener las propiedades del sistema.

Paul y Anne Ehrlich¹ han resumido los valores de la biodiversidad en cuatro categorías, a saber:

- valor ético ó el Principio de Noé
- valor estético
- valor económico directo
- valor económico indirecto

¹Ehrlich PR & Ehrlich AH. 1992. AMBIO, 21(3)219-226

2.1 El principio de Noé

El valor ético significa que la especie humana, que es sin lugar a dudas la especie dominante del Planeta Tierra, tiene la obligación moral de preservar la existencia de la diversidad. Ehrenfeld ha llamado esta obligación el Principio de Noé, en referencia a su esfuerzo bíblico por preservar la diversidad de su época.

Esta obligación ética no se restringe a no destruir intencionalmente la existencia de las especies biológicas, sino también los habitats en que ellas existen. Ambos, especies y habitats cubren el planeta desde mucho tiempo antes que los humanos aparecieran.

Algunas religiones tienen bien establecido este deber moral, pero ni las religiones occidentales judeo-cristianas ni las bases éticas de la sociedad industrial moderna lo reconocen.

2.2 El valor estético

El valor estético de la naturaleza no es sólo digno de ser admirado y conservado, como lo hacemos con las obras de arte. Es además responsable en buena parte de la salud y el bienestar físico y mental (qué es uno solo) de la población humana.

Baste con comparar el stress de la gente de las grandes metrópolis carentes de la naturaleza original con la bonanza mental de quienes aún viven en contacto directo con la naturaleza.

El mundo no sólo es mucho menos interesante para contemplar sin los diseños y la perfección de la naturaleza, sino que es además mucho menos saludable.

2.3 El valor económico directo

El valor económico de la biodiversidad es sin duda el que ofrece mayor justificación pública para su preservación, pero también el más discutible.

Para convencer al público de la necesidad de preservar la naturaleza, se ha señalado que la existencia humana en casi todas sus manifestaciones depende de los productos que la naturaleza ofrece para el consumo y bienestar de nuestra especie. Alimentos, vestidos, medicamentos, vivienda, etc. provienen directamente de recursos naturales: plantas y animales son consumidos directamente como existen en la naturaleza, o son transformados en variedades para su cultivo; maderas y fibras, productos farmacéuticos, y otros forman una interminable lista de bienes naturales usados por la humanidad. Otros tantos pudieran ser utilizados en el futuro y representan un potencial económico considerable.

¿Por qué este enfoque es discutible?

a) se discute que la existencia humana en su forma presente depende directamente de un número relativamente pequeño de especies de plantas,

animales y microorganismos. Solbrig² sugiere que si listamos todas las especies de las cuales dependemos directamente en materia de bienes de consumo, posiblemente la lista no pase de un millar de especies. El argumento de que necesitamos la biodiversidad para subsistir es discutible.

b) por otra parte, la sociedad industrial moderna se ha desarrollado bajo la premisa de que el hombre es el amo de la naturaleza, puesta aquí por Dios para servirnos. El argumento económico para justificar la protección de la naturaleza promueve precisamente el concepto que ha motorizado su destrucción. Mucha gente se planteará que no hay ningún inconveniente en destruir una especie si ésta no es útil y mucho menos si es directamente contraria a los intereses económicos, como ocurre en el caso de las plagas.

El tema es importante y genera gran polémica. Uno de los argumentos a favor del valor económico de la biodiversidad, sobretodo la genética, se refiere a la protección que ésta brinda para preservar las fuentes de productos naturales frente a ataques naturales como enfermedades, epidemias, etc. La crisis de la papa en la Europa de fines de siglo pasado es un ejemplo de la vulnerabilidad de la agricultura moderna orientada a reducir la variabilidad genética de los cultivos en aras del lucro.

2.4 El valor económico indirecto

Esta categoría podría también llamarse el valor ecológico de la biodiversidad. Esta claro que la biosfera proporciona a nuestra especie un conjunto de productos naturales en cantidades y calidades adecuadas para una vida segura y cómoda. Este suministro depende del funcionamiento aceptable de los ecosistemas naturales. El argumento es que este funcionamiento depende a su vez de la biodiversidad.

Citemos algunos ejemplos de estos suministros esenciales, pero difíciles de cuantificar en términos económicos directos:

- la composición de la atmósfera con suficiente oxígeno disponible y con una capa de ozono que filtra los letales rayos UV.

- la vida sobre el planeta depende de la constante captación de energía, la cual no puede ser reciclada. Esta captación sólo puede ser realizada por un grupo de especies dotadas con los equipos moleculares necesarios: las plantas.

²Solbrig OT. 1992. Biodiversity and global change. Solbrig OT, van Emden HM & van Oordt PGWJ (Editors). pp. 13-20

- el suministro de agua depende del ciclaje de este compuesto tan esencial para la vida, y también para el desarrollo de las comunidades humanas. Este ciclaje está controlado por las plantas, las cuales transfieren enormes cantidades de agua desde el suelo a la atmósfera

- la agricultura depende de la existencia de suelos fértiles. Estos son contruidos y luego preservados por una gran variedad de organismos vivos trabajando acoplados en los procesos de digestión de la materia orgánica, que incluyen plantas, animales y microorganismos.

- los ecosistemas naturales y las especies que los forman dependen del reciclaje constante de materiales nutritivos con los que fabrican sus células. Ese reciclaje sólo es posible por la existencia y el funcionamiento adecuado de gran variedad de organismos vivos, algunos de los cuales son esenciales (irremplazables).

Hemos definido la biodiversidad como la variedad de entidades existentes, sean estas ecosistemas, habitats, especies ó genes.

¿En que medida el funcionamiento de los ecosistemas naturales depende de la diversidad?

En otras palabras, un ecosistema más diverso ¿funciona mejor que otro menos diverso?

Existen muy pocas investigaciones dirigidas a contestar este tipo de preguntas, y las evidencias para apoyar una respuesta positiva a esta pregunta son escasas. Ecosistemas muy diversos en cuanto a su composición específica, tienden a ser más discretos en cuanto a la diversidad de tipos funcionales. Esto significa, como ya hemos mencionado, que hay una redundancia funcional de especies, muchas especies desempeñan papeles similares en los flujos de energía y materiales y en los procesos ecológicos relacionados. ¿En que afecta a estos sistemas la desaparición de buena parte de esa redundancia con la extinción de muchas especies presentes?

Se ha postulado³ que la redundancia es un seguro contra cambios ambientales. Bajo determinadas circunstancias, algunas especies redundantes no van a funcionar adecuadamente, pero otras sí. El sistema asegura su funcionamiento estable a pesar de cambios físicos importantes.

Se ha encontrado que sistemas de muy baja diversidad funcionan mejor cuando se le añaden especies. Pero estas evidencias se refieren a rangos de variación muy estrecha y de muy baja diversidad.

La preservación de la diversidad de la naturaleza requiere de estrategias y de mecanismos. No basta con predicar la necesidad sino que hay que implementar los procedimientos. En la naturaleza, la preservación de genes, poblaciones,

³Chapin FS, Schulze ED & Mooney HA. 1992. TREE 7(4):107-108

especies y comunidades depende de la existencia estable de habitats. Por tanto cualquier estrategia debe tener como objetivo central la preservación de los habitats naturales.

Llama la atención que para proteger los habitats naturales se haya llamado tanto la atención sobre la biodiversidad, para que ahora tengamos que concluir que para proteger ésta lo que tenemos que hacer es impedir la destrucción de los habitats!

Entendida en su versión mas amplia, la biodiversidad es dentro de ciertos márgenes, una propiedad fundamental del ecosistema planetario. Su destrucción acelerada y su reemplazo con sistemas agrícolas o su degradación, representa una amenaza a la supervivencia de la vida, en particular la nuestra. Pero la atención del público debe traerse hacia el foco principal del problema:

para que la especie humana coexista en armonía con las demás, debe diseñar una nueva estrategia de desarrollo, que ha sido llamado el "desarrollo sustentable". Este debe ser diseñado e implementado. Y este es el verdadero reto del momento actual.

3. Sustentabilidad, uso sustentable y desarrollo sustentable.

Es conocida la definición que sostiene que sustentabilidad es una estrategia para el uso de los recursos naturales que permite a la generación actual satisfacer sus necesidades sin poner en peligro los suministros para las generaciones futuras⁴. Más que una estrategia, se trata en realidad de una aspiración, deseamos que exista una manera, una estrategia, de lograr un modus vivendi aceptable para esta generación sin detrimento de las generaciones futuras.

Los conceptos, sin embargo, pueden prestarse a controversias. Para algunos⁵ "desarrollo sustentable" es un imperativo social si significa "uso sustentable", pero si más bien significa "crecimiento sustentable", entonces es un imposible. Su pregunta básica en relación al crecimiento sustentable es si el crecimiento económico puede sostenerse sin crecimiento demográfico, sin crecimiento en el consumo de recursos y sin continua destrucción de los habitats naturales.

El concepto de "sustentabilidad", es utilizado a veces como un sinónimo de "uso sustentable", como por ejemplo en la definición de la Ecological Society

⁴ Gee H. 1992. The objective case for conservation. *Nature* 357 (6380): 639

⁵ Mangel, M., Hofman, R.J., Norse, E.A. & Twiss Jr., J. 1993. Sustainability and ecological research. *Ecological Applications* 3: 573-575.

of America⁶: “prácticas de manejo que no degradan el ecosistema en uso ni los adyacentes”.

En conclusión, estos términos son utilizados de manera imprecisa e intercambiable y se necesita mayor precisión. Uso sustentable, que no es otra cosa que el viejo concepto de “uso racional de los recursos naturales”, tiene la connotación de referirse a un recurso en particular: un ecosistema determinado, un recurso (población, suelo) determinado, etc. Desarrollo sustentable en cambio, plantea la noción del desarrollo de la sociedad humana sin hacer peligrar la existencia de los ecosistemas y de la biodiversidad que ellos contienen. Sustentabilidad es más bien una condición de algo: del uso, del desarrollo, etc. El uso sustentable de un cierto recurso pareciera entonces ser más un problema técnico que otra cosa. Tradicionalmente se ha reclamado que la investigación científica y tecnológica es el fundamento necesario para lograr el diseño de técnicas adecuadas de manejo de los recursos naturales. Pero los recursos no existen aislados, sino que están formando parte de una intrincada red de interacciones, no solamente con otros recursos, sino también y muy especialmente con la sociedad humana. Así pues parece muy difícil lograr, de manera aislada, el uso sustentable de un recurso por un tiempo suficientemente prolongado. El uso sustentable va a producirse en la medida en que se logren estrategias globales de usos sustentables, es decir, en la medida en que transitemos las vías del desarrollo sustentable.

El desarrollo sustentable debe resultar de vincular las ciencias del ambiente con las ciencias de la sociedad humana, una suerte de “socio-ecología” y “eco-tecnología” dedicadas a diseñar nuevas estrategias para el desarrollo. Pero como discutiremos más adelante esta vinculación contiene, o debe contener, un elemento esencial auto-transformador tanto de la sociedad como de la ciencia. La conexión entre ambiente físico y bienestar social puede ilustrarse fácilmente caracterizando la situación actual del planeta en términos de dos componentes: “desarrollo insostenible” y “pobreza intolerable”, como lo hace Gallopín⁷. Este autor señala que la afluencia económica de las sociedades industrializadas y de los sectores adinerados en el tercer mundo por una parte y la creciente pobreza de un amplio sector de la sociedad son los lados complementarios del patrón de desarrollo económico prevalente a nivel mundial. Este patrón prevalente está produciendo un deterioro creciente y a veces irreversible de los ecosistemas a nivel planetario.

No se trata entonces de introducir técnicas de uso sustentable para un recurso o para otro, sino de reemplazar las estrategias de desarrollo

⁶ Lubchenco et al, 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72: 371-412.

⁷ Gallopín, G.C. 1992. Impoverishment and Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development (IISD) Winnipeg, Canada.

dominantes por otras, por el desarrollo sustentable. Esta no es una opción, sino una absoluta necesidad⁷. El cambio requerido por el desarrollo sustentable no solamente afecta los aspectos políticos y sociales sino que requiere la transformación de la actividad científica como la concebimos en el actual sistema científico-tecnológico. En otras palabras, se requiere de una revolución social y científica para detener y revertir el proceso de destrucción acelerada del planeta. Estos dos aspectos son uno sólo para Capra⁸, quien en un acucioso análisis de la revolución cultural en ciernes sostiene que “la crisis actual no es una crisis de individuos, gobiernos o instituciones sociales; es una transición de dimensiones planetarias. Como individuos, sociedades y como civilización estamos llegando al punto de viraje”. Este proceso de transformación cultural implica una reformulación de valores sociales, políticos, éticos y científicos y en base a éstos, una reorganización social y cultural profunda y extensa.

4. La investigación científica y su contribución. Limitaciones y posibilidades.

Para muchos, la ciencia es la responsable del tremendo desarrollo industrial del mundo actual. Es cierto, pero es importante tener en cuenta que no es la única responsable. En realidad, la ciencia es una "herramienta para resolver problemas", la más poderosa herramienta con la que hemos contado hasta ahora.

La ciencia puede crear poderosas bombas nucleares, si para eso se la usa. También puede crear poderosas vacunas contra terribles enfermedades, si para eso se la usa. Es decir, la ciencia es un instrumento. Un bisturí puede ser usado para sanar a un paciente o para cometer un crimen.

No me refiero a que la ciencia podría ayudarnos a resolver la crisis, es que no tenemos otra alternativa. Necesitamos conocimiento científico. Sobre fuentes alternativas de energía, sobre enfermedades tropicales, sobre el funcionamiento de los ecosistemas, sobre maneras de incrementar la producción de alimentos sin los tremendos efectos colaterales negativos de la agricultura intensiva. Para lograr esos conocimientos tenemos que multiplicar los esfuerzos científicos de la sociedad. Orientada hacia nuevas soluciones para el desarrollo, la ciencia es sin duda el único instrumento disponible para producirlas.

Un grupo de ecólogos marinos con experiencia en pesquerías⁹ sostienen que las lecciones de la historia muestran que los recursos naturales son inevitablemente explotados, generalmente hasta el punto de colapso o

⁸ Capra, F. 1982. *The Turning Point*. Bantam Books, Toronto.

⁹ Ludwig, D., Hilborn, R., & Walters, C. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. *Science* 260: 17-36.

extinción. Para ellos, tres de las cuatro razones para que esto haya sido así, tienen que ver con la ciencia: 1) la riqueza genera poder político y social y éste es usado para generar más riqueza, es decir, promover la explotación sin restricciones; 2) la comprensión científica del problema es restringida por la falta de controles y réplicas (cada problema nuevo requiere aprender un nuevo sistema); 3) la naturaleza compleja de los sistemas físicos y biológicos no permite su manejo en base al enfoque reduccionista prevalente en la ciencia actual. 4) la variabilidad natural es tan grande que enmascara los efectos de la sobre explotación hasta que son severos y hasta irreversibles. Por si fuera poco, el consenso científico para evaluar el impacto de la explotación, necesario para legislar, no se logra aún después que el recurso ha colapsado. En la saga de esta discusión, Ludwig¹⁰ pone sobre el tapete la contradicción entre los deseos humanos (crecimiento demográfico y consumo per capita ilimitados) y la realidad (recursos limitados). Para Ludwig, la idea de desarrollo sustentable pertenece más al dominio de la magia que al dominio de la ciencias: la política de la multiplicación de los panes y los peces. El crecimiento económico ilimitado, que siempre ha procurado el rendimiento máximo, se ha fundamentado en un conocimiento científico muy limitado e incompleto pero presionado por las necesidades sociales. La ciencia se ha hecho cómplice de la magia, es decir del discurso político, y seguirá siendo cómplice hasta tanto confiese sus limitaciones y se plantee el problema prioritario: el estudio de la población dominante del planeta (la humana) que crece de manera exponencial e ilimitada. En síntesis, esta visión pesimista concluye en que el desarrollo sustentable no es un concepto útil ni una meta alcanzable y en que invertir dinero en investigación científica para lograrlo es un derroche¹¹, visión compartida por otros autores¹².

Los punto de vista de Ludwig y sus colaboradores han sido ampliamente discutidos y su pesimismo se achaca a que se han basado en el análisis de unos pocos casos, de notable fracaso, en el área de las pesquerías. El concepto de Rendimiento Máximo Sostenido (MSY en inglés) ha sido ampliamente usado para el manejo de pesquerías. Ahora hay un acuerdo generalizado en que dicho concepto es desafortunado: los científicos han sido incapaces de controlar la explotación y en consecuencia se han eliminado stocks de distintos peces tales como: bacalao, salmón, trucha, herring y ocean perch. Un enfoque optimista considera que las tres razones que Ludwig aduce como limitantes de la ciencia

¹⁰ Ludwig, D. 1993. Environmental sustainability: magic, science, and religion in natural resource management. *Ecological Applications* 3: 555-558

¹¹ Holling, C.S. 1993. Investing in research for sustainability. *Ecological Applications* 552-555.

¹² Ehrlich, P.R. & Daily, G.C. 1993. Science and management of natural resources. *Ecological Applications* 3: 558-560

están siendo progresivamente superadas¹³: 1) se están llevando a cabo experimentos en gran escala en una variedad de ecosistemas terrestres para evaluar las respuestas a perturbaciones y a distintos tipos de manejo; 2) se están haciendo esfuerzos exitosos para comprender problemas complejos y de gran escala mediante la combinación de enfoques interdisciplinarios que incluyen una mayor interacción entre los científicos naturales y los sociales; 3) los científicos están teniendo cada vez mayor éxito en separar los efectos de la sobre explotación de los que produce la variabilidad natural. Para este enfoque optimista, la ciencia se está moviendo en la dirección correcta mediante el diseño de nuevas tecnologías ecológicamente aceptables. Esto debe permitir y promover la transformación desde los esquemas de explotación vigentes hacia el desarrollo sustentable.

Mérida, Julio 1996

¹³ Mooney, H.A. & Sala, O.E. 1993. *Ecological Applications* 3: 564-566