

**FORO:
CIENCIA, SOCIEDAD Y CRISIS AMBIENTAL:
ALGUNOS ELEMENTOS PARA LA REFLEXION**

Juan F. Silva*

INTRODUCCION

En las últimas décadas, el desarrollo tecnológico se ha acelerado debido a la creciente interdependencia entre la investigación científica y la tecnología. Esto ha hecho posible grandes saltos adelante en la llamada "conquista de la naturaleza", con las revoluciones agrícola e industrial, orientadas a lograr un aumento sustancial de la productividad. Por lo tanto, el desarrollo de la sociedad industrial ha experimentado un avance vertiginoso. Simultáneamente con ese avance, hemos observado un alarmante aumento en los males sociales, la pobreza, la crisis educativa, la alienación, las guerras y las hambrunas. Los intentos que se han hecho para adelantar en la práctica, modelos alternativos de desarrollo, han terminado en el fracaso. La agresión no se limita a los seres humanos, sino que va más allá, atacando a todos los seres vivos y al ambiente físico en el cual vivimos. Se amenaza así la continuidad de la vida sobre el planeta.

¿Cuál es la justificación de este esquema? ¿Acaso el notable aumento de la productividad, logrado mediante el desarrollo de las modernas tecnologías agroindustriales, y a costa de grandes daños ecológicos, ha estado dirigido a satisfacer las necesidades alimenticias de la población humana?

Esta interrogante, a manera de botón de muestra, pretende plantear que el desarrollo tecnológico, fundamentado esencialmente en la investigación científica durante las últimas décadas, ha sido motivado por las mismas ansias de concentración de riquezas que motivaron la conquista y colonización europea del nuevo mundo.

La responsabilidad principal de la destrucción de los ecosistemas, pertenece sin embargo a la dirección política prevalente en nuestras sociedades, las del mundo tropical y subdesarrollado y las del mundo industrial, ambas motivadas por la idea de extraer ahora la mayor riqueza posible, sin importarles el mañana.

Dentro de este esquema, la investigación científica ha proporcionado una base de conocimientos de enorme importancia, que ha multiplicado la intensidad y la velocidad de ese desarrollo.

¿Cómo enfrentar esta crisis? ¿Existe alguna posibilidad, aunque remota, de detener este proceso de destrucción?

La discusión del problema requiere llamar la atención sobre algunos aspectos dignos de reflexión. Estos se presentan en forma sintética en el Recuadro 1.

* Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.

Indudablemente que el componente más importante de cualquier solución es político y social. No podremos detener este proceso, a menos que logremos que la sociedad, a escala mundial, reconozca la situación y decida buscar caminos alternativos, a reemplazar un sistema basado en la idea de extraer el máximo provecho en el mínimo tiempo, por otro, basado en la necesidad de satisfacer las necesidades humanas respetando la integridad física de la naturaleza.

En este nuevo enfoque, tanto el desarrollo tecnológico como la investigación científica, pueden jugar un papel importante.

Recuadro 1.

1. El acelerado desarrollo de la sociedad industrial ha sido impulsado por el desarrollo científico y tecnológico.
2. ¿Puede la ciencia ser utilizada para detener la crisis y reorientar el desarrollo?
3. Indudablemente que sí porque la ciencia es un instrumento para transformar la realidad, pero sus contribuciones, sólo serán positivas dentro de un contexto social y político diferentes al de la sociedad de lucro.
4. Una segunda restricción proviene de la naturaleza misma de la ciencia: carecemos de teorías ecológicas que integren a las sociedades humanas y al resto de la naturaleza en una comprensión predictiva de su dinámica global.

Contrariamente a la pueril idea de que la ciencia es intrínsecamente satánica, está demostrado que es un poderoso instrumento de transformación de realidades, y que en la situación actual es casi imperativo recurrir a ella.

Seguidamente voy a plantear algunas de las maneras cómo la investigación científica puede contribuir a recuperar y conservar el ambiente, en el cual incluyo a la especie humana y su acervo cultural.

Estas distintas líneas de acción difieren en importancia, pero debo insistir en que estas contribuciones sólo podrán ser importantes dentro de un contexto social y político con valores diametralmente opuestos a los actuales.

EL AMBIENTE Y LA CIENCIA

La revolución verde, es decir, el impresionante desarrollo de la tecnología agroindustrial, sustituyó una gran variedad de ecosistemas naturales con campos de monocultivos. Para aumentar la eficiencia económica del proceso, no sólo mecanizó la actividad, sino que desarrolló un poderoso arsenal de productos químicos para alentar el crecimiento de los cultivos y para destruir aquellos consumidores distintos al humano así como a las otras plantas competidoras.

Como resultado, se han destruido una porción muy importante de habitats silvestres y se han contaminado las aguas y la atmosfera. Lo que es más importante, se han cambiado los hábitos y las demandas de la población, para hacerlas cada vez más dependiente del consumo de ciertos, y únicamente de ciertos, productos. Estos productos tienen características tales que los hacen más susceptibles a los procesos de industrialización. Es decir, la revolución verde nos ha condicionado y ha reducido sensiblemente la variedad de la cesta alimenticia humana.

En la base misma de nuestra cultura se ha creado el paradigma del conquistador de la naturaleza. En nuestras universidades se ha enseñado como meta deseable a un planeta transformado en un inmenso campo de cultivo, preferentemente de una sola variedad, el alimento totipotente que por si solo pueda satisfacer todas nuestras necesidades.

Recuperarnos de esta situación parece una tarea extremadamente difícil para los más optimistas, aun cuando los poderosos recursos tecnológicos y científicos sean puestos al servicio de la reconstrucción y defensa del ambiente. No ha sido fácil desarrollar los mecanismos de la destrucción. Va a ser aún más difícil, si es que existe alguna posibilidad, desarrollar aquellos de la recuperación.

Cabe destacar que la alarma más sonora sobre la gravedad de la situación ambiental en el planeta proviene precisamente del sector científico, y muy en particular de los que hacen investigación básica en ecología y biología. Estos han comenzado ya a trabajar, con distintas estrategias, para tratar de hacerle frente a la crisis. Uno de los programas a destacar es el de la Sociedad Americana de Ecología, denominado "Iniciativa para una Biosfera Sostenible" (SBI, en ingles) (Lubchenco *et al.* 1991). ¿Cuáles son esas estrategias?

Podemos resumirlas en cuatro grandes grupos que se presentan en el Recuadro 2.

Recuadro 2.

1. Evaluación del impacto:

Descripción y documentación del deterioro de ecosistemas por el uso.

2. Protección o conservación:

Relaciones entre tamaño de las poblaciones, su supervivencia de especies y su variabilidad genética con el tamaño y continuidad de las áreas protegidas.

3. Recuperación o restauración:

¿Cómo se recuperan las poblaciones, componentes del ecosistema, y ecosistemas completos amenazados de extinción?

4. Amortiguación del impacto:

¿Cómo se implementa el "desarrollo sostenible"?

EVALUACION DEL IMPACTO

Desde hace unas décadas, se ha puesto especial empeño en documentar la magnitud del impacto del desarrollo industrial humano sobre ecosistemas del planeta. Esta evaluación ha implicado una serie de estudios de casos donde se documenta la destrucción y reemplazo de habitats naturales, la contaminación, erosión y otros procesos destructivos y sus consecuencias en términos de pérdida de la capacidad productiva, de la extinción local de especies antes abundantes y en general en la calidad del medio físico para sostener la vida.

Los resultados de estos estudios han puesto de manifiesto el avance de procesos tales como la deposición ácida, la desertificación, la erosión, la reducción de la biodiversidad y la explosión de las mismas plagas que se han tratado de combatir.

Este conocimiento ha alertado, en primera instancia a los mismos científicos, y seguidamente a otros sectores de la sociedad, iniciando procesos de organización social para la lucha en defensa del ambiente. Ha sido en buena parte como consecuencia de estos estudios que las otras estrategias para enfrentar la crisis han comenzado a atraer interés. Uno de los resultados ha sido la cuantiosa inversión de recursos financieros y humanos, dedicados al inventario de especies biológicas y más recientemente a la creación de bases de datos computarizadas.

El impacto ambiental se ha extendido con tal fuerza que amenaza con producir cambios irreversibles en las condiciones ecológicas a nivel planetario.

Esto que se ha dado en llamar "cambio global", representa una amenaza de proporciones incalculables para la biota, y sobre todo para las poblaciones humanas.

Un gigantesco esfuerzo científico se está comenzado a desarrollar, con la participación de investigadores de diversas disciplinas y de muchos países del mundo, para conocer y predecir las consecuencias de los cambios en la composición de la atmósfera y en las condiciones climáticas del planeta (ICSU-IGBP 1990).

MECANISMOS DE PROTECCION

Esta estrategia se ha venido llamando Conservación de los Recursos Naturales Renovables. La línea de conservación antecede al estallido de la crisis, pero su desarrollo estuvo limitado a la creación de áreas protegidas, con exclusión de casi todo tipo de uso. En los últimos 20 años, la protección como estrategia ha planteado un conjunto de preguntas y problemas que requieren el concurso de la investigación científica.

Por una parte es imposible detener la ocupación humana de muchas áreas de especial interés biológico, y por la otra, existe la dificultad de proteger inmensas áreas continuas de vegetación natural. La investigación viene trabajando sobre preguntas relacionadas con el tamaño mínimo de las áreas protegidas, las consecuencias de su discontinuidad, las implicaciones del tamaño de las poblaciones en relación a su supervivencia y a su diversidad genética, etc. Igualmente, encarando problemas relacionados con el diseño de sistemas de producción ecológicamente aceptables, para lo cual se han comenzado a estudiar de manera científica sistemas tradicionales de explotación de los recursos, hoy también amenazados de extinción.

Al igual que en el caso anterior, la investigación científica de estos temas ha ido de la mano con iniciativas sociales que se traducen en la creación y desarrollo de organizaciones privadas para la defensa de la naturaleza, el boom de las ONG (Organizaciones no-gubernamentales), que no se han limitado a las campañas de concientización y educación de la sociedad, sino que han tomado en sus manos la tarea de crear y proteger áreas de su propiedad y de financiar y hasta realizar investigaciones en esas áreas.

En Venezuela, si bien se ha avanzado en el proceso de creación de parques nacionales, se está bien retrasado en cuanto a los mecanismos para su protección y al desarrollo de la base logística que promueva el desarrollo de investigaciones en las áreas protegidas.

RESTAURACION

Una tercera línea es la recuperación o restauración del daño. Esta se puede referir al menos a tres niveles de acción, como se resume en el Recuadro 3.

En la actualidad, se adelantan investigaciones de la más variada índole (Wilson 1988). Por ejemplo, en laboratorios de biología molecular se investigan los problemas de mantenimiento artificial de bancos de genes, el uso de técnicas como cultivos de tejidos y clonaje de tejidos vegetales. Mientras algunos ecólogos de campo estudian la biología reproductiva de especies sin interés comercial y otros tratan de comprender el papel que esas especies juegan en la dinámica de los nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad del sistema. Al nivel de las comunidades, se trata de contestar preguntas de tanto valor aplicado como por ejemplo ¿hasta dónde puede una especie reemplazar a otra sin que el sistema se altere sensiblemente?

En esta línea de restauración, como en otros casos, se proponen soluciones tecnológicas sin ningún conocimiento previo o en todo caso, basadas en el conocimiento de otras situaciones completamente diferentes. Tal es el caso de las tecnologías de reforestación con especies exóticas, las cuales son viables en algunos casos, pero sin que se puedan prever cuáles van a ser sus verdaderas consecuencias. Esta práctica generalmente no implica recuperación de un ecosistema forestal dañado, sino invasión de un ecosistema no forestal, por un mono-cultivo de árboles. A pesar de los reclamos conservacionistas con que se adorna, implica el reemplazo de un habitat y por tanto, seguramente, la extinción local de muchas de sus especies.

Recuadro 3.

Niveles de acción para la recuperación:

- a. el de las poblaciones (y especies) ¿Cómo se recupera una especie en peligro de extinción?
- b. al de componentes del ecosistema ¿Cómo se recupera la fertilidad natural de un suelo exhausto?
- c. al nivel de ecosistema ¿Cómo se restaura un manglar destruido?

AMORTIGUACION DEL IMPACTO

La cuarta línea es la amortiguación del impacto. Esta es sin duda la de mayor importancia, ya que de nada vale documentar, conservar o recuperar algunas áreas, si la tasa de destrucción se mantiene. Es necesario explorar vías alternas que permitan una producción aceptablemente alta a cambio de reducir el impacto sobre el ambiente. Esto es lo que se ha dado en llamar la estrategia del "desarrollo sostenible".

Esta estrategia se enfrenta con los siguientes problemas:

- a. una demanda en dramático ascenso (la población crece aceleradamente).
- b. la necesidad de al menos mantener los niveles actuales de productividad, y
- c. los problemas de equitatividad social generados en un sistema de lucro, donde importa más la ganancia de los financiadores e intermediarios que el abaratamiento de los alimentos producidos.

En cada uno de estos frentes, la investigación científica y la tecnología están siendo utilizados. En ellos, más que en cualquiera de los anteriores, la importancia de los parámetros sociales y políticos es absolutamente dominante, y el papel de instrumento que tiene la ciencia es puesto de relieve.

La necesidad de diseñar estrategias de desarrollo que mantengan la integridad del ambiente es un reto de enormes proporciones. Para la ciencia, impone la demanda de integrar de manera conceptual y operativa lo que venimos llamando "ciencias naturales" y "ciencias sociales", es decir, terminar de comprender que la especie humana es igualmente una especie biológica y un animal social. Esto implica que por una parte las sociedades humanas no pueden ser examinadas en contextos y con paradigmas distintos al resto de la naturaleza, y por la otra, que estos paradigmas tienen que ser contruidos con la inclusión de las sociedades humanas.

EL PAPEL DE LAS TEORIAS

Todos los aspectos enunciados arriba se interrelacionan estrechamente en ambos planos, el socio-político y el científico. Evaluación, Protección, Recuperación y Amortiguación no sólo requieren de un conocimiento de los componentes del sistema, es decir de las especies biológicas y los factores físicos con las que interactúan, sino también y muy especialmente, del conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas. Todos, los naturales, los intervenidos y los ecosistemas de reemplazo. Y cómo se interconectan en su dinámica.

Es aquí donde el enfoque descriptivo pierde su utilidad. No podemos atacar la tarea de comprender estas interrelaciones funcionales mediante la mera descripción de los fenómenos. Necesitamos de la teoría ecológica.

¿Por qué es imprescindible desarrollar teorías ecológicas?

La ciencia fundamenta sus interpretaciones de la realidad mediante el uso de teorías. Y las teorías son conjuntos coherentes de interpretaciones de la información existente, permitiéndonos disponer de un modelo funcional y predictivo de la dinámica de un sistema. Las teorías

están en constante proceso de génesis y fortalecimiento y de degradación y reemplazo, pero en ese proceso guían a la investigación, a la formulación de hipótesis y al diseño experimental. Sin las teorías, la investigación es una nave al garete.

En la era de la ciencia, las tecnologías del uso y abuso de los recursos naturales se han relacionado estrechamente con las teorías científicas. A su vez, éstas se han desarrollado en íntima relación con las demandas de la sociedad donde los científicos existen. La demografía y sus teorías iniciales se desarrollan en relación con las necesidades actuariales y el desarrollo de las aseguradoras. Las teorías sobre el crecimiento de las poblaciones y sobre el crecimiento de las plantas se han nutrido esencialmente de conceptos prácticos como la cosecha, la competencia de malezas o el control de vectores de enfermedades. La teoría de la sucesión vegetal se vinculó desde sus inicios al problema del manejo de ecosistemas naturales, especialmente aquellos dedicados al pastoreo de ganado.

Estas teorías exploran aspectos que son esenciales para el desarrollo de la sociedad industrial moderna, tal como la hemos descrito. Los cuatro grandes aspectos mencionados arriba son marginales al foco de estas teorías, varias de las cuales han caído ya en el desuso, están en crisis junto con la sociedad que les dio origen.

NECESIDAD PRIORITARIA: EL DESARROLLO DE NUEVAS TEORIAS

Está claro que necesitamos desarrollar teorías ecológicas y que ésta es una necesidad prioritaria. Orientadas hacia los aspectos de funcionamiento de los ecosistemas como grandes complejos interrelacionados, donde las sociedades humanas coexisten con las demás especies.

En concreto, priorizamos el desarrollo de una Teoría de la Dinámica de los Ecosistemas. Esta teoría debe darle énfasis a los siguientes aspectos:

- a. la capacidad de respuesta de los ecosistemas a los cambios regionales y globales, en función de las características de su biota.
- b. las propiedades de estabilidad y elasticidad de los ecosistemas y su relación con la biodiversidad.
- c. los condicionantes de los cambios direccionales que experimentan los ecosistemas.
- d. el papel de los componentes del ecosistema (especies, factores físicos) en el mantenimiento de sus propiedades.

Lo anterior implica que la Teoría debe integrar dos escalas, a saber: la escala de las grandes unidades naturales, de los ecosistemas, y la escala de los detalles, es decir de las poblaciones y los individuos que las integran. En la primera escala se comprueban las predicciones sobre las respuestas de los sistemas y en la segunda, los procesos que la explican.

La integración de estas dos escalas hará viable el desarrollo de sistemas de manejo y utilización de los recursos naturales, permitiendo la preservación de la diversidad natural.

En los últimos años, se viene trabajando desde distintos ángulos en lo que podemos llamar la gestión de teorías científicas en esta dirección. En cierto modo, el desarrollo de estas teorías

ecológicas, conjuntamente con la consolidación de las teorías moleculares de la vida y de la teoría de la evolución moderna, marcan la transformación de la biología en este siglo.

EL CONTEXTO SOCIAL ACUTAL

El desarrollo de la investigación científica alrededor de estos problemas, y sobretodo el que ese desarrollo alcance el nivel de formulación de teorías generales que guíen tanto la investigación como la formulación de estrategias de manejo, requiere de una demanda social y del apoyo político.

¿Cuál es la situación actual en este aspecto?

El apoyo político ha crecido sustancialmente en los organismos internacionales tales como la UNESCO y su programa EL HOMBRE Y LA BIOSFERA (Young e Inshwaran 1989). En particular, debemos mencionar el establecimiento de un marco de referencia para los programas auspiciados por la UNESCO, que se orientan hacia la interfase de lo que en inglés se conoce ya como las tres E: ENVIRONMENTAL INTEGRITY (Integridad del ambiente), ECONOMIC EFFICIENCY (Eficiencia económica) y SOCIAL EQUITY (Equidad Social) (Young e Inshwaran 1989). Aun cuando todavía estas políticas se adaptan al paradigma social del lucro, la inclusión de las otras dos Es, es muy significativa.

Los organismos internacionales, gubernamentales o privados, están poniendo cada vez mayor énfasis en las ideas de orientar las prioridades científicas hacia el desarrollo de las bases del conocimiento y comprensión, necesarios para enfrentar la crisis ambiental y diseñar nuevas estrategias de desarrollo. Sin embargo, a nivel de los gobiernos, todavía prevalecen otras prioridades, tales como la guerra. En los países subdesarrollados, como es el caso nuestro, la estrategia para el desarrollo está copiando los esquemas del mundo industrial desarrollado, con sus cargas de valores y de resultados ambientalmente catastróficos. Sin desconocer la interesante evolución del sector oficial venezolano en relación al ambiente, las políticas estratégicas del CONICIT se fundamentan en la idea de desarrollar la capacidad científica endógena en función de las necesidades de las empresas productivas y de servicio, y en un todo de acuerdo con las políticas de desarrollo del gobierno nacional, que como sabemos tienen como prioridad la reconversión industrial.

En conclusión, a pesar de la rápida evolución de lo político y social en relación a la crisis ambiental y al papel de la investigación científica, estamos todavía en una etapa incipiente. La contribución de la ciencia enfrenta dos severas restricciones: la necesidad de un cambio en la orientación de la sociedad y la necesidad de desarrollar un cuerpo teórico para sustentar una nueva manera de relacionar a la sociedad humana con el resto de la naturaleza.

REFERENCIAS

- ICSU-IGBP. 1990. The international Geosphere-Biosphere Programme: A Study of global change. Report # 12.
- LUBCHENCO, J. *et al.* 1991. The sustainable biosphere initiative: An ecological research agenda. *Ecology* 72:371-412.
- WILSON, E.O. (ed.). 1988. Biodiversity. National Academy Press. Washington, 521 pp.
- YOUNG, M. and N. ISHWARAN. (edes.). 1989. Human investment and resource use MAB Digest. Unesco, Paris.