

Un marco de referencia sistémico
para el problema ambiental

Sr. Luis F. Capurro S.
Universidad de Chile

Talvez uno de los aspectos más significativos de nuestro mundo actual sea su extraordinaria complejidad; vivimos sumergidos en un mar de elementos, relaciones, interacciones y combinaciones comprometidas en el funcionamiento de los grandes sistemas naturales. La genial intuición que tuvo el hombre en sus primeras etapas de hombre cultural ha dado paso a una realidad que ha superado todas las expectativas y las fantasías humanas; sin embargo sus consecuencias siguen aún vigentes.

En efecto, desde que el hombre se dió cuenta de la extrema complejidad de la realidad que lo circundaba, de su incapacidad de comprenderla como un todo comenzó a dividirla en pequeñas áreas susceptibles de ser percibidas y analizadas mediante una metodología específica e interpretada mediante un sistema coherente de ideas, conceptos, principios y generalizaciones. Así nacieron las múltiples ciencias naturales y sociales y las llamadas "ciencias de encrucijada" que se sitúan en la frontera de otras ciencias. No hay duda que este enfoque analítico de la realidad ha sido el gran motor que ha llevado al grandioso desarrollo de las ciencias, en especial, de las Ciencias Naturales y de sus implicaciones tecnológicas, que afectan de una en otra manera el quehacer y la visión del mundo del hombre de hoy. Pero, no es menos cierto que, por este sendero de la especialización hemos llegado a una superespecialización tan extraordinaria que se hace cada día más difícil entender la nomenclatura y la alta y compleja conceptualización que se ha alcanzado

en determinados aspectos de la investigación y que crea una condición de incomunicación entre estos superespecialistas y el resto de la humanidad. Por otra parte, la entrega asistemática de abundante y actualizada información científica por los medios de comunicación masiva y sujeta más a la entrega de noticias espectaculares que a una participación de la verdad científica, está creando una grave distorsión y confusión en gran parte de los seres humanos ya que estos carecen de marcos de referencia conceptuales adecuados en que ubicar cada hecho o avance científico de último minuto y, por lo tanto, no son capaces de manejar un sistema coherente de ideas, conceptos, principios y generalizaciones que les permita responder racionalmente en términos de actitudes, valores y conductas y comprender los efectos de todo tipo que esos avances tienen. De la misma manera, y en lugar de ser actores en las nuevas situaciones creadas, pasan a ser sólo espectadores llenos de temores, dudas y frustraciones frente a una realidad que intruyen pero que se les escapa de las manos y contemplan el acontecer mundial cada vez con mayor ansiedad.

Por otra parte, la gran expansión y diversificación del saber contemporáneo y la enorme cuantía que ha alcanzado la información científica y tecnológica, que aumenta en proporción geométrica, han llevado a la humanidad a lo que se ha dado en llamar la civilización del cambio. En efecto, el mundo de hoy se caracteriza fundamentalmente por la aceleración, la novedad y la diversidad de los cambios desencadenados por el vertiginoso desarrollo científico y tecnológico de las últimas décadas y por las múltiples y variadas implicaciones sociales, psicológicas, económicas, políticas, culturales, éticas y estéticas que ellos generan en las sociedades humanas actuales.

Expresión de esta velocidad de los cambios son: primero la afirmación responsable que se suele hacer de que el 80% de lo que se sabía a fines de este siglo está aún por descubrirse y segundo la forma

espectacular en que se han ido acortando los plazos que separan el momento de un descubrimiento y el momento de su aplicación extensiva. El cuadro siguiente muestra la veracidad de esta afirmación:

Descubrimiento	Tiempo que demoró su aplicación extensiva
Sección cónica	2.000 años
Anestesia por éter	500 años
Imprenta	150 años
Fotografía	112 años
Teléfono	57 años
Transistor	2 años

Estos son los factores que hacen que el hombre se vea enfrentado a un número cada vez mayor de problemas que tiene como denominador común una complejidad creciente generada por el gran número de variables comprometidas y por la rica y complicada trama de interacciones e interdependencias que entre ellas se establecen y que permite identificar esos problemas en cada ambiente concreto. Con cuanta razón Joel de Rosnay ha dicho "En este momento el hombre se ve enfrentado a un nuevo infinito; a más de lo infinitamente pequeño, el mundo de los átomos, moléculas, macromoléculas, ondas, virus y células y de lo infinitamente grande, el mundo de las estrellas, los planetas y las galaxias, está lo infinitamente complejo, en el sentido de la gran cantidad de variables implicadas en cada situación problemática y de la dificultad actual para interpretar y predecir los acontecimientos por desconocimiento de las leyes que rigen sus interrelaciones. Es impresionante el número extraordinariamente grande y la prodigiosa variedad de elementos, relaciones, interaccio-

nes y combinaciones que están comprometidas en el funcionamiento de los grandes sistemas naturales; antes era el hombre quien, con ayuda de los microscopios ópticos y electrónico y de muchas otras técnicas, muy sútiles a veces, observaba e investigaba el maravilloso microcosmos de la célula, virus, moléculas, átomos y ondas cuya complejidad resulta predecible dado la constancia de las leyes que los rigen. Ahora, en cierto modo, el hombre ha pasado a ser parte integrante, una minúscula parte, de ese organismo gigantesco que es la humanidad actual. De allí que debamos poner todo nuestro esfuerzo y nuestro interés en la investigación de los sistemas que nos engloban con el objeto de lograr comprenderlos y manejarlos adecuadamente antes que nos destruyan".

¿Como no ha respondido la Educación a esta situación, hasta el momento?

Estructurando los currícula sobre la base de un cierto número de asignaturas que funcionan aisladamente, en la esperanza de que el conocimiento de cada área específica permitirá que, cuando el sujeto humano se enfrenta a un problema determinado; sea capaz de reunir en forma adecuada toda la información pertinente y proyectarla hacia su solución; pero al mismo tiempo, las instancias que el proceso educativo proporciona para lograr una eficiente capacidad de integración son mínimas.

Además, la formación educacional analítica que recibimos como producto del sistema educacional vigente es la que nos induce al análisis aislado de las diversas variables implicadas en un problema y de acuerdo con la metodología y el sistema de ideas, conceptos y principios que caracteriza a cada ciencia particular. Al margen de la precisión y validez de cada uno de estos enfoques, al análisis de una variable aislada significa considerarla en forma artificial por cuanto hacemos abstracción de la rica y compleja trama de alteraciones e interdependencias

que la unen indisolublemente al resto de las variables comprometidas. Por otra lado, si extraemos una variable de un problema para ser estudiada según la metodología de la ciencia que corresponde a su naturaleza distorsionamos el problema que, por su complejidad, debe ser considerado, como un sistema de variables, es decir, un conjunto de unidades interactuantes e interdependientes que forman un todo unificado, integrado. Y paradójicamente para lograr un manejo adecuado de un problema, más importante que el propio conocimiento de sus variables componentes es la comprensión de la trama de interacciones e interdependencias que allí se generan. Y nosotros, en cambio, estamos empeñados permanentemente en la construcción de un mosaico yuxtaponiendo los datos proporcionados por las diversas informaciones puntuales.

Es por esto que, aunque el ser humano dispone cada día de mayor cantidad y calidad de información específica, es cada vez menos capaz de manejarse con éxito ante los problemas acuciantes que desafían a las sociedades humanas de nuestro tiempo. Alguien ha llegado a decir que a pesar de que estamos abrumados por montañas de información, ya que este crece exponencialmente, hoy día somos más ignorantes que nunca.

Los antecedentes expuestos nos llevan a dos conclusiones:

1. Cada ciencia particular es actualmente incapaz de manejar los complejos problemas actuales y proponer soluciones racionales frente a ellos.
2. Se hace a cada instante más necesario un enfoque multi, inter y transdisciplinarios de los grandes problemas humanos, lo que significaría aceptar que, si bien es cierto que la disciplinariedad aparece como una condición necesaria, pero no suficiente del progreso científico, ella debe complementarse con el enfoque interdiscipli-

narios, existe una gran confusión acerca de su verdadero alcance.

En un seminario organizado por la O.C.D.E. dedicado al tema se trató de reunir los aportes de diferentes participantes acerca de los grados de integración disciplinaria:

- a. Una disciplina aporta una ley a otra que la redefine en su propio contexto. Es la llamada interdisciplinariedad lineal.
- b. Hay disciplinas que utilizan los mismos instrumentos de análisis: modelos por computadoras, estadísticas, etc. que, por su valor formal, pueden ser incorporados a distintas áreas del conocimiento aún muy dispares. Es la llamada pseudo-interdisciplinariedad.
- c. La solución del problema requiere informaciones tomadas de una o más disciplinas; es decir, estas disciplinas auxiliares aportan sus conocimientos a otras, aunque no en forma permanente. Hay a veces, un intento de reformulación de los campos disciplinarios implicados aunque sin llegar a cambios estructurales. Es la multidisciplinariedad.
- d. Las disciplinas están relacionadas entre sí con reciprocidad de intercambios y una cierta interacción que se sitúa tanto en el nivel de los objetos del conocimiento como en el de los conceptos y los métodos. Las disciplinas se apoyan entre sí parcialmente creando una especie de correspondencia que pasa a constituir un objeto en sí mismo. Cada una de ellas restringe, en cierta medida, el campo de la otra ya sea en el aspecto técnico, económico o humano, delimitando una zona de factibilidad. Es la llamada interdisciplinariedad, aunque algunos autores agregan: complementaria o restringida.
- e. Las relaciones entre las diversas disciplinas se sitúan en el interior mismo de un sistema total, sin fronteras entre ellas. Corresponde a un nivel de coherencia cada vez más alto entre los campos

de estudio a partir de un acercamiento mutuo de los niveles de integración teórica y metodológica. Esta unión desemboca en la creación de un nuevo cuerpo de leyes, que van a constituir un dominio original, no reducible a la reunión formal de las ciencias que lo hay generado. Es la llamada transdisciplinariedad.

A este propósito recordemos que el hombre no solo ha utilizado el enfoque analítico para percibir e internalizar la realidad en todo su complejidad y que permite conocer cada uno de los elementos constitutivos de un conjunto, si no que ha usado también un enfoque sintético que trata de comprender al conjunto en la relación de sus partes. Y esto no pudo ser de otra manera porque aportes recientes de la Neurofisiología han dado una base orgánica a esa dualidad al descubrir la diferenciación funcional de los dos hemisferios cerebrales. Uno controla los procesos que permiten la lectura, la palabra y el cálculo, dicho en otras palabras, es la sede del análisis y de la precisión, de lo racional. El otro hemisferio, de manera complementaria, controla la integración y la síntesis; permite la intuición debido al manejo de símbolos, analogías, imágenes y modelos. Por consiguiente, en la solución de los problemas el hombre hace intervenir dos categorías funcionales del cerebro: una es analítica y trata la información de una manera secuencial, la otra es intuitiva y trata las informaciones de manera simultánea.

El siguiente esquema compara las características fundamentales del enfoque analítico y del enfoque sintético:

Enfoque Analítico

1. Aisla; se concentra sobre los elementos.

Enfoque Sintético

1. Relaciona, se concentra sobre la interacciones de los elementos.

- | | |
|---|---|
| 2. Considera la naturaleza de las interacciones | 2. Considera los efectos de las interacciones. |
| 3. Se basa en la precisión de los detalles | 3. Se basa en la percepción global |
| 4. Modifica una variable a la vez | 4. Modifica simultáneamente grupos de variables. |
| 5. Independiente de la duración, los fenómenos considerados son reversibles | 5. Integra la duración y la irreversibilidad. |
| 6. La validación de los hechos se realiza por la prueba experimental en el marco de la teoría | 6. La validación de los hechos se realiza por comparación del funcionamiento del modelo con la realidad. |
| 7. Modelos precisos y detallados, aunque difícilmente utilizados en la acción. | 7. Modelos insuficientemente rigurosos para servir de base a los conocimientos pero utilizables en la acción. |
| 8. Enfoque eficaz cuando las interacciones son lineales y débiles | 8. Enfoque eficaz cuando las interacciones son no lineales y fuertes. |
| 9. Conduce a un aprendizaje por disciplinas. | 9. Conduce a un aprendizaje pluri-disciplinario. |
| 10. Conduce a una acción programada en sus detalles. | 10. Conduce a una acción por objetivos |
| 11. Conocimiento de los detalles, objetivos más definidos. | 11. Conocimiento de los objetivos; detalles borrosos. |
| 12. Ha llevado al desarrollo y a la diversificación de las disciplinas. | 12. Ha conducido a la búsqueda de relaciones interdisciplinarias y a los enfoques integradores. |

Según Vadim L. Deglin, la personalidad y los modos de percepción de un individuo dependen de cual de ambos hemisferios está más desarrollado lo que puede deberse a la información genética heredada o a la educación.

Teniendo en mente los antecedentes ya expuestos, recordemos que el Medio Ambiente es un sistema complejísimo en el cual intervienen variables físicas, químicas y biológicas correspondientes al llamado medio ambiente natural y variables sociales, psicológicas, económicas y culturales introducidas por el hombre cultural lo que da origen a una trama complejísima de interacciones e interdependencias.

Los Ecosistemas naturales son sistemas automáticos en el sentido de que son capaces de detectar información, de transmitirla mediante un medio informacional adecuado y organizarla en forma de modelos de relación que tienden al óptimo. Cuando esta relación se desvía del óptimo el modelo también se altera y esta alteración puede ser utilizada para orientar el curso de acción necesario y para detectar cualquier modificación posterior con el objeto de alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Mecanismos de feed back negativos intervienen en la mantención del equilibrio mediante la estabilización del sistema, permitiendo su convergencia hacia un fin y haciendo posible un comportamiento adaptativo que se traduce ya sea en la mantención de un nivel, la mantención de una concentración, la mantención de una temperatura, etc.; es decir, se comportan como sistemas cibernéticos.

Producido el disturbio y la consiguiente adaptación sobreviene un reajuste general de todos los componentes de ecosistema que, como sabemos, están estrechamente conectados con el objeto de restaurar su estructura básica. Los ecosistemas naturales son sistemas autoregulables, es decir, han desarrollado finos mecanismos autoreguladores a lo largo de

millones de años de evolución. Esto nos permite hablar de un equilibrio dinámico u Homeostasis Ecológica, es decir el sistema oscila permanentemente en torno a una posición de equilibrio que no se alcanza jamás.

El hombre, gracias a su dualidad biológica-cultural, tiene una posición frente al medio ambiente, por un lado, es parte integrante del medio ambiente natural porque allí apareció y evolucionó como especie hace ya un millón o más de años. Por otro lado, gracias a su evolución cultural y, en especial, a su extraordinario avance científico-tecnológico se ha convertido en el mayor factor modificador o manipulador que jamás haya existido.

El extraordinario poder tecnológico de que dispone lo ha llevado desde hace algún tiempo a sustituir los mecanismos autorreguladores de los ecosistemas naturales por innovaciones tecnológicas cada vez más sofisticadas, con lo cual ha estado destruyendo la diversidad original que es la base de la estabilidad de la organización ecosistema y dando origen a Ecosistemas artificiales inestables y vulnerables que obligan a introducir en forma permanente insumos de materia-energía. En este proceso fundamental está la base del deterioro del medio ambiente que caracteriza a la problemática que desafía al hombre de hoy.

Todo lo anterior significa que cuando analizamos un ecosistema humano tenemos que considerar, tanto las variables relacionadas con las biogeestructuras, el entorno y los sistemas externos incidentes como las variables culturales como si fuera un solo todo integrado porque la organización básica del ecosistema natural sigue vigente aunque profundamente modificada y enriquecida en cuanto al número de variables participantes.

En suma, si queremos elaborar un concepto holístico del Medio Ambiente Humano actual tendremos que fusionar la "dimensión eco-

lógica", elaborada por la Ecología sobre la base de los datos obtenidos por las Ciencias Naturales y la "dimensión socioeconómica-cultural" producto del análisis de las Ciencias Sociales en un solo todo integrado. Esta tarea supera las posibilidades de todas las ciencias actuales considerados como unidades independientes, más aún ni siquiera el enfoque multidisciplinario e interdisciplinario serían capaces de cumplirla; la solución tal vez podría ser un enfoque transdisciplinario. La llamada Ciencia Ambiental corresponde a este desafío aunque, para algunos, no es una ciencia porque no usa una metodología específica ni maneja un cuerpo de doctrina propio, pero es de esperar que en un futuro no lejano pueda lograrlo y de esta manera, podamos disponer de una teoría general del Medio Ambiental.

Por el momento debemos contentarnos con este marco de referencia general que hemos esforzados como la única forma de superar la enorme variedad de criterios con que se enfoca el Medio Ambiente.

Sin embargo, esta concepción sistemática que hemos trazado se enfrenta a una serie de factores que limitan su correcta percepción por los diferentes seres humanos.

1. la percepción de cada individuo esta grandemente influenciado por el estrato social al cual pertenece y por su concepción personal de la vida y del mundo.
2. No hay solo medio ambiente humano sino una enorme cantidad de ellos y cada medio ambiente concreto está en cierto modo definido por una serie de factores: la diversidad de extractos sociales presentes en él, la existencia de sub-cultura diferentes, la características climáticas, la variedad y cuantía de los recursos, las variables geográficas, la ubicación urbana o rural, la pertenencia a un país desarrollado, a un país heterogeneamente desarrollado a un país en desarro-

llo o a un país subdesarrollado, la remanencia de grupos aborígenes, etc. La suma de estos factores define miles de ambientes diferentes en cada uno de los cuales se da una trama de interacciones y de interdependencias propia, específica.

Es en este marco de referencia sistémico donde debemos ubicar el fenómeno de la Contaminación, que es uno de los síntomas más claros del deterioro ambiental y que consiste fundamentalmente en la acumulación de sustancias químicas en cantidades superiores a las que el ecosistema puede reciclar o transformar, en otras palabras, está determinada por la incapacidad del ecosistema de metabolizar o reciclar un determinado flujo de materia-energía. Por extensión se ha ido agregando al concepto, la acumulación de microorganismos patógenos en el ambiente o en los alimentos; el uso indiscriminado de fármacos; el aumento de ciertos factores físicos como calor y ruido y la destrucción del paisaje. Es por esto que se habla de una contaminación química, una contaminación biológica, una contaminación física, una contaminación por fármacos y una contaminación alimentaria. También se habla de una contaminación humana para referirse a aquellos grupos humanos que viven en condiciones de extrema pobreza o miseria sin poder acceder a la satisfacción de sus necesidades básicas. También se habla de una contaminación de la mente para referirme a aquellas actitudes, consignias, fanatromos, mitos, etc. que llevan al hombre a la violencia, a la guerra, al crimen, etc.

Es posible que sea la contaminación de tipo químico la que haya consitado más la atención y el interés de los científicos tanto por el alto número de sustancias químicas sintetizadas por el hombre como por el hecho de estar ligada a 4 exigencias de esta sociedad industrial-tecnológica en que estamos inmersos desde hace ya bastantes décadas.

1. Necesidad de obtener o extraer los insumos de materia-energía destinada

dos a mantener y hacer funcionar las infraestructuras humanas o ecosistemas artificiales inestables y vulnerables.

2. La necesidad de poner en marcha procesos tecnológicos cada vez más complejos relacionados con la elaboración y transformación de los recursos naturales extraídos del planeta.
3. Los procesos ligados a actividades relacionadas con la organización de la especie humana en grupos sociales: transporte, incineración, calefacción central, aguas servidas, etc.
4. La Revolución Industrial y la Revolución Tecnológica que han llevado a un incremento de la población humana total determinando con ello un incremento en las demandas de bienes y servicios y generando problemas tales como: la urbanización, la metropolización, la megalopolización, el deterioro urbano, etc.