

El desarrollo sostenible y el nuevo Pensamiento de la Complejidad: un modo nuevo de pensar la sostenibilidad

Manuel Antón Lolo

El problema del deterioro y degradación del medio ambiente como consecuencia de los procesos de explotación de los recursos naturales y de la producción y el consumo asociados a los actuales modelos de desarrollo socio-económico ha llegado a un punto crucial en el que se evidencia que estos modelos, basados en la noción de que la Naturaleza y la Sociedad son entidades separadas e incluso antagónicas y de que la primera está subordinada a la segunda, es decir, a las necesidades y deseos de la especie humana, como sostenedora material y proveedora inagotable de recursos, no pueden continuar ni mantenerse por más tiempo de la forma actual y deben ser modificados, pues conducirían a una catástrofe medioambiental planetaria con gravísimas consecuencias para la biosfera en todos sus elementos, incluida, por supuesto, la propia humanidad. Por otro lado, tampoco se puede detener el desarrollo, no sólo porque crece la humanidad y crecen sus necesidades, sino porque, como muestra cualquier somero análisis del devenir histórico, es consustancial con la dinámica del desarrollo que se genere cada vez más desarrollo y ésta dinámica es indetenible.

Pero también, como necesidad insoslayable, aparece la urgencia de preservar el futuro para las siguientes generaciones. El desarrollo debe continuar, pero debe ser racional y factible; la dinámica del mismo, que actualmente tiene como uno de sus objetivos consustanciales principales la maximización de las ganancias y el beneficio (no únicamente económico) a corto plazo, no debe conducir a una catástrofe global, como parece ser su destino final ahora, sino que lo que se haga hoy debe garantizar la perdurabilidad de los recursos para que también exista un futuro de desarrollo para las futuras generaciones, es decir, para nuestros hijos, nietos y más allá, mucho más allá.

El desarrollo debe, entonces, ser diseñado de tal modo que sea perdurable o sostenible, entendiendo por tal: "*Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades*", según se expuso en el conocido Informe Brundtland de 1987 ¹. El término "**desarrollo sostenible**" ha quedado desde entonces como etiqueta para los modelos deseables de desarrollo socio-económico.

Sin embargo, una cosa es saber qué es lo deseable y, según la realidad ha demostrado, otra es cómo lograrlo.

¿Qué se ha hecho?

Aunque hubo precursores desde inicios del siglo XX, tales como Aldo Leopold y Lewis Mumford², entre otros, la toma de conciencia global y los debates institucionales de la comunidad internacional comienzan en los años 60. Una cronología parcial y breve de algunos de los principales hitos en este sentido así nos lo muestra:

En esos años surgen los primeros movimientos ambientalistas y en 1962 sale a la luz el famoso libro *La Primavera Silenciosa* de Rachel Carson ³. En 1968 se publica también el libro *La bomba de la superpoblación* por Paul R. Ehrlich, ⁴ acerca del problema del crecimiento demográfico y su impacto en la sociedad y en el medio ambiente y donde predice hambrunas en algunos lugares del planeta para fines del siglo. En el mismo 1968 se reunió en Roma un grupo de 35 científicos, políticos e investigadores que provenían de 30 países distintos, incluyendo varios laureados con el Premio Nobel, para hablar de los cambios que se estaban produciendo en el planeta como consecuencia de acciones humanas. Dos años más tarde, en 1970, crearían y legalizarían, bajo legislación suiza, el Club de Roma y en 1972, emiten el *Informe sobre los límites del crecimiento o desarrollo*, también conocido como *Informe Meadows*, por Dennis Meadows, ⁵ el principal de sus coautores. También en ese año, se celebró en Estocolmo la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano a partir de la cual se funda el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente cuyo centro operativo se establece en Nairobi, Kenya.

En 1983 se crea, como ya vimos, la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, dentro de la cual se produce, en 1987, el Informe Brundtland. En 1988, dos organizaciones de Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial y el ya mencionado Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente crean el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático para evaluar el riesgo de cambio climático planetario inducido por la actividad humana. En 1992 se celebra la llamada Cumbre sobre la Tierra en Río de Janeiro, Brasil, que tiene como resultados la *Declaración de Río*, la importante *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* y la *Convención sobre diversidad Biológica*. Se redacta, además, una *Constitución de la Tierra* y se elabora un programa de acción denominado *Agenda 21*. En 1997 se elabora el *Protocolo de Kyoto* sobre los gases de efecto invernadero.

En el 2002 se celebra en Johannesburgo, África del Sur, la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable que produjo una *Declaración política* y un *Plan de acción* que contenía los siguientes puntos estratégicos esenciales:

1. erradicación de la pobreza,
2. modificación de las modalidades insostenibles de producción y consumo,
3. protección y gestión de la base de recursos naturales del desarrollo económico y social,

4. el desarrollo sostenible en un mundo en vías de globalización y
5. la salud y el desarrollo sostenible.

Como se puede apreciar, no ha faltado atención al problema y en muchas ocasiones se han realizado denodados esfuerzos por resolver situaciones críticas lográndose soluciones que han sido a veces parciales, a veces locales y a veces temporales, pero nunca totales y permanentes. Desafortunadamente, en estos momentos, el problema del deterioro del medio ambiente y la elaboración de estrategias globales eficaces para el desarrollo sostenible están muy lejos de solucionarse y, por el contrario, como nos lo dice el fenómeno de la aceleración del calentamiento global y el crecimiento del agujero en la capa de ozono, muchos problemas y situaciones críticas se agravan.

¿Por qué no se resuelven los problemas del deterioro del medio ambiente y del desarrollo sostenible?

¿Por qué no se resuelven los problemas? Hasta ahora la situación se ha enfrentado fundamentalmente, bajo la dirección de gobiernos e instituciones de países desarrollados, como un problema científico-técnico partiendo, al menos parcialmente, de la noción de que los problemas del medio ambiente surgen y crecen a partir de la aplicación de tecnologías que, gracias a los aportes del progreso de la ciencia moderna, son cada vez más productivas y que, por tanto, devoran cada vez más materia prima en menos tiempo, incrementando a niveles insólitos la explotación de los recursos naturales, y que, de paso, también producen cada vez más subproductos y materiales contaminantes residuales o de desecho los cuales, con mucha frecuencia, son muy difíciles de eliminar.

Así pues, según este punto de vista, para resolver los problemas creados por la ciencia y la técnica, se debe emplear la ciencia y la técnica, pero puestas ahora en función de obtener una "producción limpia", de crear sistemas eficaces de descontaminación y de tratamiento de desechos y de reproducción de los recursos naturales empleados como materia prima siempre que se trate de recursos de los llamados "renovables"; de sustituir o disminuir el uso de los combustibles no renovables, como el petróleo, el gas natural y el carbón mineral mediante la aplicación de combustibles de otro origen, como los biocombustibles o, en un plazo más largo, al desarrollar nuevos modos de obtener energía, como podría ser, por ejemplo, la construcción de reactores de fusión nuclear, que en estos momentos son todavía tecnológicamente inviables.

En resumen, la estrategia de este enfoque es la de revertir mediante la ciencia y la técnica los efectos dañinos de la aplicación de la ciencia y la técnica. Para apoyar estos esfuerzos, como hemos visto, se han elaborados reglamentos, se han firmado convenios y acuerdos y se han tomado otras medidas normativas e incluso coercitivas de carácter jurídico y político, dictando leyes al respecto,

además se le ha dado divulgación al problema en todos los medios; la ONU, a través de la UNESCO, ha decretado una Década de la Educación para un Futuro Sostenible 6 que abarca desde el 2005 hasta el 2014, se ha incorporado el tema a la educación escolar en diversos niveles; se han trazado políticas al respecto en varios países y se han creado comisiones multidisciplinarias de expertos para trazar las estrategias de ataque al problema. Tampoco ha faltado apoyo financiero, sobre todo en los países desarrollados y, en fin, se han emprendido una gran cantidad de iniciativas y acciones.

A pesar de todo, las estrategias aplicadas hasta ahora han fallado: el calentamiento global aumenta; el agujero de la capa de ozono no cede; los ritmos de deforestación y de desertificación aumentan; incluso donde se siguen políticas de reforestación, se prefiere plantar, en lugar de las especies originales, árboles de crecimiento rápido con grandes extensiones ocupadas por una sola especie lo cual afecta a la biota local y se deteriora, por esta y otras razones, la diversidad biológica. Se prevé una crisis mundial de escasez del agua potable en breve plazo; aumenta la contaminación de los suelos, que hasta ahora es un fenómeno local, pero que pronto podría convertirse en una suma tan grande de problemas locales que devendría en un grave problema global. También se contaminan la atmósfera y los océanos, que son uno solo para todo el planeta y por tanto, su contaminación es desde el principio un grave problema global. Especies de interés económico son diezmadas por la sobreexplotación, como ocurre de forma dramática con ciertas especies marinas de gran importancia comercial, como el atún, el bacalao, las ballenas y otras, especies éstas que se capturan en zonas específicas tradicionales de pesca pero que se consumen en el mundo entero. Además, los problemas no se limitan a los relacionados directamente con el medio ambiente: Hay una elevada emergencia y re-emergencia de enfermedades infecciosas, algunas de ellas producidas por cepas de gérmenes que se han hecho resistentes a los "poderosos" medicamentos antimicrobianos modernos de última generación, por ejemplo la tuberculosis, el cólera, la poliomielitis, la gripe aviar, etc. Y otras, como el SIDA, por la emergencia de nuevos virus no conocidos antes. Estas plagas, que surgen por mecanismos desconocidos que probablemente tengan que ver con algún tipo de contaminación del medio ambiente 7, se propagan rápidamente con la ayuda involuntaria de los modernos y veloces medios actuales de transporte y amenazan, en muy poco tiempo, al mundo entero.

¿Qué características tienen los problemas antes mencionados que se dificulta tanto su solución? Examinemos este asunto con un poco de detenimiento:

1. El ámbito problémico es sumamente amplio y los problemas tienen carácter global y distribuido.
2. Son altamente dependientes del contexto y de la historia previa.
3. Su comprensión requiere orientarse hacia las totalidades, hacia el sistema completo, más que hacia las partes (carácter holístico).

4. Es necesario descifrar una amplia e intrincada red de interrelaciones internas y externas.
5. **Las interrelaciones son de carácter no-lineal y ...**
6. siguen una **dinámica no Lineal** y, por tanto, evolucionan de forma impredecible *y responden de forma inesperada y desproporcionada ante las intervenciones*, modificando las características del sistema o del fenómeno según se interactúa con él.

En efecto, no son problemas locales sino que algunos, como el calentamiento global, afectan a todo el planeta y otros, aunque puedan tener sus especificidades en cada sitio, están presentes con la misma esencialidad por todo el planeta, por ejemplo, la desertificación y la pérdida de diversidad biológica. Los problemas son también consecuencia de la historia y el contexto socio-económico-cultural ya que no surgieron de pronto, sino que se han ido gestando en el acontecer de la Humanidad y son consecuencia del desarrollo progresivo de las fuerzas productivas, de las relaciones de producción y las formas predominantes de organización de la Sociedad, las cuales determinan el cómo ésta se relaciona con la naturaleza: si se distancia de ella, asumiéndola como simple proveedora, aceptando una dicotomía y una separación Sociedad-Naturaleza que son artificiales y (lo estamos experimentando) destructivas, o si se la considera como complementos inseparables e imprescindibles, porque lo que le da soporte a la vida, también es vital para la sociedad. No se puede, tampoco, aspirar a resolver un problema de este tipo en una parte del planeta o resolverlo parcialmente sin atacarlo en las demás o en su totalidad pues no son independientes, sino que están interrelacionados, es decir, interconectados a través de una intrincada trama que con frecuencia es muy difícil de descifrar, tal como sucede, por ejemplo, con los procesos de descontaminación ya que el espacio del que se extraen los recursos, donde se transforman y consumen y donde se vierten los desechos, tanto de la producción como del consumo, es el mismo; así con frecuencia al descontaminar los suelos se contamina a las aguas subterráneas o a la atmósfera o el descontaminar las aguas implica contaminar los suelos, etc. Esto no significa que cada cultura no pueda atacar los problemas en su espacio según tácticas acorde con sus tradiciones y posibilidades, pero la coordinación y el consenso global son imprescindibles.

Todos estos elementos y muchos otros hacen que los problemas antes mencionados, entre los cuales quizás el más importante y urgente es el de continuar con el desarrollo económico sin degradar o liquidar al medio ambiente, es decir, implementar el Desarrollo Sostenible, tengan rasgos inéditos en la Historia. Son problemas de nuevo tipo y, por tanto, se requieren nuevas herramientas para enfrentarlos con posibilidades de éxito y entre ellas, la más importante, con toda probabilidad, es la forma de interpretar y pensar en el problema, puesto que de ella depende lo que se haga a continuación. Por esa razón muchos autores y pensadores afirman que hace falta una nueva forma de pensar, una nueva racionalidad y, los más radicales, que se necesita una Revolución de la Cultura y el Pensamiento.

Modelos conceptuales explicativos o Paradigmas

Todo se piensa desde un conjunto de conceptos más o menos coherentes que nos sirven para explicar el mundo en que vivimos y que, por tanto, se erigen en un "Modelo Conceptual Explicativo" o Paradigma 8, es decir, en un marco de referencia que nos sirve para explicar e interpretar la realidad. Este conjunto de conceptos descansa sobre el conocimiento y saber alcanzado en cada época y, al mismo tiempo, ha ayudado a construir los distintos "*saberes*" 9.

Al igual que se dice que el desarrollo genera nuevo desarrollo y quizás precisamente por eso, el conocimiento y el saber generan conocimiento y saber. Los nuevos aportes se incorporan a los modelos conceptuales y los van modificando, de forma que esos paradigmas van variando y se instalan versiones más desarrolladas del paradigma vigente. Pero llega el momento en que, precisamente debido a la ampliación del campo de la actividad humana y al desarrollo del saber y los conocimientos, se avanza hasta nuevas situaciones que no pueden ser interpretadas y resueltas, en caso de que sean problemáticas, a partir de los conceptos vigentes; el modelo conceptual comienza a mostrar signo de agotamiento. Entonces hace falta un rompimiento para seguir avanzando, hace falta la formulación de nuevos conceptos y estos, cuando se encuentran, son con mucha frecuencia "revolucionarios" en el sentido de que son muy diferentes y nuevos con respecto a los vigentes y al incorporarse al acervo de ideas existente cambian radicalmente la forma de pensar: Ha surgido un nuevo Modelo Conceptual o Paradigma.

Esto ha ocurrido en la Historia muchas veces y ejemplos conocidos de ello, en el ámbito de la explicación e interpretación de la realidad del mundo físico, son el desarrollo de la Mecánica Cuántica y de la Teoría de la Relatividad Especial al comienzo del siglo XX. Hasta el surgimiento de esas Teorías el modelo rector de la interpretación del mundo físico estaba dado por la llamada Física Clásica, constituida principalmente por la Mecánica Newtoniana, desarrollada principalmente a partir de los trabajos de Isaac Newton en Mecánica, y por la Teoría Electromagnética Clásica, una teoría ondulatoria de los fenómenos eléctricos y magnéticos debida fundamentalmente a James Clerk Maxwell. Por eso la Física Clásica es llamada con frecuencia Paradigma Newtoniano o Mecanicista. Las nuevas ideas cuántico-relativistas revolucionaron la forma de pensar la Física durante todo el siglo XX y, lo cual es tan importante como la posibilidad de interpretar nuevos fenómenos, no hicieron descartable el anterior paradigma Newtoniano, sino que clarificaron sus límites: El Paradigma Newtoniano nos sirve aún de modelo para interpretar casi todos los fenómenos que podemos percibir con nuestros sentidos o con instrumentos cuyo principio de funcionamiento esté basado en las leyes de la Física Clásica (instrumentos clásicos), aplicables en lo que llamamos el mundo macroscópico. La Física Cuántica y la Relatividad nos permiten descifrar los fenómenos que ocurren a altas velocidades, cercanas a la de la luz, o en el mundo del átomo y de las partículas subatómicas o elementales, es decir, los fenómenos del llamado micromundo. Pero las ecuaciones que describen los fenómenos cuánticos y

relativistas se reducen a las de la Física Clásica si los valores de velocidad son bajos comparados con los de la luz y las masas de los objetos son grandes comparadas con las masas de los átomos y partículas elementales. Esto encierra una lección en lo que a las Ciencias se refiere 10: cuando un Modelo Conceptual Explicativo funciona muy bien es poco probable que un nuevo Paradigma emergente, aunque parezcan incluso contradictorio, lo anule y lo descarte por completo; generalmente lo engloba, manteniéndolo entre sus fundamentos y estableciendo con claridad su rango o dominio de aplicabilidad. Así se va construyendo la pirámide del conocimiento científico y probablemente deba considerarse si se trata de conocimiento ordinario o de algún saber específico.

Los Paradigmas Newtonianos o Cuántico-Relativista ejemplificados en el párrafo anterior son Modelos Conceptuales explicativos para una parcela de la realidad, que es el mundo Físico. Sin embargo, sus ideas fundamentales son tan poderosas que han penetrado en otros ámbitos de la realidad y en la actividad cotidiana no hay ser humano que no piense newtonianamente cuando enfrenta una tarea relacionada con la mayoría de sus actividades cotidianas y, poco a poco, también muchas ideas Cuántico-Relativistas, que son más abstractas y difíciles de incorporar a la cotidianidad, están penetrando en disciplinas no físicas, de ahí que se hable a veces de un "Principio de Indeterminación"11 en Psicología, Sociología u otra de las Ciencias Sociales, cuando una intervención en el sistema estudiado induce una alteración o cambio de estado en el mismo.

La realidad está formada por una multiplicidad de aspectos que coexisten y se desenvuelven simultáneamente pero que se diferencian lo suficiente como para que los conceptos empleados para conocerlos y explicarlos sean distintos, así existen Modelos Conceptuales Explicativos para diferentes esferas de la realidad. De ese modo se tiene que, por ejemplo, la Teoría Celular es un modelo que contiene los conceptos fundamentales para explicar la estructura y muchas de las propiedades de los seres vivos, La Teoría de Darwin sobre la Selección Natural y la Evolución de las Especies estableció los conceptos germinales para la comprensión de la diferenciación de los seres vivos en especies y para comprender las dinámicas evolutivas de la vida, el Materialismo Histórico ofrece un Modelo Conceptual Explicativo para interpretar los eventos socio-políticos, etc.

Estos Modelos sobre aspectos específicos de la realidad se integran (no se suman, ¡ojo!), querámoslo o no, para constituir un Modelo Conceptual General o Paradigma General que es el que rige la forma en que, aún sin darnos cuenta, pensamos ante los diversos procesos a los que nos enfrentamos en todo el amplio espectro de situaciones y actividades de la vida diaria, que incluyen desde la Ciencia hasta los eventos del mundo familiar, laboral o del vecindario y que, por tanto, contiene los rasgos esenciales del estilo de racionalidad vigente de manera que nadie, desde el humilde empleado o el barrendero hasta el científico en su laboratorio o gabinete, el filósofo en su estudio, el artista, el político, el hombre de estado, escapa al poder del

Paradigma General vigente y su forma de pensar está regida por él. Sólo mediante un esfuerzo de la razón y de la voluntad y generalmente ante el imperio de la necesidad de resolver un problema dado algunas mentes rompen con el Modelo vigente y abren las rutas para nuevos conocimientos, nuevos saberes y, por consiguiente, nuevos Modelos y Paradigmas.

El paradigma general vigente o Paradigma Cartesiano

El estilo actual de racionalidad, el paradigma general vigente predominante hasta ahora es el que se conoce como Paradigma Cartesiano. Este Modelo, que tan fértil ha sido y continua siendo, comenzó con sus primeras versiones en los tiempos del Renacimiento. Tuvo su origen en la forma de interrogar a la naturaleza estrenada por hombres como Galileo Galilei, se estableció de modo firme con los trabajos de Isaac Newton y obtuvo su marco conceptual fundamental con los trabajos epistemológicos y filosóficos de Francis Bacon y, sobre todo, de René Descartes, precisamente es debido a éste que se le conoce como Paradigma Cartesiano (Descartes se firmaba como *Cartesius*). Sus principales características, en su variante actual, son:

1. *El mundo es cognoscible y puede ser observado por los sentidos (Empirismo) e interpretado por el pensamiento racional (Racionalismo),*
2. *El conocimiento se adquiere observando los objetos del mundo real y experimentando con ellos; se afirma que los objetos son entes independientes del observador (sujeto) y éste, para lograr un conocimiento "**objetivo**", es decir, del objeto en sí, debe perturbar lo menos posible al objeto durante la observación o experimentación.*
3. *Entre los objetos ocurren procesos regidos por relaciones de **causa-efecto** de tipo **lineal** y que tienen carácter esencial estrictamente **determinista**: son expresión inevitable de la **necesidad**.*
4. *Para estudiar la realidad es necesario dividirla en parcelas suficientemente pequeñas, en partes; así pues la estrategia de indagación Cartesiana tiene carácter analítico.*
5. *Además, para conocer, es necesario simplificar los fenómenos, de modo que todas aquellas interacciones cuya influencia sobre el objeto estudiado sea "pequeña" comparada con las consideradas principales son ignoradas y no son incluidas en la descripción del objeto. Es decir, el pensamiento Cartesiano es simplificador y reduccionista.*
6. *Una vez conocidas las características de las partes con toda la exactitud posible, estas se pueden ensamblar para constituir **un todo** cuyo funcionamiento se puede deducir a partir del conocimiento del funcionamiento de todas las partes (El todo es la suma de las partes).*

El Universo es, según este enfoque, una gran máquina cuyo funcionamiento puede ser deducido en su totalidad a partir del conocimiento de cada una de sus partes. Carece de libertad pues todo está regido por la necesidad y el destino de cada objeto o sistema 12 está rígidamente determinado por sus condiciones iniciales y las leyes de la naturaleza o, dicho de otro modo, si se conoce el estado de un objeto en un instante dado y se conocen las leyes naturales bajo las cuales se desenvuelve, se puede, en principio, conocer su estado en cualquier otro momento en el futuro (predecir) o cuál fue su estado en cualquier momento del pasado; si en la práctica esto no es así es porque o no podemos conocer de forma completa el estado del objeto en un momento dado (todas las posiciones y velocidades, en un mismo instante, de las 6.02×10^{23} moléculas de un mol de un gas cualquiera) o porque no conocemos **todavía** con exactitud las leyes que gobiernan la conducta del objeto. Esta forma de pensar ha dado lugar a muchos saberes y fundamentalmente al saber o conocimiento científico moderno con su especial y prestigioso método de indagación llamado "**método científico**" que, sobre la base de lo anteriormente expuesto, somete continuamente el conocimiento existente a verificación empírico-racional (duda cartesiana o duda científica), encuentra las insuficiencias del mismo y crea nuevo conocimiento al tiempo que aumenta el conocimiento que tenemos del mundo. Al amparo del Paradigma Cartesiano se ha desarrollado la ciencia moderna y toda la tecnología actual con sus lados buenos y malos.

Hagamos unas breves reflexiones sobre los aspectos antes expuestos del Paradigma Cartesiano.

1. *El mundo es cognoscible y puede ser observado por los sentidos (Empirismo) e interpretado por el pensamiento racional (Racionalismo).* Es decir, nos dice que es posible emprender la aventura de la investigación y la búsqueda de Conocimiento y esto es válido en cualquier rama el saber: Mediante nuestros sentidos nos comunicamos con el mundo y mediante la razón podemos ordenar, clasificar, explicar, interpretar y predecir, es decir, conocer la realidad.
2. *El conocimiento se adquiere observando los objetos del mundo real y experimentando con ellos; se afirma que los objetos son entes independientes del observador (sujeto) y este, para lograr un conocimiento "**objetivo**", es decir, del objeto en sí, debe perturbar lo menos posible al objeto durante la observación o experimentación.* Esto implica una dicotomía objeto-sujeto como categorías separadas e incluso opuestas. El conocimiento del objeto no debe estar contaminado de subjetividad, pues ya no sería al objeto en sí lo que estamos conociendo, sino una imagen del mismo creada en la mente del observador, *un modelo mental del mismo y no el objeto en sí*, lo cual implicaría que tantos sujetos, tantos objetos, y el conocimiento objetivo, contenido dentro del objeto y descifrado por el sujeto en observación imparcial u "objetiva", no sería posible. Este enfoque ha sido crucial para el desarrollo de la ciencia moderna ya que obliga a describir los objetos

de modo que un objeto sea lo mismo para todos los sujetos y favorece la comunicación del conocimiento, pero también es responsable, por ejemplo, de la separación conceptual entre los conceptos de Sociedad y Naturaleza y de las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales como cuerpos de conocimiento separados y absolutamente independientes ya que estudian sistemas que también lo son. Incluso, con frecuencia, se consideran conceptos antagónicos.

3. *Entre los objetos ocurren procesos regidos por relaciones de **causa-efecto** de tipo **lineal** y que tienen carácter esencial estrictamente **determinista**: son expresión inevitable de **lanecesidad**.* Los objetos sufren procesos porque están en contacto unos con otros, interactúan. Estas interacciones inducen cambios en el estado de los objetos según transcurre el tiempo, en otras palabras, los objetos están sometidos a cambios en el tiempo, a una dinámica, pero esta dinámica es tal que esperamos que pequeños cambios en las interacciones del objeto con los otros (los que constituyen el medio exterior inmediato o entorno) den lugar a pequeños cambios en el estado del objeto, de modo que si estudiamos la dinámica de un sistema dado a partir de condiciones iniciales diferentes pero muy similares y dibujamos una línea de la evolución del estado del sistema para cada caso, esperamos que estas líneas o "*trayectorias de estado*" se mantengan muy cercanas todo el tiempo. Esto es lo que se llama una *conducta lineal*. En ciencias como la Física, la Química e incluso en otras como la Economía se construyen modelos matemáticos para describir cuantitativamente a los objetos y los procesos que los primeros experimentan. Estos modelos son generalmente ecuaciones, que no son más que expresiones que relacionan **variables** y que contienen **parámetros** ¹³. Las variables son características medibles del proceso y se dividen en dos grupos, las independientes y las dependientes. Las independientes son aquellas a las que se le asignan valores arbitrariamente por el sujeto, las dependientes son aquellas que, mediante las relaciones establecidas por la ecuación, toman valores calculados a partir del valor asignado a la independiente. En un problema de Dinámica Newtoniana la variable independiente típica suele ser el tiempo, y las dependientes pueden ser la posición o la velocidad en un instante dado. El modelo es lineal si NO contiene potencias, raíces, productos, etc., de las variables dependientes o si estas NO están formando parte de expresiones trigonométricas, logarítmicas o similares. Físicamente eso significa que NO existe sinergia ¹⁴ alguna entre las variables dependientes, es decir, que un estado dado para una de esas características no produce una potenciación o amortiguación de otra, que estas no interactúan entre sí. Por eso los procesos son llamados lineales si su dinámica transcurre de forma tranquila, sin sorpresas, es decir, si pequeños cambios de estado tienen sólo pequeñas consecuencias. El azar tiene poco lugar y sólo el desconocimiento de todas las leyes que rigen el fenómeno o la imposibilidad práctica de conocer de forma completa un estado dado dan lugar a la casualidad. El universo Cartesiano es el imperio de la Necesidad como expresión de la acción inevitable de las leyes.

4. *Para estudiar la realidad es necesario dividirla en parcelas suficientemente pequeñas, en partes; así pues la estrategia de indagación Cartesiana tiene carácter analítico.* Analizar significa "dividir o separar en partes". La simple experiencia cotidiana nos muestra que en el mundo todo existe simultáneamente. Percibimos también que los objetos cercanos, como ya se dijo en el apartado anterior, influyen unos sobre otros de forma perceptible, por eso, para estudiar un objeto dado es deseable verlo en su "estado más puro", como objeto en sí, con su esencia incontaminada por las influencias del resto del Universo; entonces construimos modelos mentales de los objetos donde el resto del mundo y su influencia es dejado fuera. Si queremos estudiar la caída de los objetos debido a la atracción gravitatoria del planeta, nos hacemos un esquema mental donde sólo figuran el objeto y La Tierra, estos a su vez simplificados y tomados sólo como "masas", que es la propiedad de los cuerpos en virtud de la cual surgen entre ellos las fuerzas gravitatorias. Se estudia sólo "la parte" y se ignora deliberadamente al resto de la realidad. Este enfoque ha dado lugar a las especialidades del conocimiento, lo que se manifiesta en la existencia de las ciencias particulares y de las especialidades dentro de ellas. Ha sido un fenómeno muy fértil pues ha permitido alcanzar gran profundidad en el conocimiento sobre aspectos particulares de la realidad.
5. *Además, para conocer, es necesario simplificar los fenómenos, de modo que todas aquellas interacciones cuya influencia sobre el objeto estudiado sea "pequeña" comparada con las consideradas principales son ignoradas y no son incluidas en la descripción del objeto. Es decir, el pensamiento Cartesiano es simplificador y reduccionista.* Además de lo señalado en el acápite anterior, también se excluye de la descripción a factores que, estando en interacción con el sistema, ejercen sobre él una influencia muy pequeña, como ya se explicó, o que pueden perturbar la explicación de las causas del fenómeno, por ejemplo, en las ecuaciones cinemáticas que describen la caída libre de los objetos sobre La Tierra, se excluye la presencia del aire que se manifiesta como resistencia al movimiento y perturba la caída de los objetos enmascarando la causa real del fenómeno, que es la existencia de la aceleración de la gravedad en La Tierra.
6. *Una vez conocidas las características de las partes con toda la exactitud posible, éstas se pueden ensamblar para constituir **un todo** cuyo funcionamiento se puede deducir a partir del conocimiento del funcionamiento de todas las partes (El todo es la suma de las partes).* Entonces todos los sistemas son máquinas formadas por partes que funcionan sincronizadamente en un acople perfecto y si se conoce cada parte y su conducta, se puede conocer el funcionamiento de la máquina en su totalidad ya que, como las partes se relacionan mediante procesos que transcurren linealmente, no aparecen sinergias ni emergen propiedades nuevas para el todo. *Las propiedades del todo son la suma de las propiedades de las partes.*

Sin embargo sabemos que la realidad no se comporta así; la linealidad es sólo una aproximación, suficientemente buena sólo si el sistema es relativamente simple y si observamos su dinámica durante un tiempo no muy prolongado, como ocurre con un objeto tan sencillo como un péndulo, que acaba deteniéndose y perdiendo sus características de periodicidad regular en los instantes finales de su movimiento oscilatorio. Todos los días tenemos el ejemplo del pronóstico meteorológico, el cual, a pesar de la extensa red de observación, tanto terrestre como desde satélites, y de las poderosas computadoras dedicadas a procesar los datos tomados, tiene frecuentes inexactitudes, pues al tiempo meteorológico le gusta cambiar súbitamente sin previo aviso.

Por todo lo anterior el Paradigma Cartesiano no tiene suficientes recursos para lidiar con los problemas expuestos y clasificados como de nuevo tipo y no puede proporcionar la base conceptual que se necesita. Se requiere de un nuevo estilo de pensamiento que, como ya se dijo, sea sistémico, holista, integrador, que enfoque los procesos como fenómenos distribuidos, formando redes y que tenga en cuenta la no-linealidad de las complejas tramas de relaciones y de los procesos entre los sistemas. Sobre un nuevo estilo de pensamiento con estas características se pueden levantar las estrategias de indagación e intervención que den mayores posibilidades de enfrentar los problemas modernos y en particular, el del Desarrollo Sostenible y de la Protección del Medio Ambiente.

El Pensamiento de la Complejidad

Dice un adagio del budismo Zen que cuando el discípulo está preparado aparece el maestro. Debido al desarrollo de nuevas disciplinas tales como la Cibernética 15, la Teoría General de los Sistemas 16, la Dinámica no Lineal y, sobre todo, debido a la aparición de las computadoras electrónicas, hecho, este último, sobre lo cual se ha apoyado el desarrollo de las anteriores disciplinas; en la actualidad, es posible percibir la realidad de manera más profunda y ésta se nos muestra, más que formada por objetos en sí, como un entretejido de sistemas y fenómenos distribuidos, formados por partes que, al interactuar entre sí, dan lugar a nuevas propiedades que no se pueden deducir de las propiedades conocidas de las partes y que se denominan "**propiedades emergentes**" las cuales son más variadas e insólitas mientras más partes tiene el sistema y más interacciones diferentes y de carácter **no lineal** existen o pueden existir entre las partes. El sistema es por tanto más que la simple suma de las partes y se crean pautas **muy complejas** de interacciones internas y con el entorno, **que son las que determinan qué es el sistema** y cómo va a adaptarse ante cambios en el entorno mediante procesos de autoorganización, que son aleatorizados por la existencia de cambios de estado locales pequeños o "**fluctuaciones**", las que se amplifican debido al carácter no lineal de las interacciones internas y con el entorno, dando lugar a estados

que son imprevisibles a partir del conocimiento del estado inicial del sistema y de las leyes conocidas.

El Universo deja de ser, entonces, una gran máquina de funcionamiento determinista el cual puede ser deducido en su totalidad a partir del conocimiento de cada una de sus partes. Retoma la libertad, pues la necesidad está modulada por el carácter azaroso y casual intrínseco de las fluctuaciones sometidas a la no linealidad y el destino de cada sistema, sensible a las condiciones iniciales y las fluctuaciones, en relación múltiple y diversa con el entorno mediante procesos regulados por relaciones no lineales, al igual que las relaciones internas, ya no es previsible a largo plazo. A diferencia de lo que ocurre en el Paradigma Cartesiano, ahora hay que tener en cuenta la totalidad y el contexto. Y como todo está conectado, también lo están el sujeto y el objeto mediante las pautas de relaciones que se constituyen en el proceso del experimento diseñado para conocer o intervenir. Así pues, ***el conocimiento de lo real es ahora producto de las interacciones sujeto-objeto. Lo real se conoce a través de la trama de relaciones que se establecen en la vinculación práctica entre objeto y sujeto y, por lo tanto, el sujeto y sus propiedades son inevitablemente inseparables del conocimiento del objeto.*** [Foucault M, 1987], [Sotolongo PL, 2006^a, 2006^b]. Esto inaugura una forma distinta y nueva de asumir el conocimiento. No es posible ***ni necesario*** conocer al objeto en sí, sino en relación con el contexto y con la historia anterior, pues lo que percibimos del objeto depende de cómo lo observamos, es decir, de la trama de interacciones que establecemos con él en el acto de estudiarlo. Sólo los objetos o sistemas más simples, por ejemplo, los de la Física (y aún así no todos), escapan de esto debido a su simplicidad intrínseca. Del concepto Cartesiano de objetividad se pasa al de ***"omniobjetividad"***, que acepta como inevitable la impronta del sujeto en el conocimiento del objeto y que contiene, como caso simple, a la objetividad Cartesiana.

Y ¿cómo se conoce? Pues, examinamos la realidad con nuestros sentidos, la pensamos y construimos modelos mentales de lo observado ya que los modelos son más fáciles de manejar que la realidad misma. A veces, si el objeto es lo bastante simple, se pueden hacer modelos matemáticos, es decir, construir ecuaciones, no de la realidad, sino del modelo pensado de la misma, siempre tratando de hacerlos del modo más sencillo y manejable posible, sin perder la capacidad explicativa e interpretativa del modelo mental. Eso significa que lo que nos dice el modelo debe diferenciarse de lo observado tan poco que, en el caso de mediciones cuantitativas, por ejemplo, las diferencias quedan dentro de los márgenes del error de las mediciones. Si los modelos son suficientemente buenos esperamos que nos permitan interpretar la Realidad e incluso hacer pronósticos.

Al nuevo estilo de pensamiento basado en estos principios se le llama ***"Pensamiento o Teoría de la complejidad"*** y conduce a:

1. *Un nuevo cuadro del mundo, donde la no linealidad es el principio rector de las dinámicas de los procesos.*
2. *Un nuevo estilo de pensamiento de carácter holista más que analítico, es decir, un "pensamiento en red".*
3. *Nuevas nociones normas y valores del saber, es decir, un nuevo estilo de racionalidad donde el concepto Cartesiano de objetividad es sustituido por el de "omniobjetividad".*

Consideremos algunas reflexiones sobre el Pensamiento de la Complejidad

El Pensamiento de la Complejidad NO es un paradigma constituido, por eso es preferible llamarle "Pensamiento de la Complejidad" y no "Teoría de la Complejidad". Sus principios y conceptos están emergiendo impulsados por la necesidad de enfrentar los problemas de nuevo tipo ya expuestos. Sus pilares, como hemos explicado, son su carácter sistémico u holístico, la consideración de que la trama de relaciones entre las partes o de las partes con el entorno es tanto o más importante que los objetos mismos que constituyen el sistema y, por último, el carácter no lineal de la dinámica de esas relaciones y, por tanto, de la dinámica del sistema. Comencemos por la no linealidad, que es el "polvo mágico" de los sorprendentes eventos que tienen lugar en las Dinámicas Complejas ¿acaso no suena familiar eso de que planeamos una cosa y nos sale otra? ¿Acaso no está la vida llena de casualidades?

La Realidad es no lineal. Por eso vemos que, en Meteorología, por ejemplo, a partir de amaneceres prácticamente idénticos se llega a tardes muy diferentes. Eso significa que desde condiciones iniciales muy cercanas, "casi" iguales se evoluciona a estados muy distintos. Los matemáticos y físicos le llaman a esto "*sensibilidad a las condiciones iniciales*" y, a veces, metafóricamente, "*efecto mariposa*" por aquello de que la pequeña perturbación local producida por el simple aleteo de las alas de una mariposa puede dar lugar a un salto muy grande en la dinámica del sistema, a una "bifurcación", y llevar el sistema a un estado final muy diferente al que hubiera llegado si la mariposa no hubiera aleteado. Esto jamás ocurriría si la dinámica del sistema fuera intrínsecamente lineal, pero es consustancial con la no linealidad, que es capaz de amplificar pequeñísimas diferencias iniciales según evoluciona el sistema. Como en todo sistema formado por partes suelen existir una gran cantidad de pequeñas "*fluctuaciones*" locales, tanto propiamente intrínsecas como inducidas por otras en el entorno, que se apartan fugazmente del estado general del sistema y como cada estado es condición inicial del siguiente, la dinámica del sistema puede saltar de una trayectoria de estado a otra en cualquier momento a partir de las fluctuaciones. Si esto no ocurre más a menudo se debe a que la mayoría de las fluctuaciones son realmente muy pequeñas y, sobre todo, son muchas y ocurren en todos los sentidos y con frecuencia se balancean unas a otras. De modo que lo que es casi un milagro es que se pueda hacer algún tipo de predicción, sobre todo a largo plazo. Hoy se puede construir modelos en ecuaciones no lineales para describir algunas de las formas más sencillas de no linealidad y con ellas intentar describir los

procesos reales con una mejor aproximación que con los modelos lineales de las ciencias cuantitativas tradicionales¹⁷. Esto es gracias a las modernas computadoras electrónicas que pueden realizar enormes cantidades de operaciones en un segundo, lo cual es obligado si se trata de modelos no lineales. Por eso sólo después de la aparición de los ordenadores ha sido posible desafiar a la complejidad inherente a la no linealidad y a la enorme cantidad de cálculo involucrada ¹⁸.

Otro aspecto esencial a considerar si se aborda un fenómeno desde el punto de vista de la Complejidad es el de cómo las partes se integran para formar un todo. Cualquier conjunto de objetos (de cualquier naturaleza) tienen dos tipos de propiedades; unas son llamadas *aditivas* y otras *constitutivas* [Bertalanffy, 1968].

Las propiedades aditivas son la clase o especie de los objetos que forman el conjunto y el número o cantidad de los mismos. Podemos saber si un conjunto dado está formado por objetos de la misma o de distinta especie de manera muy simple aunque cambie el número de elementos que forman el conjunto; asimismo es fácil conocer el número de objetos que forman un conjunto aunque sean de especie diferente: basta con contar. Con respecto a las propiedades aditivas los conjuntos pueden ser considerados como suma de objetos considerados aisladamente, los elementos siguen perteneciendo a una especie dada tanto dentro como fuera del conjunto.

Las propiedades constitutivas de un conjunto de objetos dependen de las relaciones que se establecen dentro del conjunto entre esos objetos debido a las interacciones entre ellos, existen sólo en el contexto del conjunto y no fuera de él; dependen de la especie de los objetos y de su número, pero también de la presencia de un **principio ordenador** en el conjunto como puede ser, por ejemplo, la polaridad eléctrica, la magnetización o la atracción molecular de los elementos del conjunto, si se trata de objetos físicos simples. Estas interacciones dan lugar a que el conjunto o sistema adquiera una configuración o una textura dada, que pueden cambiar si el número de elementos del conjunto aumenta o disminuye o si se le introducen o se le extraen elementos de la misma o de distinta especie o, también, si cambian las condiciones externas en la vecindad del conjunto. Estos cambios generalmente no ocurren de manera gradual sino que nuevas propiedades **emergen** de forma más o menos súbita cuando se sobrepasa un cierto número de elementos de una especie dada o del total o cuando algo cambia, aunque sea sutilmente, en el exterior ¿por qué es esto así?, pues porque las múltiples interacciones de las partes entre sí son no lineales. Estas propiedades son propias del sistema como un todo y sólo de él; se deben a las propiedades de las partes en interacción mutua y múltiple, no de las partes aisladas. Son ellas las que hacen del sistema algo particular y distinto a los demás objetos del Universo. Cuando se dan las condiciones adecuadas ocurren de forma espontánea los procesos que dan lugar a ellas. Son procesos de autoorganización y aumentan la complejidad del sistema y de los procesos relacionados con él. Son el mecanismo detrás de la "adaptación" del sistema a

su contexto. Así, por ejemplo, una colección suficientemente grande de moléculas orgánicas, agua y sales se organiza en células, tejidos y órganos y da lugar a ese misterioso fenómeno que se llama "vida". Y las propiedades de un sistema vivo son más que la simple suma de las propiedades de las moléculas que lo forman; la vida es algo radicalmente nuevo. Para describir esos sistemas, a los que llamaremos "Complejos", lo más importante es descifrar la compleja trama de relaciones superpuestas, de forma que veamos al sistema, más que como un objeto, como una *"red de relaciones no lineales distribuidas en el espacio y el tiempo"*. De ahí que se diga que el nuevo pensamiento de la Complejidad es un pensamiento en red y de carácter holista, orientado a las totalidades.

Como los procesos de autoorganización de los sistemas complejos dan lugar a sistemas nuevos, con cualidades nuevas respecto a sus subsistemas o partes, no basta frecuentemente el conocimiento propio de una disciplina o ciencia particular para entender al sistema; incluso un esfuerzo multidisciplinario muchas veces no es suficiente y el conocimiento aportado por varias disciplinas se debe integrar dentro de un nuevo marco conceptual, bajo nuevos presupuestos epistemológicos, dando lugar a nuevas formas de organización del conocimiento y a nuevas estrategias de indagación, que trasciende el ataque multidisciplinario: ocurre un fenómeno de transdisciplinariedad. La transdisciplinariedad está probando ser fundamental para el abordaje de la comprensión de los sistemas complejos y de los procesos de complejización.

No es, entonces, de extrañar que todo lo antes expuesto tenga una influencia cada vez mayor en la manera que tenemos de pensar el mundo y que conduzca a nuevas normas y valores del saber y a un nuevo estilo de racionalidad que es, repetimos, ***no lineal, en red, holista, omniobjetivo y transdisciplinar.***

Esto tiene ya un gran impacto en muchas áreas del conocimiento como son la Filosofía (cambia el modo filosófico de pensar), la Ecología, la Sociología, la Política, la Economía, la Psicología, la Meteorología. En fin, un amplio espectro dentro de las clasificadas como Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida y Ciencias Sociales.

Consideración especial merece la Ética, que asume una nueva amplitud y profundidad en lo que se denomina ***Bioética Global, que es la expresión del Pensamiento de la Complejidad en la Ética***, y por la que transitan los caminos para enfrentar con posibilidades de éxito los problemas del Desarrollo Sostenible y el Cuidado del Medio Ambiente. No puede haber solución a estos problemas si no se enfocan desde la racionalidad de la Complejidad y desde la tutela normativa de la Bioética Global [Acosta Sariego JR, 2002].

Según algunos autores [Commoner B, 1972], [Flores Bedregal T, 2001], los principios estratégicos del desarrollo sostenible son:

1. El principio precautorio,

2. El principio de interdependencia e interconexión,
3. El principio de eficiencia y medida,
4. El principio de integralidad y,
5. El principio de equilibrio.

Examinemos algunos de ellos bajo la luz del Pensamiento de la Complejidad. El **Principio de interdependencia e interconexión por un lado y el de integralidad por otro**, *"se derivan respectivamente de la premisa de que todo está conectado a todo, es decir de que ni en la Naturaleza ni en la Sociedad hay fenómenos que operan de forma aislada o independiente en ninguna de sus etapas"* ¿acaso no nos habla esto de la necesidad de un enfoque holístico y de la necesidad de estar atentos a las redes de interacciones, sobre todo a aquellas que aún no conocemos suficientemente?

El Principio Precautorio, el de eficiencia y medida y el de equilibrio establecen que *"deberíamos actuar con precaución y cautela cuando no disponemos de los suficientes conocimientos sobre los efectos que pueden ocasionar en el ambiente ciertos procesos y no debemos superar los ritmos y límites de la Naturaleza para la renovación de los recursos que nos brinda y las dinámicas de los procesos naturales"*.

Pero el Pensamiento de la Complejidad nos indica que las consecuencias podrían ser aún peores que el simple agotamiento de los recursos ya que la Naturaleza podría responder auto-organizándose hacia un estado completamente hostil para la vida como existe ahora y que, además, sería imprevisible pues no conocemos los límites, el punto de no retorno. Ya que, según el Pensamiento de la Complejidad, a escala global y a mediano y largo plazo no podemos tener la seguridad de que los pronósticos se ajusten razonablemente a la realidad ¿Significa esto último que no hay nada que se pueda hacer?

Se conoce de muchas intervenciones fundadas en buenas intenciones que han dado lugar a resultados paradójicos, contrarios a lo que se esperaba; ahí están los casos de especies de un continente introducidas en otro: los conejos europeos primero y después los zorros rojos introducidos en Australia, que dieron lugar a graves e irreversibles problemas de deterioro de flora y fauna. Y no son los únicos. Pero la Complejidad no dice que no se puede predecir, sino que *"la posibilidad de predecir correctamente se hace más difícil mientras más lejano en el tiempo se desea el pronóstico"*. Por lo tanto, si emprendemos acciones que son beneficiosas a corto plazo y si nos mantenemos atentos y vigilantes a los resultados de las mismas, tenemos posibilidades de atajar a tiempo cualquier desviación desfavorable y encausar el proceso por senderos adecuados, acordes con el concepto de sostenibilidad. Para ello hay que pensar siempre en términos de sostenibilidad lo cual implica adoptar a la sostenibilidad como un principio rector de la organización de la sociedad.

A las dimensiones medio ambiental, social y económica que, según muchos especialistas, constituyen las bases del desarrollo sostenible, habría que añadir

de forma explícita una dimensión cultural. El concepto de desarrollo sostenible debe ser incorporado al acervo cultural de la humanidad en toda la diversidad de este, lo que requiere de un deliberado esfuerzo divulgativo y educativo de todos aquellos, personas e instituciones, que tienen ya una conciencia de la importancia y urgencia del asunto. Habría que aprovechar los procesos de globalización para lograr la globalización de una ética del Desarrollo Sostenible, de una Bioética Profunda a escala global. Esto requiere de voluntad política de estados e instituciones, pero a la vez potenciaría la incorporación de la sostenibilidad a los conceptos fundamentales de la Política, de manera que se convierta en un "pecado" político ignorarla, añadiendo así una quinta dimensión, esta vez política, a los pilares del desarrollo sostenible. Los que están en posición de tomar decisiones deberían sentirse responsables del "futuro común". Esto implica un esfuerzo por aprender un pensamiento holístico, en red y no lineal, a pensar la Complejidad, para estar en condiciones de comprender e interpretar correctamente los complejos problemas de la humanidad actual. De aprender una nueva ética en la que sociedad y naturaleza no sean entes separados. De incorporar el concepto de sostenibilidad como un postulado para la acción. Quizás sería bueno, aprovechando la riqueza de la diversidad cultural acumulada, adoptar en política y en gerencia de la gestión social y económica el mandato de la Gran Ley de la Confederación de la Nación de los Iroqueses acerca de la séptima generación, que obligaba a los jefes y responsables a tener en cuenta los efectos de sus decisiones hasta la séptima generación de sus descendientes.

Notas

[1] Fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dentro de ella se crea la Comisión Brundtland presidida por la Dra. Gro Harlem Brundtland, entonces primera ministra de Noruega. Esta subcomisión produce el Informe Brundtland, conocido con el título de "Nuestro Futuro Común" (*Our Common Future*, en inglés). En este informe, se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible o sustentable como aparece en el texto arriba.

[2] **Aldo Leopold**, 1887-1948. Silvicultor, ambientalista y ecologista estadounidense. Ejerció una gran influencia en el desarrollo de la ética ambiental moderna y en los movimientos de preservación de la vida silvestre. Es considerado como el padre de la gestión de preservación de la vida silvestre y de las reservas de la biosfera en los EE. UU. **Lewis Mumford**, 1895-1990. Historiador norteamericano de la ciencia y la tecnología. Particularmente notable por sus estudios de las ciudades, la arquitectura urbana y su impacto sobre el medio ambiente. Escribió que: "*Algo está bien si tiende a preservar la integridad, estabilidad y belleza de la comunidad biótica. Está mal todo lo que tiende a lo contrario*". Esta es la base de su "ética de la Tierra".

[3] **Rachel Louise Carson**, 1907-1964. Bióloga marina estadounidense cuyo libro "*Silent Spring*" constituyó un hito que, según muchos especialistas, lanzó el movimiento ambientalista global, el libro tuvo una inmensa influencia en los Estados Unidos, donde indujo cambios en la política de aplicación de pesticidas.

[4] **Paul Ralph Ehrlich**, 1932-. Es actualmente profesor de la Cátedra Bing de Estudios de Población en el departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Stanford. Es un renombrado entomólogo especializado en lepidópteros (mariposas). También es investigador y autor en el tema de la superpoblación. y su obra más notable es, precisamente, el libro "*The Population Bomb*" de 1968.

[5] **Dennis Meadows** ha sido un pensador sistémico durante casi toda su vida. Obtuvo un grado de Ph.D. en Gestión en el MIT, donde también trabajó como docente y cuatro doctorados honorarios en universidades europeas. Ha sido el director de tres institutos de investigación universitarios: en MIT, en el Dartmouth College y en la Universidad de New Hampshire. La principal tesis del Informe es que el desarrollo debe ser subordinado al problema del deterioro del medio ambiente, deteniéndolo incluso, si el último peligra.

[6] Se puede consultar una página Web en español dedicada a la "Década por una Educación para la Sostenibilidad" en la siguiente dirección URL: <http://www.oei.es/decada/>.

[7] Por ejemplo, contaminación por radiación debido al deterioro del escudo que representa la capa de ozono, contaminación por sustancias teratógenas en el agua, etc.

[8] El término "Paradigma" se hizo popular después de la publicación del libro de Thomas Kuhn "*The Structure of Scientific Revolutions*" en 1962 y cuya lectura recomendamos, pero, atención, en el libro aparecen unas 19 definiciones diferentes aunque próximas de lo que es un paradigma. Para nosotros será lo que se explica en el texto.

[9] Un "saber" es algo más general que la ciencia o el conocimiento científico pero tan prestigioso como puedan serlo estos. De hecho la ciencia es un tipo de saber, pero también lo son la ética, la estética, la filosofía. No pueden ser reducidos unos a otros aunque hay múltiples conexiones entre todos ellos, tanto visibles como invisibles. Tampoco hay ninguno hegemónico respecto a los otros, cada uno reina en su propia dimensión del pensamiento y el accionar humano.

[10] Recordar que lo que distingue a la Ciencia de otros saberes es que ésta, como principio metodológico, se está interrogando continuamente acerca de la validez o alcance de los resultados que se han alcanzado en su ámbito.

[11] Esto es a modo de metáfora por analogía con el famoso "*Principio de incertidumbre o indeterminación*" de Heisenberg, el cual es clave en la Mecánica Cuántica.

[12] A partir de ahora los términos "objeto" y "sistema" serán sinónimos. Si hiciera falta diferenciarlos se indicará explícitamente en el texto.

[13] Los parámetros son valores que permanecen constantes, que no cambian, durante un proceso o un experimento dado, aunque pueden cambiar de un proceso a otro. Representan cuantitativamente las relaciones entre el sistema y el entorno., o sea, representan el contexto. Generalmente su valor numérico concreto se estima de forma macroscópica y fenomenológica. Cambios en el contexto implican cambios en los parámetros.

[14] Sinergia se llama a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Se reconoce que se debe a una cooperación no lineal de las partes que constituyen el sistema.

[15] Es una Teoría o Disciplina del Control. Estudia como unas partes del sistema le informan a las demás cual es el estado del sistema. Sus conceptos fundamentales son los de "lazos de retroalimentación" (*feedback, en inglés*).

[16] Es una "Teoría del todo". Se debe fundamentalmente al biólogo austriaco Ludwid von Bertalanffy, que expuso sus fundamentos en el libro "Teoría General de los Sistemas" (1968), cuya lectura también se recomienda. En él se encontrarán también los principales conceptos de la Cibernética, la Teoría de la Información y otras disciplinas que están en los orígenes y las bases del Pensamiento de la Complejidad.

[17] Si quiere consultar un excelente libro de divulgación sobre la dinámica y la no linealidad escrito por uno de los principales pensadores sobre el asunto vea el libro de Ian Stewart que aparece en las referencias.

[18] Algunos pensadores afirman que las computadoras son instrumentos de "nuevo tipo", pues el sujeto que trabaja con ellas mas que usarlas lo que hace es "interactuar", lo cual está dado porque las posibilidades de una computadora no se agotan en un uso dado, sino que existe un enorme número de potencialidades dadas por todos los posibles softwares que se pueden desarrollar para las más disímiles tareas- Ver a Sotolongo y a Stewart en las referencias.

Referencias y Bibliografía

- Acosta Sariego JR, Editor científico. (2002). *Bioética para la sustentabilidad*. Publicaciones Acuario. Centro Félix Varela. La Habana. Cuba.
- Bertalanffy L von, (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller Ed. New York. En español: (1976). *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. FCE. México.
- Brundtland GH et al. Comisión Mundial Del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- Carson RL, (1962). *Silent Spring*, Houghton Mifflin, ISBN 0-618-24906-0.
- Commoner B, (1972). *The Closing Circle. Nature, Man & Technology*. New York: Bantam Books.
- Ehrlich PR, (1968). *The Population Bomb*. Ballantine Books. USA.
- Flores Bedregal T, (2003). *Género y desarrollo sustentable*. Futuros, vol. 1, no. 1. Publicación Digital. AFSC. Programa Regional en América Latina y el Caribe.
- Foucault M, (1987). (1969). *L'archéologie du savoir*, Gallimard, París. En español : (1978). *Arqueología del saber, Siglo XXI*, México.

- Kuhn TS, (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago 1962, 1970 (ed. ampliada). En Español: (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México, 2ª ed.
- Meadows DL, Meadows DH, Randers J and Behrens WW, (1972). "*The Limits to Growth*". New York: Universe Books. ISBN 0-87663-165-0. (1972). En español: *Los límites del crecimiento*. (1972). Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Sotolongo Codina PL, Delgado Díaz CJ, (2006a). *La Revolución contemporánea del saber y la Complejidad Social: Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. CLACSO. Buenos Aires.
- Sotolongo Codina PL, (2006b). *Teoría Social y vida cotidiana: La sociedad como sistema dinámico complejo*. Publicaciones Acuario. Centro Félix Varela. La Habana. Cuba.
- Stewart I, (1989). *Does God Play Dices? The New mathematics of Chaos*. Penguin Books Ltd. En español: (1991). *¿Juega Dios a los dados? La nueva matemática del caos*. Grijalbo Mondadori. Barcelona.

Fuente: Revista Futuros [en línea]

http://www.revistafuturos.info/futuros20/des_pens3.htm