

# CIENCIA, CONCIENCIA Y SUSTENTABILIDAD

*Candia Raquel Garibay Camarena  
Adrián Villaseñor Galarza*

## Resumen

La cultura ha funcionado como elemento articulador del hacer social humano cuyos cambios están íntimamente relacionados con las transformaciones del sentir, pensar y hacer social repercutiendo en la concepción de nosotros y el entorno. En este trabajo se define la cultura en la actualidad y el posible origen de la crisis perceptual de hoy que ha propiciado los conflictos sociales y ecológicos a partir del pensamiento científico reduccionista. Se revisan teorías de la nueva ciencia de frontera enfocada en la complejidad, la cual enfatiza las cualidades relacionales entre los componentes más que las cantidades. Finalmente, se propone transformar las relaciones desde nosotros mismos hasta los confines de nuestras interacciones mediante alternativas que consideran solidariamente a todos los elementos de los que depende nuestra existencia.

## Paradigma Científico Mecanicista

A partir del trabajo de Newton, Descartes y Darwin entre otros científicos la ciencia se convirtió en el principal motor de producción de capital por medio de la aplicación mecánica de principios “invariables” universales que nos permitió “dominar” la naturaleza; con esto surgió el actual paradigma científico mecanicista que ha propiciado la idea de que nosotros estamos separados: cuerpo-naturaleza, mente-cuerpo, vida-desarrollo, sin embargo nuestra existencia está entrelazada íntimamente con el resto del planeta.

## Paradigma Científico Holista

A partir de la década de los 60's hay un parte aguas entre la ciencia mecanicista que explica la realidad mediante causa y efecto y la ciencia que estudia los sistemas complejos que asume la impredecibilidad de ciertos fenómenos y se enfoca en las cualidades relacionales. El trabajo de profesores tales como Lynn Margulis y James Lovelock, entre otros, está centrado en esa cualidad relacional compleja de los sistemas que entrelazan la vida y el ambiente, proporcionó un nuevo paradigma hacia la ciencia holista con su teoría “Gaia”. Los puntos clave en su discurso son la cooperación más que la competencia como factores de la evolución y el planeta Tierra como un organismo “viviente” cuyos sistemas químicos, físicos y biológicos entrelazados han mantenido las condiciones favorables para la vida.

## Permacultura

El cambio en nuestra cualidad relacional es indispensable para sobrevivir en el planeta, así como para cambiar los paradigmas científicos y transformar las estructuras económicas hacia la sustentabilidad en una cultura de la integración y no de la fragmentación. Este trabajo muestra las bases de ambos paradigmas científicos y sus proyecciones en la conciencia social y la situación ambiental mundial proponiendo alternativas para el aprovechamiento de los recursos naturales a través de la permacultura.

## Contenido

### El papel de la cultura en la transformación geológica del planeta y la crisis ambiental

La cultura está inmersa en los patrones de actividad humana cotidianos, en el “desarrollo, intelectual o artístico”.<sup>1</sup> Cada uno de nuestros actos refrenda significados y aporta movimiento a la red relacional social presente en muchos ámbitos, desde lo invisible como el pensamiento hasta lo palpable como las construcciones urbanas, así como todo lo que se ve moldeado por nuestra presencia en este tiempo y espacio dentro del universo. Es la cualidad dinámica que tiene la cultura de recrearse a sí misma, mediante sus interlocutores,<sup>2</sup> su mecanismo de permanencia por excelencia, puesto que “lo único constante es el cambio”.<sup>3</sup>

El lenguaje constituye el principal producto y productor cultural:<sup>4</sup> “es el pegamento que une a la sociedad”,<sup>5</sup> se encuentra contenido en el campo relacional de cada individuo, su proyección recrea la red humana y constituye también la forma de rehacernos en la red misma que mantenemos con nuestros actos cotidianos. Sin embargo, esta red sólo dispara cambios en nosotros, es la totalidad de nuestra estructura<sup>6</sup> la que determina nuestras acciones en el continuo ser y hacer, que en palabras de H. Maturana y F. Varela son inseparables;<sup>7</sup> de esta manera, a través de la interacción, nuestros límites personales se fusionan constantemente en la red humana del sistema planetario Gaia,<sup>8</sup> la Tierra.

El poder de cada individuo y nodo articulante de la red humana, reside en el alcance de la proyección de sus acciones personales y en su impacto cultural. Un ejemplo muy claro es el poder de la palabra, una sola palabra puede desencadenar la secreción del neurotransmisor serotonina y provocar placer,<sup>9</sup> como también una palabra estresante podrá incrementar los niveles de corticoides disminuyendo la respuesta inmunológica propiciando la enfermedad.<sup>10</sup> Las palabras son vibraciones cargadas de significado que reaccionan en las moléculas de quien las escucha transformando sus estructuras atómicas.<sup>11</sup> Millones de seres han muerto en nombre de religiones, lo extraño es que su significado es re-ligar o unir y no desmembrar

---

<sup>1</sup> García-Pelayo, Ramón (1994) *Pequeño Larousse Ilustrado*, México, Larousse.

<sup>2</sup> “El acoplamiento estructural es siempre mutuo; ambos, organismos y medio, sufren transformaciones” p.85 Maturana H. Y Varela F. (1999) *El árbol del conocimiento*, Chile, Debate.

<sup>3</sup> Adolfo Galván

<sup>4</sup> “el lenguaje es nuestra peculiar forma de ser humanos y estar en el hacer humano” p.21 H. Maturana y F. Varela op.cit

<sup>5</sup> p.5 Morrison, Reg (1990) *The Spirit in the Gene: Humanity's Proud Illusion and the Laws of Nature*, EUA, Cornell University Press.

<sup>6</sup> “El fenómeno del conocer no puede ser tomado como si hubieran hechos u objetos allá afuera, que uno capta y se los mete en la cabeza. La experiencia de cualquier cosa allá afuera es validada de manera particular por la estructura humana que hace posible la cosa que surge en la descripción” p. 21 “una perturbación del medio no contiene en sí una especificación de sus efectos sobre el ser vivo, sino que es éste en su estructura el que determina su propio cambio ante ella”, “los cambios que resultan de la interacción entre ser vivo y medio son desencadenados por el agente perturbante y determinados por la estructura de lo perturbado” p.81 Humberto Maturana y Francisco Varela op.cit

<sup>7</sup> “ser y hacer son inseparables” p.41 H. Francisco Maturana y Francisco Varela, op. Cit.

<sup>8</sup> “Gaia is the planetary life system that includes everything influenced by and influencing the biota” Lovelock, James (2000) *GAIA: The Practical Science of Planetary Medicine*, Singapur, Gaia.

<sup>9</sup> Carlos Martínez

<sup>10</sup> Alfonso Islas

<sup>11</sup> “circularidad entre acción y experiencia” p. 21 Humberto Maturana y Francisco Varela op. cit

o aniquilar, éste es un buen ejemplo de cómo la recreación de un significado cargado de intención puede tener grandes alcances.

El lenguaje dentro de la cultura y ésta como elemento detonador de cambios estructurales en el actuar de la humanidad,<sup>12</sup> resulta en la principal fuerza geológica de transformación de la faz de la Tierra, y desde los últimos 500 años, en el desbordamiento de nuestros propios alcances tecnológicos destructivos se constituye la principal amenaza para nosotros mismos.<sup>13</sup>

La interacción humana abarca desde el espacio físico como la infraestructura urbana y el espacio virtual como el internet hasta los mitos y los ritos de las representaciones sociales que generan identidades y diferencias como la idea de “nación” que son recreaciones culturales; sin embargo, “la independencia es un término político, no científico”.<sup>14</sup> los humanos, del país que sean con su capacidad relacional personal, forman parte de la red de la vida y dependen vitalmente de los seres que los alimentan, de las bacterias y algas que producen el oxígeno para respirar, es decir del sistema Gaia que engloba la interacción total de los elementos del planeta Tierra.

La cultura es lo que queda cuando todo lo demás ha desaparecido,<sup>15</sup> mientras permanezca el diálogo para ser recreada, es lo que hacen dos náufragos en una isla desierta y también es lo que permitió a países como Alemania ser potencia mundial años después de haber sido devastada desde sus cimientos por la guerra. La cultura es parte de nosotros en la influencia que ha tenido sobre la formación de la estructura de cada quien desde los comienzos de la especie humana y de ahí que “la cultura abarque todas las modificaciones humanas en el ambiente; desde los primeros vestigios del raciocinio humano como los rituales mortuorios de tapar con hojas a los cadáveres y acomodar los cráneos hasta todo lo producido por el hombre en la actualidad”,<sup>16</sup> como los ideales y las identidades.

Hoy en día, nuestras necesidades rituales se han transformado en rituales consumistas irresponsables de recrearse en el estereotipo del ideal social, orientados entre otras razones, por el fenómeno de masas llamado moda que es una articulación de gran relevancia en la red cultural puesto que genera representaciones significativas para las conciencias que modifican el ambiente; usar un pantalón es convertirse en el modelo estereotipado. El ideal de belleza femenino se ha transformado polarmente desde las formas rebosantes en las estatuillas prehispánicas del culto a la Madre Tierra y las curvas renacentistas hasta el “heroin chic” que mostraban las top-model vanguardistas en los 90s con los huesos a flor de piel. Lo elegante, hermoso, necesario y en ocasiones lo correcto, es lo que está en boga aunque mate de anorexia, enfisema o sobrepeso. En la cultura del consumo la contradicción es un elemento clave de su estructura, mantener el conflicto interno y la confusión a partir de la incongruencia, es más fácil ser obeso o anoréxico que estar en el punto de balance, pocas son las alternativas en el difundido “american way” de comer alimentos altamente procesados y carne, lo que tiene grandes implicaciones ambientales debido a la contaminación que implica la producción industrial alimenticia y su transporte, pero sobretodo porque los productos animales requieren veinte veces más tierra que su

---

<sup>12</sup> “No hay discontinuidad entre lo social y humano y sus raíces biológicas” p.22 H. Maturana y F. Varela op. cit

<sup>13</sup> “... whether we really are God’s chosen species or whether we are not, instead, simply the most destructive event in the Earth’s biological history. “ p.18 James Lovelock op. cit.

<sup>14</sup> Lynn Margulis

<sup>15</sup> Entrevista a Jorge Carrión

<sup>16</sup> Adolfo Galván, citando a Hipólito

equivalente vegetal,<sup>17</sup> estamos tan habituados a nuestra forma de vida que ni siquiera reflexionamos a donde va a dar lo que desaparece sólo de nuestra vista cuando le jalamos al WC , los mecanismos sociales condicionan voluntades, si uno se apega a la tendencia cultural es recompensado con reconocimiento o, por el contrario castigado si se rebela contra esa tendencia y proclama su diferencia.

Experiencias, expectativas y deseos son proyectados, transmitidos y recreados en la red cultural, intencional o inconscientemente; y tan es así que David Bowie produjo 3 discos sin éxito hasta que su nuevo manager encargado del disco "Ziggy Stardust" tuvo la idea publicitaria de hacer creer a la gente que David ya tenía grandes mansiones y era famoso en todo el mundo, el público al creer la publicidad, la recreó y finalmente hizo realidad la proyección publicitaria. Algo similar sucedió hace años en México con la difusión en los medios de publicidad de un "monstruo quimérico" llamado "el chupacabras" que en su momento verdaderamente espeluznó a los entonces mis compañeros de primaria y generó un ecosidio de murciélagos mexicanos polinizadores afectando las cosechas frutales en los años siguientes.<sup>18</sup>

Estos son ejemplos para mostrar que la cultura a través de las tendencias de la moda y la difusión de los medios de comunicación masivos, tiene un gran impacto sobre sus pequeños nodos articulantes y recreativos: nosotros; y a su vez el impacto revertido en nuestras acciones es de grandes dimensiones, año con año se desechan millones de toneladas de ropa y otros productos útiles que "pasaron de moda"<sup>19</sup> siendo que hay 70 millones de mexicanos en la línea de la pobreza que bien podrían aprovecharlos.

Así como vivimos pendientes de valores creados por esta ideología [del consumo], como el desarrollo, el crecimiento, la riqueza, todo lo cual, a fin de cuentas, es el uso inadecuado y depredador de la energía. Día con día consumimos alimentos producidos extensivamente en "una economía campesina impermanente de agricultura y ganadería basada en el desmonte de zonas tropicales; [cuando] se van los árboles, la lluvia se va con ellos; puesto que] los ecosistemas son parte fundamental del sistema de enfriamiento y regulador de temperatura planetarios [, y en nuestro consumo se ve involucrada] la tasa de desmonte mundial [que] es tan grande que si continúa a este paso, para el 2010, más del 65% de los bosques habrán desaparecido [,] si demoramos nuestra decisión de detener la tala de árboles y el desmonte antes de que desaparezca el 70% quizás sea demasiado tarde; el resto morirá de todos modos".<sup>20</sup>

El metabolismo planetario Gaia se renueva a sí mismo, sin embargo el tejido vivo se está perdiendo a raíz de nuestro continuo ser, hacer y actuar cultural durante la cotidianidad de nuestra forma de vida irracional y, con ello, la posibilidad de recuperar las dinámicas orgánicas que hasta ahora habían favorecido las condiciones para nuestra existencia.

El cielo es gris en las ciudades por los automóviles, las industrias y porque no hay en ellas organismos que se den abasto para transformar los metales pesados y capturar de dióxido de carbono, de la misma manera que es deficiente el metabolismo orgánico en otros sectores del planeta como los ríos contaminados, simplemente por que cada vez hay menos organismos (bacterias, hongos, protoctistas, animales, plantas y demás seres no-humanos)

<sup>17</sup> "To produce food as beef or dairy products requires twenty times as much land as its vegetable equivalent", p.176 James Lovelock op.cit

<sup>18</sup> Victor Bedoy

<sup>19</sup> Dennis Dpoint

<sup>20</sup> p.158 James Lovelock op.cit.

que lo realicen, “los efectos de la tala desmesurada serán probablemente el primer desastre global de dimensiones gigantescas en presentársenos dentro de una década o dos”<sup>21</sup>, “¡El mundo humano está aplastándose a sí mismo!”<sup>22</sup>

Todo lo anterior nos muestra el profundo impacto del arraigo de la cultura consumista. Mientras exista transmisión y recepción de ésta nuestra cultura de la racionalización<sup>23</sup> continuará su proyección nociva a nivel planetario. Gaia es capaz de sustentar a todos los humanos en abundancia y armonía, pero el problema está en éste desfase en la recreación de la realidad humana sin un proyecto con sentido de propósito que integre holísticamente<sup>24</sup> nuestra interacción con el sistema planetario Gaia; la cual empieza desde la manera de relacionarnos con nosotros mismos en la conciencia corporal hasta donde reverbera nuestra presencia en el universo.

### El paradigma científico mecanicista y su impacto cultural

Las prácticas cotidianas del hacer humano y la cosmovisión donde cobran sentido hoy en día son consistentes con la forma mecanicista de pensar desarrollada a partir de la época de los descubrimientos en su mayoría, el siglo XVI y XVII, que consiste en una visión de la relación humano-naturaleza muy distinta a la conocida anteriormente. Con las aportaciones científicas de Galileo, Copérnico, Bacon, Newton y Descartes, entre otros, fue posible explicar grandes invariantes del Universo a través de la ciencia y se consolidó esta disciplina a partir de su método explicativo, el método científico que propuso explicar el todo a partir de sus partes aislando la parte del Universo de nuestro interés reduccionistamente,<sup>25</sup> con la concepción de que el Universo opera como una máquina, incluido el cuerpo humano, en enfoque se le dio a las partes más que a la relación entre ellas, la naturaleza perdió parte de su encanto, dejaron de ser los espíritus los moradores de los bosques y poco a poco se nos fueron olvidando los dioses que mandaban la lluvia, ahora el humano tenía conocimiento sobre las “leyes naturales” de un mundo de objetos que le concedió el poder y la autoridad para moldear la naturaleza a su antojo, olvidar a la Madre Tierra, Pachamama, Gaia o Tonantzin; lo que también sumó poder al patriarcado.

El mapa del mundo estaba completo para ese entonces a pesar de que los chinos ya habían navegado las costas de África y decidido no conquistar Europa, y los vikingos por las costas de Norteamérica sin quererlas conquistar tampoco, fueron los europeos los que dieron el paso hacia la apropiación de grandes territorios, comenzando así el gran flujo transcontinental, mundial, de biomasa humana, mercancías, materias primas, o sea capital y con ello uno de los principales impactos a la red ecológica: la fragmentación del hábitat por las redes de comunicación humanas.

De aquí que durante la revolución industrial se agotaran los bosques ingleses para dar abasto de carbón a las máquinas de vapor, fue posible optimizar la producción en cuanto a

---

<sup>21</sup> p.158 James Lovelock op.cit.

<sup>22</sup> Margarita Camarena

<sup>23</sup> “el mal no deriva de la racionalización de nuestro mundo, sino de la irracionalidad con la que actúa dicha racionalización” Margarita Camarena cita a Andovindo

<sup>24</sup> “Ever expanding cycles of all inclusiveness”, José Argüelles.

<sup>25</sup> “materialismo y reduccionismo de pensar la realidad principalmente sobre la base de sus determinantes biofísicos, del determinismo en sí y rechazar todo aquello que no puede ser puesto en porcentajes, que no puede ser cuantificado”. Diálogo con Abelardo Brenes, pág 5 en: Gallegos R. 2004. Sabiduría, Amor y Compasión. Educación holista y filosofía perenne II. México.

inversión horas de trabajo humana pero también se desató una competencia desenfundada contra el tiempo, con fe en el progreso material ilimitado por sobre el bienestar humano<sup>26</sup>, y también fe en que somos una especie diferente por nuestra conciencia supuesta justificación para actuar por encima de las dinámicas del resto de la vida, sin embargo la conciencia es una cualidad de la vida<sup>27</sup> y compartimos el 99.60<sup>28</sup> nuestros genes con los chimpancés.

Hay tres visiones conflictivas del mundo presentes en la ciencia actual que propician incoherencias en la racionalidad actual, estas que son las ideas del tiempo reversible de la física mecánica newtoniana, la idea de que el tiempo fluye en una dirección y la naturaleza se mueve hacia el incremento de la entropía =desorden de la termodinámica lineal clásica y la idea de que el tiempo fluye en una dirección pero la naturaleza se mueve hacia el incremento del orden: evolución darwiniana clásica; que más da pensar que el tiempo fluye en todas direcciones o que no existe, habiendo semejante contradicción en las ideas fundamentales del movimiento o trayectoria de un punto a otro, el tiempo.

Hay otro punto relevante en la base de la racionalidad cultural tecnológica actual: Darwin habla de que las especies compiten por recursos para sobrevivir y los no aptos son eliminados por la selección natural; su trabajo ha sido clave para entender los procesos de cambio a través del tiempo esto es la evolución sin embargo es importante hacer énfasis en la cooperación como un factor de suma relevancia en la evolución de la vida tal como Lynn Margulis demostró con su Teoría Serial de la Endosimbiosis, las ramas evolutivas no solo divergen sino que se fusionan en los puntos de mayor transformación, así, los organismos somos amalgamas bacterianos, pequeñas totalidades dentro de totalidades mayores que se proyectan en sistemas mayores: ecosistemas y Gaia. De aquí que sea evolutivamente relevante cooperar con los demás más que competir por ser el número uno.

El bienestar material y avance de la ciencia a costa de la naturaleza y de la explotación del hombre, así como las aportaciones de la medicina como la penicilina, propició el aumento desmedido actual de la población humana<sup>29</sup> a 6 000 000 000 y también sus necesidades básicas siendo éstas las principales causas de extinción<sup>30</sup> de especies que está sucediendo hasta 10 000 veces más rápido que lo normal.<sup>31</sup> Nos hemos apropiado de la mitad del agua dulce del planeta<sup>32</sup> y de grandes cantidades la energía de la biosfera<sup>33</sup> indispensable para

---

<sup>26</sup> "increasingly, all forms of culture are being subordinated to technology, and technological innovation, rather than the increase in human well-being, has become synonymus with progress" p.70 Morrison Reg, op.cit.

<sup>27</sup> Margulis, Lynn y Sagan, Dorion (1995), *What is life?*, Canada, University of California, Press.

<sup>28</sup> "More illuminating is the comparison between the active components of DNA, the genes. These protein-coding sequences show a 99.6% match. Of the two extant species of chimp, the bonobo, or pygmy chimpanzee (*Pan Paniscus*), appears both morphologically and behaviorally to be most closely related to humans." P.6 Reg Morrison op. cit.

<sup>29</sup> "... Our exponential growth will soon cease through its own contradictions. As the 19<sup>th</sup>-century economist Thomas Malthus foresaw, the human population is outstripping its food supply and environment and must in the end be curtailed – by famine, disease, war, or natural catastrophe. Malthus' predictions are coming true at last. The statement "There is no pollution but people" carries an awful truth." P.14 James Lovelock, op. cit.

<sup>30</sup> "Given the soaring extinction rate due to human overpopulation, the greatest threat to earth's biota is our own species." p.237, Greg Morrison op. cit

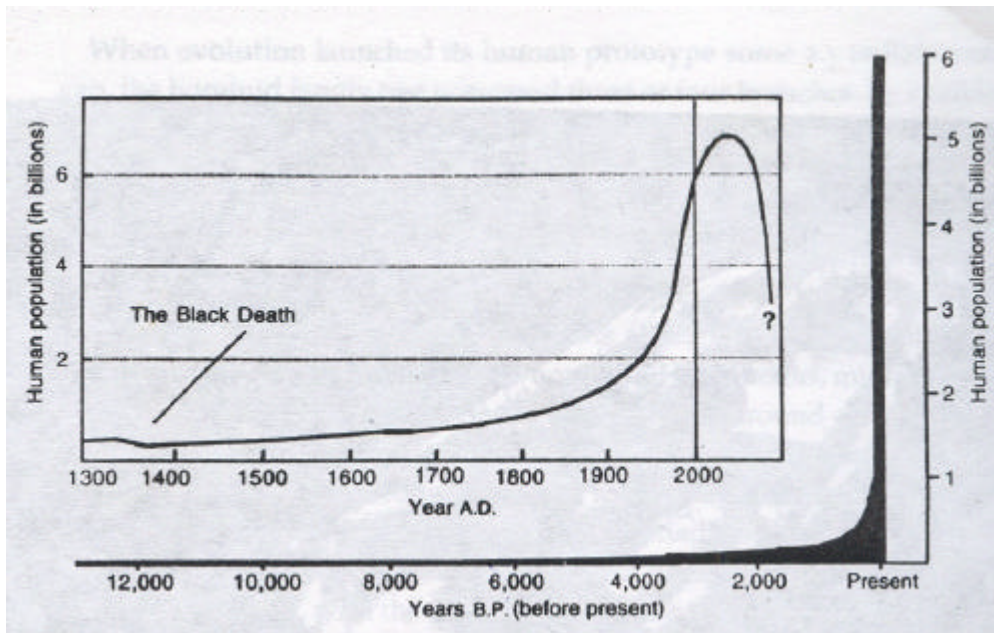
<sup>31</sup> "Meanwhile the two primary measures of biospheric stress, the rate of species extinction and the increasing carbonization of the atmosphere, continue to mount. With an extinction rate now running between 1,000 and 10,000 times faster than the original background rate of one species per million per year and a 33% rise in the level of atmospheric carbon in the past two hundred years, there is no mistaking the message –it is a unanimous thumbs down.... The human plague cycle is right on track for a demographically normal climax and collapse..." p.237, Reg Morrison op. cit

<sup>32</sup> James Lovelock, op.cit.

otras especies; “desde que comenzó la agricultura y la ganadería extensiva el metano atmosférico se ha duplicado en abundancia”<sup>34</sup> y que junto con los grandes cambios en las concentraciones de dióxido de carbono<sup>35</sup> está modificando las dinámicas energéticas de la atmósfera<sup>36</sup> la cual es indispensable para mantener las condiciones ambientales para la vida<sup>37</sup>. Si no se realizan acciones concretas urgentemente los cambios resultarán irreversibles<sup>38</sup>. Los problemas ambientales actuales son complejos y requieren soluciones complejas.

A continuación se muestran dos gráficas de Reg Morrison que muestra el aumento en la población humana en los últimos 12 000 y 1 300 años:

<sup>39</sup>



<sup>33</sup> “The energy we humans daily appropriate, directly or indirectly, to feed, clothe and house ourselves amounts to somewhere between 20% and 40% of all the solar energy that is photosynthetically trapped each day by vegetation on the world’s land masses.” p. 11 Reg Morrison op. cit.

<sup>34</sup> p.39 James Lovelock op.cit.

<sup>35</sup> “... we have continued to increase carbon dioxide above the normal interglacial level of 280, to 368 parts per million. We have increased another greenhouse gas, methane, above its natural level of 650, to 1760 parts per billion. ... The Earth’s surface temperature has risen about 1°C since 1800, the start of the industrial revolution and over the same period the sea level has risen by 5cm. Nothing we can conceivably do in the next few years will alter the unstoppable increase. We do not have the time to start all over again. We are about to experience the consequences of what we have already done to Earth” p.14 James Lovelock op.cit.

<sup>36</sup> “Many of the pollutant gases we release to the atmosphere are powerful absorbers of infrared radiation, and by retaining more heat can increase the warmth of the Earth. If we continue to add these gases to the air, in time the Earth may become too hot for our comfort”. P. 166 Reg Morrison op.cit.

<sup>37</sup> “Without Earth’s thin blanket of atmosphere, and without the organic chemistry that maintains it, this planet would be a lifeless ball of frozen rock, approximately 33° C colder than present.” P.18 Reg Morrison op. cit.

<sup>38</sup> “None of the environmental agonies now confronting us –the destruction of the tropical forests; the degrading of land and seas; the looming threat of global warming; ozone depletion and acid rain – would be a perceptible problem at a global population of 50 million. Even at a billion people, these pollutions would probably be containable. But at our present numbers – more than six billion– and present way of living. They are insupportable. If unchecked, they will kill a great many of us and other species, and change the planet irreversibly”. p.155 James Lovelock op. cit.

<sup>39</sup> Tomado de Reg Morrison, op. cit.

## La ciencia de la complejidad hacia la conciencia holista

Tal parece que en la cultura actual la meta del conocimiento es aprender a controlar y manipular la naturaleza, particularmente para el conocimiento científico. El éxito del control sobre la naturaleza se hace evidente en la tecnología de la que disponemos y el avance de las sociedades humanas. Este avance se ha logrado principalmente al conquistar y comprender los sistemas lineales, aquellos que presenten relaciones predecibles de causa y efectos entre sus componentes para comprender el todo.

Sin embargo hay miles de procesos con comportamientos no lineales que hemos logrado controlar y comprender. El mejor ejemplo es el del reloj pendular, símbolo del paradigma mecánico dominante. El reloj de péndulo muestra un ciclo estable y definido de movimiento no lineal en el que las perturbaciones externas no alteran su funcionamiento periódico. Durante los últimos años, cada vez más estudios muestran que una gran cantidad de sistemas, en particular los sistemas biológicos, presentan un comportamiento distinto caracterizado por la no linealidad y la impredecibilidad. Estos sistemas se conocen como sistemas complejos porque presentan interacciones no lineales entre sus componentes y son sensibles al estado inicial del sistema mostrando propiedades globales no presentes en los niveles de organización inferiores. La sensibilidad a las condiciones iniciales que poseen los sistemas complejos por lo regular está asociada con el caos debido a que pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden dar lugar a grandes variaciones en el estado final del sistema. Este efecto se conoce como el efecto mariposa, debido a que el aleteo de una mariposa en Brasil puede ocasionar en un mes una tormenta en China. Ésta es una de las razones por las que los sistemas complejos pueden llegar a ser impredecibles. El presente uso del término caos difiere del conocimiento general en el hecho de que posee una lógica intrínseca y se puede definir matemáticamente mediante ecuaciones determinísticas.

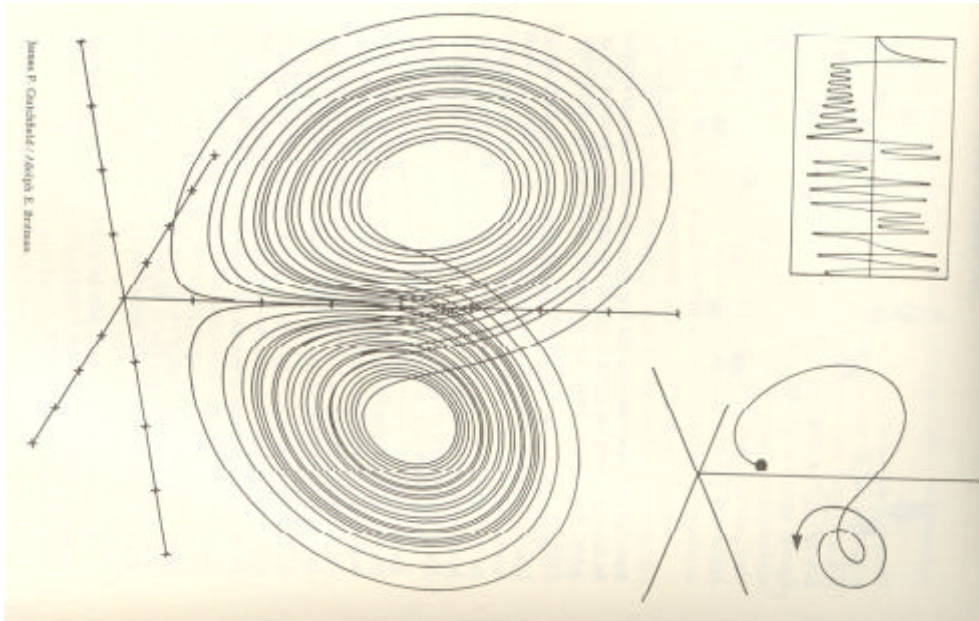
Es prudente definir este estado peculiar como 'caos determinístico', más que solamente como caos, aunque ambos términos son utilizados por los científicos para referirse al mismo fenómeno. Dadas las características especiales de los sistemas caóticos, somos capaces de predecir las cualidades del comportamiento del sistema pero no de hacer predicciones cuantitativas precisas de las diferentes variables del sistema, como por ejemplo en los modelos de cambio climático a largo plazo.

Los sistemas complejos que presentan el estado de caos determinístico son impredecibles y determinables lo cual parece una paradoja. Son determinísticos en el sentido de que pueden determinarse por las condiciones iniciales del sistema pero son impredecibles en el sentido de que son altamente sensibles a estas condiciones. Esto significa que se requieren mediciones precisas para predecir el estado final del sistema lo cual es imposible de lograr por observadores humanos.

La sensibilidad a las condiciones iniciales contiene un aspecto divergente que aleja sus trayectorias pero el total de las trayectorias permanece contenido en un dominio. Dentro de este dominio el aspecto divergente de la trayectoria coexiste con el aspecto convergente creando un balance entre ellos. Este dominio se denomina atractor extraño debido a los patrones altamente organizados y complejos que forma el sistema en el tiempo y el espacio en relación con los otros dos tipos básicos de atractores: los periódicos y los puntuales. La mayoría de los sistemas complejos presentan dinámicas caóticas que tienen determinismos

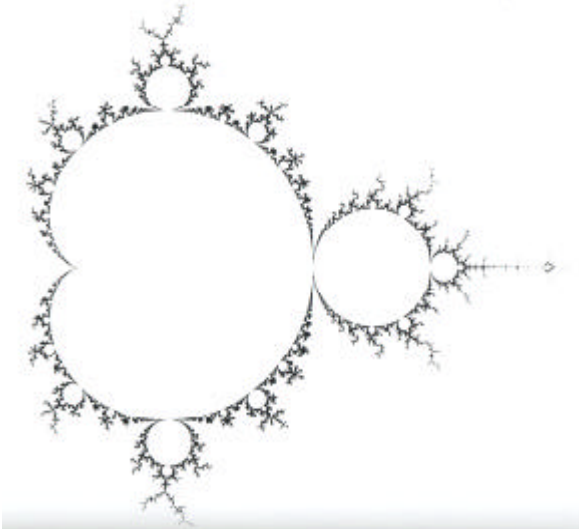


intrínsecos aunque no aleatorios y la sensibilidad a las condiciones iniciales. A continuación se muestra un modelo de un atractor extraño:



Los atractores extraños (strange attractors) son representaciones del comportamiento a largo plazo de un sistema complejo que nunca repiten la misma trayectoria; en otras palabras, presentan propiedades fractales. Mandelbrot (1975), acuñó el término fractal (del latín *fractus*, roto) para caracterizar fenómenos espaciales o temporales continuos pero no diferenciables, presentando la peculiaridad de auto similitud, un ejemplo de este modelo se muestra a continuación.

40



<sup>40</sup> Tomado de James Gleick op. cit.

Las propiedades fractales son independientes de la escala, auto similitud y niveles infinitos de detalle. Si un fractal se magnifica encontraremos el mismo patrón presente una y otra vez en todas las escalas. El hecho de que la dimensionalidad de un atractor extraño es un fractal produce un vínculo directo con el caos, debido a que el atractor posee la posibilidad infinita de trazar patrones dentro de patrones sin fin, aunque confinado a una región finita. Estos atractores extraños, no son nada extraños en el sentido de que son un fenómeno sumamente común en el mundo natural.

Es necesario considerar que los fractales y atractores son abstracciones matemáticas, no son reales en el mismo sentido que nosotros, pero nos ayudan a comprender el mundo que nos rodea y la organización inherente a la vida que contenemos. Habiendo dicho esto, podemos decir que la naturaleza en general es fractal; abundan ejemplos de geometría fractal como las nubes, las hojas de los helechos, los ríos, los capilares sanguíneos, colonias de bacterias, cristales de hielo, galaxias, coliflores, algunas ciudades, árboles, costas, la lista es infinita. De esta manera gran parte de la naturaleza puede representarse por un atractor extraño o caótico con trayectorias complejas que exhiben geometría fractal.

Los sistemas complejos se caracterizan por su sensibilidad a las condiciones iniciales y por sus propiedades emergentes no presentes en los niveles de organización previos. Es por esto que no se puede predecir su comportamiento estudiando las propiedades de los componentes individuales mediante el enfoque científico reduccionista actual. Existe evidencia de la abundancia de las propiedades emergentes en la naturaleza como sistemas complejos que para comprenderlos requieren cambiar el enfoque de las cantidades hacia el de las cualidades.

Una de las propiedades más interesantes en los sistemas complejos es la auto organización, esto es, cuando en el tiempo y el espacio surgen espontáneamente patrones de procesos en apariencia aleatorios. Mencionaremos tres ejemplos de auto organización en sistemas complejos:

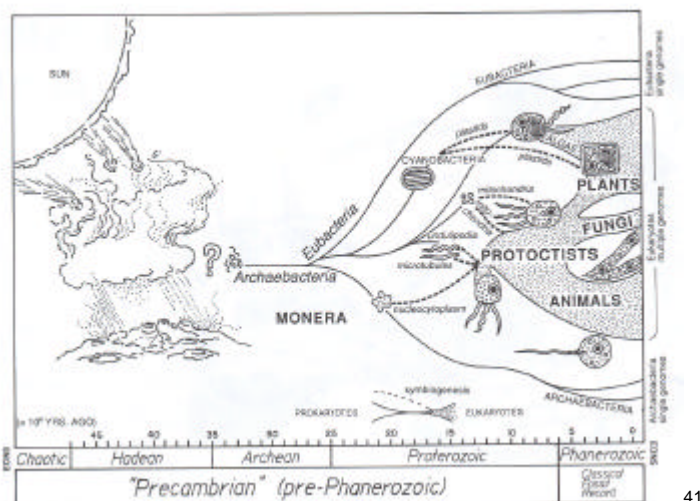
Primero. El sistema de convección física de Bénard. Cuando una capa delgada de spermaceti o aceite de silicon es calentado por abajo de la fluidez inicial del sistema inesperadamente se transforma en una serie de celdas hexagonales de convección organizadas en un patrón similar a las colmenas hexagonales. El punto en el que la condición inicial del aceite cambia hacia el patrón ordenado de colmena se denomina punto de bifurcación. Las leyes de la termodinámica cerca del equilibrio sugieren que a mayor temperatura mayor desorden, pero en este caso el aceite reacciona de la manera opuesta lo que implica un comportamiento cooperativo entre las moléculas del aceite. Este ejemplo enfatiza la importancia del comportamiento caótico característico de los sistemas complejos para comprender su funcionamiento.

Segundo. La reacción química de Balousov y Zhabotinsky (B-Z). Cuando se combinan elementos orgánicos e inorgánicos en esta reacción se generan espontáneamente anillos concéntricos que se desplazan hacia la periferia de la superficie de la caja de Petri en ciclos de inhibición y perturbación externa. La auto organización se hace evidente en la organización espacial, la oscilación y la combinación temporal de los componentes. Estos procesos y patrones observados son muy similares a los que se presentan en las células de los seres vivos.

Tercero. En biología, Maturana y Varela acuñaron el término autopoiesis (auto generarse) para definir la propiedad organizativa estructural de los seres vivos. Nuestro cuerpo está en permanente transformación tanto que en menos de tres semanas nuestras células de la piel son renovadas completamente. Hay un flujo permanente de materia y energía a través de nosotros, vivimos en la sustitución permanente de nuestros componentes, tenemos moléculas encargadas de producir a otras y así hasta llegar a las productoras de las primeras, el sistema vivo se genera a sí mismo, confinado por los límites de su dinámica autopoietica. La autopoiesis también representa el momento en la evolución química del planeta en el que una red de reacciones moleculares fue capaz de mantenerse y reproducirse para dar lugar a los seres vivos.

Esta cualidad autopoietica de los seres vivos nos permite entender aspectos importantes de la evolución de la Tierra. Lynn Margulis y otros autores a través de la Teoría Serial de la Endosimbiosis, explican la evolución de la vida a partir de la integración simbiótica de varias unidades autopoieticas. Todas las formas de vida se pueden dividir prácticamente en dos tipos: las compuestas por células sin núcleo (membrana que rodea el DNA) conocidas como bacterias o procariotas y las células eucariotas (con núcleo, como las de los Animales, Hongos, Plantas y Protoctistas). La propuesta de Lynn Margulis sostiene que hace aproximadamente 2 500 millones de años dos tipos distintos células bacterianas se fusionaron físicamente para dar origen a una nueva célula quimérica con un núcleo que engloba el DNA y un sistema avanzado de producción de proteínas: la célula eucariota. Posteriormente, esta quimera agregó a su estructura autopoietica a las bacterias moradas respiradoras que una vez domesticadas se convirtieron en el organelo que realiza la respiración dentro de nuestras células. Pero a esta amalgama se le agregó aún otra bacteria que dio origen al reino de las plantas cuando adquirieron la capacidad de fotosintetizar al apropiarse de algún tipo de cianobacteria.

Ésta teoría sostiene que el principal motor de cambio evolutivo es la simbiogénesis esto es, la cooperación entre distintos tipos celulares para dar pie a unidades celulares más complejas. A continuación se muestra las adquisiciones bacterianas sucesivas en el modelo de la Teoría Serial de la Endosimbiosis:



41

<sup>41</sup> Tomado de Margulis, Lynn y Schwartz, Karlene (1998) 3 ed. *Five kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, New York, W. H. Freeman.

Las ideas anteriores se interrelacionan en la teoría Gaia que fue concebida por el químico inglés James Lovelock al final de la década de los sesentas y postula que nuestro planeta se comporta como un ser vivo. Esto se derivó de las observaciones que realizó Lovelock de la composición atmosférica de Marte, Venus y la Tierra mientras trabajaba para la NASA. Él observó que la atmósfera tanto de Venus como de Marte se encontraban en equilibrio químico, mientras que la de nuestro planeta se encontraba en un gran estado de desequilibrio. Ya que el clima depende de la composición atmosférica, se dio cuenta de que existía evidencia de que la Tierra había mantenido un clima apto para la vida desde que ésta surgió en el planeta a pesar de un aumento de 30% en la luminosidad solar.

Estos hechos condujeron a Lovelock a suponer que la biota y su ambiente conforman un solo proceso evolutivo auto-regulante, en el que ninguna de las dos partes se encuentra a cargo. Tiempo después y con la valiosa colaboración de la microbióloga estadounidense Lynn Margulis, la hipótesis Gaia elucidó los mecanismos por los cuales la biota regulaba activamente su entorno.

Antes de que surgiera la vida en nuestro planeta, la Tierra evolucionaba hacia un estado como el de Marte y Venus –un planeta árido con una atmósfera principalmente compuesta de dióxido de carbono.

Cuando las condiciones ambientales fueron aptas para el surgimiento de la vida, los primeros organismos (bacterias) utilizaron los compuestos encontrados en la corteza terrestre, los océanos y la atmósfera para crear sus células. Las bacterias regresaban al ambiente sus deshechos y sus propios cuerpos a la hora de su muerte. Cuando las bacterias se reprodujeron en abundancia fueron capaces de cambiar la composición de su entorno. Esto significa que poco después de su origen, la biota se adaptaba no sólo al entorno geológico de su nacimiento sino a un ambiente de su propia creación.

Biota y ambiente se entrelazaron íntimamente en una relación planetaria de reciprocidad que ha mantenido las condiciones ambientales aptas para la vida desde hace aproximadamente 3,600 millones de años. El resultado de esta relación se conoce como Gaia.

La teoría Gaia ha tenido numerosas y valiosas contribuciones a la ciencia dentro de las cuales destaca que los organismos transfieren nutrientes de los océanos a la tierra y viceversa, que la biota influye grandemente en las tasas de intemperismo de las rocas y que los organismos están relacionados con la formación de nubes y por ende en la regulación del clima planetario. En relación con la teoría de evolución por selección natural de Charles Darwin, Gaia amplía esta visión al postular que los organismos no sólo se adaptan a su ambiente sino que también lo influyen y más aun, conforman un solo proceso. A continuación se muestra un dibujo unitivo de las formas de vida con el planeta:

---



42

La teoría Gaia ofrece una nueva manera de hacer ciencia que presenta un enfoque transdisciplinario en el que diferentes ramas de la ciencia (ecología, geología, microbiología, etcétera) se unen y participan para generar estructuras coherentes de conocimiento. De esta manera, reemplaza la visión mecanicista y reduccionista de la ciencia convencional y propone en sí misma una alternativa para generar soluciones a la crisis ecológica planetaria actual.

Tal vez la contribución más importante de la teoría Gaia ha sido a la sociedad en general al ayudar a generar una visión más ecológicamente orientada y al enfatizar la íntima relación entre todos los seres vivos y el planeta. También al hacer énfasis en la gran influencia que los seres vivos, incluyendo el hombre, tienen en su entorno del cual dependen y, por ende, en la gran capacidad que tenemos de enmendar los daños que hemos causado a nuestro hábitat y a sus habitantes: Gaia.

Dada la naturaleza compleja de la vida, la ciencia de la complejidad provee el lenguaje apropiado para la comprensión y el tratamiento de los sistemas no lineales debido a que se enfoca en la emergencia de patrones complejos o comportamiento colectivo que suceden a través de interacción repetida entre las partes presentes en niveles inferiores de organización, organizados generalmente en jerarquías. Éstas jerarquías se encuentran compuestas por partes que a la vez son totalidades en sí mismas. Algunos científicos utilizan el término holón para representar el estado de parte y totalidad de los componentes y holarquía para nombrar las jerarquías que forman estos sistemas.

Los patrones complejos pueden emerger de reglas sencillas a partir de información local sin la ayuda de un plan o de un grupo de instrucciones predeterminadas. Los fenómenos impredecibles que exhiben los sistemas complejos como auto organización al cambiar de estado físico se conocen como transiciones de fase o bifurcaciones que separan los dominios del caos y el orden.

Los estudios complejos proveen la base para el urgente cambio de enfoque científico y de nuestra vida cultural cotidiana de las partes a las totalidades, de cantidades a cualidades, de composición a relación.

---

<sup>42</sup> Tomado de: Margulis, Lynn, (1998) *Symbiotic planet. A new look at evolution*. New York: Basic Books.

Pero hay que ser cuidadosos de no caer en un nuevo paradigma que rechace todo lo que hace la ciencia reduccionista porque indudablemente ha proporcionado muchos aciertos. Hagamos un esfuerzo para balancear estas dos perspectivas en apariencia opuestas en una visión transdisciplinaria que cambie la idea de dominación del mundo por una visión más ética y participativa.

La nueva visión deriva del hecho de que nosotros como el resto de los seres, surgimos espontáneamente de dinámicas caóticas complejas de la vida por lo que no estamos por encima de otros seres. Somos una expresión más de la sorprendente biodiversidad y belleza que nos rodea. El nuevo paradigma no representa una verdad absoluta, solamente propone un camino de acción congruente con la realidad que presenciamos.

## Permacultura

Se requiere cambiar los modelos de desarrollo basados en la ciencia como principal motor de producción capital, hacia la ciencia como elemento inclusivo de cualidades relacionales no lineales, para el diseño de estructuras holárquicas auto organizantes<sup>43</sup> que den abasto a las necesidades humanas con una política de sustentabilidad como la permacultura,<sup>44</sup> que propone moderar nuestras demandas a la Tierra sin dejar de disfrutar la vida planetaria, propiciando así: 1) el comercio justo que fomente las cadenas productivas económicas y ecológicas como la pequeña producción agrícola,<sup>45</sup> 2) la conservación de las biorregiones, 3) la cultura energética del consumo responsable que implica reciclar, reducir y reutilizar, 4) erradicar la pobreza y la desigualdad y 5) la disminución de los principales motores de conflictos ambientales: automóviles, ganado y motosierras.<sup>46</sup>

El cambio social y cultural es un acto de conciencia de transformar el paradigma dominante y sus repercusiones culturales, desde la ciencia hasta la política, desde el arte hasta los corazones humanos. Se requiere hacer énfasis en las relaciones más que en las partes para poder ver a los seres vivos como totalidades integradas<sup>47</sup>, inseparables de la atmósfera, la tierra y el mar en un planeta que respira<sup>48</sup>. La vida como el fuego se conforma en flujos de orden impredecibles y dinámicos,<sup>49</sup> vivimos inhalando<sup>50</sup> y exhalando aire, transformando

---

<sup>43</sup> Christopher Day

<sup>44</sup> "un método para diseñar ecosistemas humanos sostenibles basados en la cooperación conciente con los elementos de la naturaleza. A partir de una ética basada en el cuidado de la tierra, el cuidado de las personas y la práctica de una actividad agrícola sostenible, la permacultura permite satisfacer las necesidades humanas básicas sin dañar el medio ambiente y utilizando el menor espacio posible. Al emplear tecnologías simples y apropiadas, al alcance de todos, dirigidas a usar eficientemente los recursos y la energía, podemos contribuir a restaurar el equilibrio ecológico de nuestro entorno y promover una convivencia social más justa y equitativa. A diferencia de la cultura industrial, basada en la explotación de la naturaleza y de las personas, la competencia y el consumo, la permacultura busca integrar las comunidades humanas a su entorno natural a través de la observación, la responsabilidad, el cuidado, la solidaridad y la cooperación con todos los seres vivos",,, Villa Agroecológica, Tierra del Sol Tlacoahuaya, Oaxaca, México.

<sup>45</sup> El mito de la escala: la superioridad de la pequeña producción. V. M. Toledo

<sup>46</sup> "We cannot manage the Earth, but we can usefully regulate our lives, and our human institutions. I find it helpful as a start to keep an image of the three deadly Cs in mind: Cars, Cattle, and Chainsaws." p.176 J. Lovelock op.cit

<sup>47</sup> "living systems are integrated wholes whose properties cannot be reduced to smaller parts", p. 36 Capra, Fritjof (1997) *The web of life: A new synthesis of life and matter*, Flamingo.

<sup>48</sup> habiendo más CO<sub>2</sub> en el lado oscuro del planeta a diario

<sup>49</sup> "la vida como la flama de una vela son sistemas termodinámicamente abiertos que consumen materia ordenada alta en energía y liberan materia desordenada baja en energía para mantener las dinámicas disipativas internas que permiten la permanencia del sistema, de ahí la impredecibilidad en los puntos de inestabilidad a partir de donde emergen nuevas estructuras y formas de orden. Vida y flama son flujos de orden que mantienen sus formas" Ilya Prigogine citado por Fritjof Capra, op.cit.

<sup>50</sup> La palabra inspirar proviene de spiritum, espíritu.

materia y energía a través de nosotros tanto que en menos de un año el 98% de nuestros átomos son sustituidos,<sup>51</sup> “no hay partes, solo patrones en una inseparable red de relaciones en donde las relaciones son primarias”.<sup>52</sup> Vivimos dentro de un sistema Gaia autocontenido, autogenerante y autopetruante.

La cultura y la biodiversidad son inseparables, recordemos la coevolución del maíz y la cultura maya, el Popol Vuh que habla de los hombres del maíz, dice que somos el sol que formó al maíz que comemos. Sol, agua, tierra, aire, en movimiento, somos desde la vida de la primera célula que existió y que se ha transmitido transformándose hasta ahora. “Somos generaciones que se continúan en nosotros y en los que nos suceden para no morir jamás”.<sup>53</sup> Nuestro límite físico tiende al infinito.<sup>54</sup>

En el ser y hacer que nos recrea culturalmente “el hombre debe asumir lo desmesurado de él, la apertura de sí mismo; volverse infinito para asumir lo sublime”;<sup>55</sup> consciente de sí y así, consciente de todos los que son a través de nosotros, y todo lo que somos a través de nuestra interacción, vivamos la vida en toda su extensión.

## Bibliografía

Advancing farm animal welfare. <http://www.ciwf.org.uk/eatlessmeat/>

Capra, Fritjof (1997) *The web of life: A new synthesis of life and matter*, London, Flamingo.

Coveney, Peter y Highfield, Roger (1995) *Frontiers of complexity: The search for order in a chaotic world*, New York, Ballentine Books.

Gallegos, Ramón (2004) *Sabiduría, Amor y Compasión*, Educación holista y filosofía perenne II, México. Ramón Gallegos

García-Pelayo, Ramón (1994) *Pequeño Larousse Ilustrado*, México, Larousse.

Gleick, James (1987) *Chaos: making a new science*, EUA, Penguin books.

Goodall, Jane, The Jane Goodall Institute. <http://www.janegoodall.org/>

Goodwin, Brian y Sole, Richard (2000), *Signs of Life: How Complexity Pervades Biology*, EUA, Basic Books.

Goodwin, Brian (2001) *How the leopard changed his spots: The leopard changed its spots: The evolution of complexity: The evolution of complexity*, New Jersey, Princeton University Press.

Lovelock, James (2000), *GAIA: The Practical Science of Planetary Medicine*, Singapur, Gaia.

---

<sup>51</sup> Lynn Margulis op. cit.

<sup>52</sup> p.38 Fritjof Capra op.cit

<sup>53</sup> Antonio González

<sup>54</sup> Guillermo Valadez

<sup>55</sup> Margarita Camarena

- Maturana, Humberto y Varela, Francisco (1999), *El Árbol del Conocimiento: Las bases Biológicas del Conocimiento Humano*, Chile, Debate Pensamiento.
- Margulis, Lynn y Sagan, Dorion (1995), *What is life?*, Canada, University of California, Press.
- Margulis, Lynn y Sagan, Dorion (2002) *Acquiring Genomes: A theory of the origin of species*, EUA, Basic Books.
- Margulis, Lynn, (1998) *Symbiotic planet. A new look at evolution*. New York: Basic Books.
- Margulis, Lynn y Schwartz, Karlene (1998) 3 ed. *Five kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, New York, W. H. Freeman.
- Morrison, Reg (1990) *The Spirit in the Gene: Humanity's Proud Illusion and the Laws of Nature*, EUA, Cornell University Press.
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco (2003) *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La Organización de lo Vivo*, Buenos Aires, Lumen.
- Natural resources defense council. 2005. <http://www.nrdc.org/>
- Prigogine, Ilya (1996) *El Tiempo y el Devenir*, España, Gedisa.
- Restrepo, Jairo (2005) *La luna "El sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura"*, Colombia, Feriva.
- Waldrop, Mitchell (1992) *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, New York, Touchstone.