

## Estudio de los ecosistemas desde la perspectiva de la complejidad\*

Anunziata Di Salvo<sup>1</sup>, Nick Romero<sup>2</sup> y José Briceño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Núcleo Maracay. Departamento de Química, Núcleo de Investigación: Modelos Alternativos de enseñanza en Ciencias Naturales (NIMAECNA). Venezuela.

<sup>2</sup>Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Núcleo Maracay. Departamento de Biología, Núcleo de Investigación Ambiental con fines Educativos (NIAFE). Venezuela.  
E-mail: aedisalvo@hotmail.com , nickromero@cantv.net, jmbricesoto@hotmail.com

### Resumen

---

La ecología es considerada la ciencia que estudia los ecosistemas y las distintas relaciones que ocurren entre sus componentes. Aunque con el pasar del tiempo se ha concebido de una manera más amplia dado su papel de ciencia de síntesis, aún se encuentra limitada en las herramientas cognitivas con las cuales aborda su objeto de estudio. Un macro-ecosistema, como por ejemplo el planeta Tierra, representa un sistema sumamente complejo, por lo que el estudio apropiado del mismo no puede reducirse a describir la relaciones entre los elementos que lo conforman. Se hace necesario también, dilucidar la dinámica de su comportamiento y evolución. En tal sentido, la siguiente propuesta busca considerar algunos aspectos tales como las nociones de autopoiesis, estructuras disipativas, equilibrio dinámico, principios de recursividad y dialogicidad, basada en los fundamentos del paradigma de la complejidad a fin de estudiar los ecosistemas desde una visión Complejo-Ecológica.

**Palabras clave:** Ecología, complejidad, enseñanza.

\* Presentado como ponencia en las VII Jornadas de Investigación y Postgrado.

# A Study of Ecosystems from the Complexity Perspective

## Abstract

Ecology is considered the science that studies the ecosystems, and the several relationships that occur among its components. Although, with the passing of time, it has been conceived in a wider way because of its role as the science of synthesis, Ecology has still limited cognitive tools in order to deal with the object of its study. A macro-ecosystem, such as Earth, represents a highly complex system. Thus, its suitable study cannot be reduced to describe the relationships among its components. It is necessary then to clarify the dynamic of its behavior and evolution. In this regard, the following proposal seeks to consider some aspects such as the notions of autopoiesis, dissipative structures, dynamic balance, recursive and dialogic principles, based on the foundations of the paradigm of complexity, in order to study the ecosystems from a Complex-Ecological view.

**Key words:** Ecology, complexity, teaching.

## Introducción

Las siguientes líneas corresponden a una reflexión inicial sobre el papel de la Ecología como una ciencia de suma importancia para el estudio de la dinámica global de los ecosistemas a escala planetaria, pero que, a pesar de su evidente conexión con distintas áreas del conocimiento, ha estado marcada por una tradicional manera de estudiar estos sistemas y sus elementos. En tal sentido, la Ecología ha sido la ciencia de síntesis por excelencia, pero ha mantenido una visión lineal y, a veces, meramente descriptiva de muchos fenómenos que corresponden a una realidad no aditiva y compleja.

Los ecosistemas son sistemas complejos, por tal motivo, no pueden ser estudiados de una manera reduccionista, en la que sus partes queden desarticuladas, ya que las relaciones que se establecen, que son las que finalmente determinan la esencia del sistema, no pueden estudiarse de manera adecuada; por tal motivo, es necesario una ecología que mantenga una visión holística de los ecosistemas, y que además incorpore conceptos poco considerados hasta ahora, con el fin de hacer aportes significativos para su estudio.

En el presente documento se presenta un avance de una investigación teórica de base documental que tiene como propósito, en esta fase inicial, ofrecer una reflexión entre esa ecología tradicional y los aportes de una ecología pensada

desde la complejidad. En una segunda fase, se incorporarán aspectos detallados de cómo la ecología puede abordar el estudio de los ecosistemas desde una postura compleja. Finalmente, para efectos de este escrito se utilizarán los términos sistemas ambientales y ecosistemas como sinónimos, sin establecer diferencias entre unos y otros.

## De la Ecología tradicional a una Ecología compleja

El término ecología, fue acuñado hace poco más de un siglo por el biólogo alemán Ernest Haeckel, definiéndola como la Ciencia de las relaciones entre los seres vivos y su entorno. A partir de allí, las ciencias Biológicas construirían un nuevo campo de interés que ampliaba sus horizontes y obligaba a un renovado diálogo de relaciones entre lo biótico, lo abiótico y el hábitat o ambiente geográfico.

En su desarrollo, esta disciplina científica se extiende más allá del estudio de las relaciones entre los seres vivos que constituyen los ecosistemas. La Ecología asume la fusión entre el biotopo y la biocenosis al reconocer que, las relaciones que se establecen en la biocenosis se conjugan con las posibilidades proporcionadas por el biotopo y, retroactúan sobre éste, organizando el entorno; por lo tanto, la ecología se convierte en la ciencia de las interacciones organizadoras entre el biotopo y la biocenosis.

A pesar de la marcada conexión de la Ecología con otras ciencias, dado su papel en la producción de un cuerpo de conocimientos en torno a múltiples relaciones y fenómenos, ésta ha estado enmarcada en los dogmas de la ciencia clásica, heredada del desarrollo de la ciencia occidental, particularmente del método científico que fue fundamentado por los pensamientos de Bacon y Descartes tal como lo presenta Herrero (2008).

Francis Bacon, llama la atención hacia la observación, la experiencia, hacia el contacto con la naturaleza como único punto de partida para su penetración. Sólo con el método inductivo, se llegará a comprender la naturaleza y a servirse de ella para dominarla. Bacon sólo admitía la experiencia como poder operativo de la ciencia, que aísla fenómenos y se sirve de instrumentos; para él se trata de "... dominar la naturaleza por el arte" (Bacon, citado por Hottois, 1991: 25). Esta postura hace del mundo un campo de operación y acción. Bacon proclamaba la era en la que la humanidad debía, progresivamente, adquirir el poder de conquistar y someter la naturaleza, para encontrar en ella la verdad oculta.

Najmanovich (2007) plantea que Descartes, por su parte, estableció un dualismo absoluto entre mente y materia, que condujo a la creencia de que el mundo material puede ser descrito objetivamente, sin referencia alguna al observador; consideraba al universo material incluyendo los organismos vivos, como una máquina que podía ser comprendida analizándola en términos de sus partes más pequeñas, con lo cual creó el método reduccionista, consistente en desmenuzar los fenómenos en unidades más simples, para comprender desde las propiedades de éstas el funcionamiento del todo, justificándose en el hecho de que el todo es tan sólo una yuxtaposición de elementos.

Autores como Espina (2007) mantiene que el modelo cartesiano, se fundó bajo el signo de la objetividad, es decir, de un universo constituido por objetos aislados sometidos a leyes objetivamente universales. Bajo esta premisa, todo objeto puede ser definido a partir de leyes generales a las que está sometido y de las unidades elementales de las que está constituido; es decir, su misma naturaleza material puede y debe ser analizada descomponiéndola en partes más simples, y definiéndola independientemente de su entorno. Por su parte Capra (2008) asume que al aislarlo experimentalmente, se garantiza su realidad objetiva.

La visión de la realidad, característica de la ciencia clásica, basada en el método reduccionista y el conjunto de magnitudes que disponía para describir, manipular y definir un objeto cualquiera, fue fundamental en el desarrollo de todo quehacer científico y la Ecología no escapó a ello,

obteniéndose así, un conocimiento ecológico cargado de una relativa objetividad y dominada por leyes; además de caracterizarse por ser una Ecología antropocéntrica, que separa al ser humano de la naturaleza y le quita a ésta su valor propio adjudicándole un valor instrumental, tal y como plantea Capra (1998).

En tal sentido, la Ecología no debe estar limitada a los enfoques de la ciencia clásica, ya que su objeto mismo está asociado al pensamiento holístico y sistémico, cuyo principal fundamento radica en el análisis del todo (sin olvidar las partes), a diferencia de la visión clásica la cual está centrada en las partes (olvidando el todo).

Por su parte, Sotolongo (2007) considera que los ecosistemas abordados por la ecología, deben estudiarse con esa visión sistémica, que permite asumirlos como una totalidad que se establece a partir de la dinámica de muchos y diferentes elementos, múltiples interacciones y multitud de conductas. Esta totalidad se mantiene como identidad y evoluciona por la inestabilidad que emerge en su propio devenir. En tal sentido, esa Ciencia ecológica que no corresponde con la Ciencia tradicional, debe responder a los principios básicos de los sistemas ecológicos, las cuales se manifiestan en su organización y entre las cuales se encuentran:

1. La interdependencia, que se establece entre todos los miembros de una comunidad ecológica, cuyas relaciones determinan sus propiedades esenciales y la propia existencia de la comunidad.
2. La alta cooperatividad que se establece entre sus miembros, que permite que los mismos coevolucionen, enfatizando la asociación y cooperación.
3. La flexibilidad y diversidad que capacitan a los ecosistemas para la supervivencia a las perturbaciones y para la adaptabilidad a las condiciones cambiantes.

Comprender estos principios de organización de los sistemas ecológicos y las múltiples interrelaciones entre sus elementos, requiere los cambios de percepción característicos del pensamiento sistémico: de las partes al todo, de objetos a relaciones. La descomposición reduccionista en elementos desintegra también al sistema, cuyas reglas de composición no son aditivas, sino que se derivan de una multitud de interconexiones.

Si se toma en cuenta que, en el pensamiento holístico la visión del mundo se basa en un todo integrado más que como una continua colección de partes y que el pensamiento ecológico parte de esta visión, pero reconoce la interdependencia fundamental entre todos los fenómenos, se obtendrá que la complejidad, constituye un enfoque adecuado para abordar el estudio de los ecosistemas.

Todas las características mencionadas obligan a pensar que los sistemas ecológicos no son sistemas simples, y que exhiben un comportamiento complejo. Nicolis y Prigogine (1991), caracterizan este comportamiento por la sensibilidad del sistema ante las perturbaciones, la posibilidad de acceso a múltiples estados, la habilidad para escoger entre diferentes caminos dependiendo de las condiciones iniciales y el aumento de la sensibilidad para percibir el ambiente y responder al cambio; ergo, la evolución del sistema en el tiempo dependerá de su sensibilidad a la menor perturbación.

Dado que la Ecología se configura a partir de la integración de diversos saberes y que éstos han evolucionado a través del tiempo, se hace necesario que esta ciencia de síntesis se reformule o reconstituya a partir de los nuevos conocimientos emergentes. En este sentido, la complejidad representa todo un paradigma que permite la reformulación de la ciencia ecológica desde una postura con mayor pertinencia que la desarrollada hasta ahora.

### **El pensamiento complejo como una herramienta para el estudio de los ecosistemas**

Para dar respuesta a las limitaciones mencionadas anteriormente, han surgido algunos enfoques o tendencias dedicadas al estudio del ambiente desde una perspectiva compleja, sistémica o ecológica. Las mismas tratan de estudiar o describir el ambiente precisamente desde esa visión integral y no fraccionándolo en partes como tradicionalmente se ha venido haciendo. De esta manera, estas nuevas posiciones procuran retomar una concepción del mundo como un todo y no como un conjunto de partes con poco o sin ningún sentido, además estas tendencias consideran que la alteración de uno de los elementos trae repercusiones sobre el resto.

En este contexto, el enfoque o paradigma que respalda la interconexión de las partes en un todo es el de la complejidad, este es definido por Morin (2000), tal como sigue:

Complexus significa lo que está tejido en conjunto; en efecto, hay complejidad cuando son inseparables los elementos diferentes que constituyen un todo (como el económico, el político, el sociológico, el psicológico, el afectivo, el mitológico) y que tienen un tejido interdependiente, interactivo e inter-retroactivo entre el objeto de conocimiento y su contexto, las partes y el todo, el todo y las partes, las partes entre sí. La complejidad es, de hecho, la unión entre la unidad y la multiplicidad (p. 31).

De esta manera, el paradigma de la complejidad ofrece una forma de concebir el todo existente de una manera interrelacionada tal y como es en la realidad. En este sentido, los ecosistemas se constituyen por unas partes distintas entre sí que forman un todo que no es posible disociar puesto que se encuentran en constante acción y retroacción, y que forman un todo que no es posible disociar.

El paradigma de la complejidad surge como una opción frente al pensamiento simplificante que ha caracterizado al conocimiento en general. El estudio de los ecosistemas no ha escapado a esta visión que consiste en disociar a la totalidad en una serie de componentes aislados para facilitar la comprensión de los mismos. No obstante, el problema que ha surgido está relacionado con el hecho de que luego de fraccionar un sistema ambiental en sus elementos constituyentes, el ser humano los ha dejado como partes aisladas, olvidando la importancia de su reintegración, pues sólo así se revela la verdadera esencia y naturaleza de estos sistemas. Es a partir de la reunión e interacción de los componentes de un sistema cuando aparecen propiedades realmente novedosas que le dan su identidad. Estas propiedades emergentes como las llaman O'Connor y McDermott (1998) no se encuentran en las partes individuales, es decir no son deducibles del análisis de los componentes, sino que se originan debido a las interacciones particulares de los mismos.

Para poder comprender realmente cualquier ecosistema, es necesario observarlo como un todo y entender que sus partes están íntimamente relacionadas, tanto así que al afectar una se afecta a todo el sistema.

Para Morin (2003), los seres humanos acostumbran a disociar lo que está relacionado, incluso han llegado a dividir al hombre mismo, reduciéndolo ya sea a lo meramente biológico o a su carácter social, aún cuando la complejidad del ser humano emerge desde la interacción biológica, social y cultural de manera simultánea. Lo antes planteado, también ocurre con la aplicación que se ha hecho de la ciencia ecológica, no es posible estudiar real y completamente a un ecosistema considerándolo sólo como un ente físico, químico, biológico o social, porque el mismo no se separa normalmente en esos aspectos, sino que es cada uno de ellos al mismo tiempo.

El paradigma de la complejidad muestra una visión distinta de la aplicación que tiene la ecología clásica para el estudio de los ecosistemas, por lo que se hace necesario profundizar en él para determinar los aspectos que hasta ahora, no han sido considerados por la ecología tradicional.

## Aportes del pensamiento complejo para el estudio de los ecosistemas

El pensamiento complejo brinda un conjunto de herramientas que permiten estudiar los ecosistemas a partir de una nueva visión y no desde la perspectiva tradicional de la ciencia clásica. En tal sentido, a continuación se presentan algunas bases conceptuales que permiten, obtener la aplicabilidad del pensamiento complejo al estudio de los ecosistemas. En esta primera aproximación se consideran los siguientes principios: autopoiesis, estructuras disipativas, equilibrio dinámico, recursividad y dialogicidad.

La autopoiesis, principio de autoproducción de los seres vivos, implica una serie de procesos concatenados que "...producen los componentes que constituyen y especifican al sistema como unidad" (Maturana y Varela, 2004: 70); por tanto, es la organización (autopoietica), la estructura (circular) y la operación (producción de sí mismo) lo que caracteriza a un ser vivo. En este sentido, el principio de autopoiesis, permite entender un proceso vital en los seres vivos y, por ende, en los ecosistemas: la producción de relaciones constitutivas (que determinan los límites físicos), de especificidad (que determinan la identidad de los componentes) y de orden (que determinan la dinámica de la organización) las que en definitiva definen todo sistema y no su estructura, premisa que tradicionalmente orientó el estudio de los seres vivos.

De esta manera, si bien es cierto que la estructura de cualquier ecosistema es importante, ésta no es suficiente para entender su organización, ya que es a través de las relaciones que ocurren en la materia viva (donde está sobreentendido lo no vivo) que se determina la verdadera esencia del sistema, es decir, son las relaciones las que lo definen e indican el sentido del mismo. En los ecosistemas, el intrincado conjunto de relaciones no sólo organiza al propio sistema, sino que además permite la producción de más elementos que lo conformarán. Un ejemplo lo representan las relaciones tróficas de un ecosistema, que estructuran al ecosistema desde el punto de vista alimentario y, además, permiten la producción de más elementos que formarán parte del mismo.

El introducir el concepto de autopoiesis posibilita el análisis de la dinámica que se establece entre los componentes del sistema y permite pasar de la visión de objetos a la de relaciones, de procesos. Esta herramienta conceptual permitiría percibir características como la autonomía (cambios subordinados a la conservación de la organización), individualidad (la identidad de la organización no

viene definida por su interacción con un observador) y la compensación de perturbaciones presentes en los sistemas ecológicos.

Otro principio que caracteriza la complejidad de los procesos que ocurren en cualquier ecosistema, lo constituye el concepto de equilibrio dinámico. La ciencia clásica abordó el estudio de sistemas tanto físicos como naturales bajo el concepto de equilibrio, caracterizado éste por ser un estado estable, de reposo, constituyéndose en una generalidad con la cual se trató de explicar el comportamiento de los sistemas. En tal sentido, el concepto de equilibrio dinámico ofrece aportes de interés para el estudio de los ecosistemas desde una visión compleja.

Los ecosistemas son sistemas abiertos que intercambian continuamente materia y energía, por lo tanto, es un sistema dinámico en el cual cualquier factor puede producir cambios en las condiciones existentes. El estudio de los sistemas abiertos, evidencia una gama de conductas que pueden surgir bajo condiciones de no equilibrio, y que se ponen de manifiesto cuando el sistema se encuentra sometido a un vínculo externo que lo mantiene alejado del equilibrio y su dinámica viene descrita por leyes no lineales.

Estos sistemas son afectados por la irreversibilidad, ya que al producirse una fluctuación o un cambio brusco en el sistema, aparecen estructuras emergentes que se adaptan a las nuevas condiciones. Los ecosistemas son vulnerables ya que son altamente sensibles, pero esta sensibilidad no puede separarse de su flexibilidad, por lo tanto, el ecosistema es capaz de evolucionar ante la irrupción perturbadora de lo nuevo.

La tendencia profunda de los ecosistemas es un estado estacionario u homeostático. Pero esta tendencia es ideal en nuestro planeta. El planeta tiene una historia física, geológica, climática profundamente dinámica. En este movimiento los ecosistemas se transforman, se desplazan. Todos los cambios se han efectuado a través de estados estacionarios sucesivos que han surgido a raíz de otros cambios. De este modo, estos sistemas tienden al estado estacionario a la vez que evolucionan. En esta evolución, según Morin, (1986) hay un aumento de complejidad, la cual viene acompañada de un aumento de orden, desorden y organización.

Morin (ob.cit.) plantea dos aspectos fundamentales para los ecosistemas, el primero establece que las leyes de las organizaciones complejas autoorganizativas no son de equilibrio, sino de desequilibrio, de dinamismo estabilizado. El segundo aspecto formula que la inteligibilidad del sistema ha de encontrarse no solamente en el propio sistema, sino también en su relación con su hábitat o ámbito

geográfico, y esta relación no es una simple dependencia sino que es constitutiva del sistema.

Las ideas de cambio y no equilibrio conducen a un tercer constructo de aplicabilidad a los ecosistemas, el de estructuras disipativas. Ilya Prigogine, precursor de las estructuras disipativas, propone que los sistemas abiertos se encuentran lejos del equilibrio a través de los cuales puede circular la materia y disiparse la energía, y en los que relaciones no lineales muy complicadas gobiernan el comportamiento. También explica los procesos irreversibles en la naturaleza, es decir el movimiento hacia niveles de vida y organización cada vez mayores.

Prigogine y Stengers (1990) llaman a los sistemas abiertos *estructuras disipativas*, es decir, que su forma o estructura se mantiene por una continua disipación o consumo de energía. Como el agua se mueve en un remolino y al mismo tiempo lo crea, la energía se mueve a través de todas las estructuras disipativas y las crea. En tal sentido, la idea de estructuras disipativas concuerda con los ecosistemas, en donde constantemente la materia cicla y la energía fluye, de manera tal que a partir de estos dos complejos procesos el ecosistema se estructura, organiza y mantiene; de esta estabilidad alejada del equilibrio el ecosistema es conllevado a mantenerse y evolucionar en el tiempo.

Es importante apreciar que un sistema solamente puede mantenerse lejos del equilibrio si está abierto a su entorno, esto capacita a la entropía producida por el sistema para ser trasladada al entorno permitiendo con ello el mantenimiento de la organización mientras tiene lugar un crecimiento global de la entropía del sistema y el entorno.

De este modo, se debe revisar la creencia heredada de asociar la evolución en el tiempo con la degeneración uniforme en el desorden. Lejos del equilibrio, en las situaciones de inestabilidad, los procesos irreversibles inscritos en la misma materia, no siguen la ley de la entropía y la evolución hacia el desorden, sino parcialmente; al contrario, son fuentes de coherencia, ya que pueden exportar esta entropía al entorno; lo cual indica que en las estructuras disipativas aparece la posibilidad del fenómeno de autoorganización.

Otro aspecto a considerar para el estudio de los ecosistemas desde el pensamiento complejo es lo que Morín (2003) denomina el principio dialógico, a través del cual se comprende cómo elementos opuestos, que en algún momento se enfrentan y son antagónicos, en otros se complementan y uno permite la existencia del otro. En tal sentido, los ecosistemas, están cargados de dialogicidad, desde el

mismo momento en el que comportan orden y desorden simultáneamente dentro de su organización, así como el no equilibrio está en estrecha relación con la estabilidad del sistema. Así, lo opuesto se complementa y forma parte de las intrincadas relaciones que forman la complejidad de los ecosistemas.

Finalmente, otro principio tomado a partir de las ideas de Morin (ob. cit.) es el de recursividad, la cual permite romper completamente la idea de linealidad (de causas – efectos) en los ecosistemas. Este principio da la noción de cómo un elemento dentro del ecosistema retroactúa sobre otro que lo originó inicialmente, es una especie de lógica cíclica, en la que la interdependencia constituye un aspecto fundamental en los mismos. Es así como prácticamente cualquier elemento que conforma un ecosistema corresponde con la lógica recursiva, a través de las distintas relaciones que mantiene dentro del sistema.

## Consideraciones Finales

Los planteamientos desarrollados, son el inicio de un aporte que pretende continuar desarrollándose más detalladamente, con el fin de ofrecer aspectos concretos de cómo abordar a través de ejemplos particulares el estudio de los ecosistemas desde la perspectiva compleja. Este paradigma rompe la estructura tradicional con la que se han venido estudiando los ecosistemas, donde conceptos como no equilibrio, no linealidad, recursividad y dialogicidad, emergen de manera de aportar desde la ecología aspectos no tradicionales.

Dado lo novedoso de incluir conceptos y aspectos ofrecidos desde la complejidad a una ciencia tradicionalmente clásica como la Ecología, todavía falta revisar de manera más detalla aspectos que puedan seguir incorporándose a la propuesta y que permitan la obtención de una herramienta cognitiva para procurar un estudio de los ecosistemas desde una perspectiva compleja.

## Referencias

- CAPRA, Fritjof (1998). **La trama de la vida**. Barcelona: Editorial Anagrama, p. 359.
- CAPRA, Fritjof (2008). **El Punto crucial: ciencia, sociedad y cultura en la ciencia**. Buenos Aires Editorial Estaciones.
- ESPINA, Mayra (2007). Complejidad, Transdisciplina y metodología de la investigación social. **Utopía y Praxis Latinoamericana**. Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría social. Año 12, número 38, pp. 29 - 43.

- HERRERO, Libia (2008). Del mecanicismo a la complejidad en biología. *Revista de biología tropical*, volumen 56, número 1 pp. 399 - 407.
- HOTTOIS, Gilbert (1991). **El Paradigma Bioético. Una ética para la tecnociencia.** Barcelona: Anthropos Editorial del Hombre, p. 245.
- MATURANA Humberto, VARELA, Francisco (2004). **De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: La organización de lo vivo.** Argentina: Editorial Universitaria Lumen, p. 137.
- MORIN, Edgar (1986). **El método. La naturaleza de la naturaleza.** España: Ediciones Cátedra, p. 448.
- MORIN, Edgar (2000). **Los siete saberes necesarios para la educación del futuro.** Colombia: ICFES, p. 88.
- MORIN, Edgar (2003). **Introducción al pensamiento complejo.** Barcelona: Gedisa Editorial, p. 167.
- O'CONNOR, Joseph; MCDERMOTT, Ian (1998). **Introducción al Pensamiento Sistémico.** Venezuela: Urano, p. 302.
- NICOLIS, Gregoire; PRIGOGINE, Ilya. (1991). **La Complejidad. Espleroziani nei nuovi campi della scienza.** Torino: Giulio Enaudi Editore, p. 367.
- NAJMANOVICH, Denise (2007). El Desafío de la Complejidad: redes, cartografías dinámica y mundos implicados. **Utopía y Praxis Latinoamericana.** Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría social. Año 12, número 38, pp. 71 - 82.
- PRIGOGINE Ilya; STENGERS Isabel (1990). **La Nueva Alianza. Metamorfosis de la Ciencia.** Madrid: Alianza Editorial, p. 276.
- SOTOLONGO, Pedro (2007). Complejidad, no linealidad y redes distribuidas. **Complexus** Revista de Complejidad, Ciencia y Estética. Volumen 3, número 1, pp. 1 - 15.
-