

**La gestión de sostenibilidad ambiental del suelo mediante la auto-organización en agrosistemas.**

**Managing soil environmental sustainability in agricultural systems through self-organization.**

**Autores:** M Sc. Eduardo Román Veitia-Rodríguez <sup>1\*</sup>, Dr C. Anselmo Villegas-Zulueta <sup>2</sup>, M Sc. Adelmo Montalbán-Estrada <sup>1</sup>

**Organismo:** Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey, CITMA, Cuba<sup>1</sup>, Universidad de Camagüey, Cuba <sup>2</sup>.

**E-mail:** [veitia@ciac.cu](mailto:veitia@ciac.cu)

**Telef.** 262273, 261657

**Resumen.**

El Síndrome de sobre-utilización del suelo está presente en la provincia de Camagüey; el propósito de la investigación es proponer una metodología para manejar el mecanismo central del síndrome en un agrosistema empleando la teoría de la autoorganización mediante los componentes del espacio autopoietico y mitigar sus daños a la sostenibilidad ambiental de este recurso. La metodología para el diseño de la herramienta empleada es: análisis de la metodología del concepto de síndrome de cambio global; estudio de la teoría de la autopoiesis; estudio y aplicación del espacio autopoietico en el diseño de la herramienta y como último paso la aplicación del Espacio Autopoietico en la dinámica de la autoorganización del un agrosistema afectado; la metodología resultante se está aplicando desde el año 2011 en la finca No. 17 de la UBPC "Victoria II" de la Empresa de Cultivos Varios del Municipio Camagüey, obteniéndose resultados satisfactorios en las diferentes etapas.

**Palabras clave:** auto-organización; autopoiesis; mecanismo central del síndrome.

**Abstract.**

The overuse syndrome Soil is present in the Province of Camagüey purpose of this research is to propose a methodology for managing the central mechanism of this syndrome in a agrosystem using Self-Organization Theory by autopoietic space components and mitigate damage to the environmental sustainability of this resource. The methodology for the design of the tool used is: Analysis Methodology Syndrome Concept Global Change, Study autopoiesis theory, study and application of autopoietic space in the design of the tool, as a last step the application of autopoietic space in the dynamics of self-organization of one agrosystem concerned, the resulting methodology is being implemented since 2011 in the Villa No. 17 Victoria II UBPC Miscellaneous Crops Enterprise Township Camagüey, satisfactory results in different stapes.

**Keywords:** overuse syndrome soil agrosystem; theory of self organization; global change.

## Introducción.

Este trabajo tiene como marco teórico la Metodología del Concepto de Síndrome de Cambio Global (CG), planteada por el Potsdam Institute for Climate Impact Research y el German Advisory Council on Global Change (1993 y 1997), que argumenta y conceptualiza la correspondencia del carácter complejo de las interacciones Sociedad - Naturaleza de la cual emergen los síndromes que constituyen patrones funcionales del planeta. Este conjunto de síndromes representa una primera hipótesis de los patrones no-sostenibles del desarrollo. Cada uno de estos se caracteriza por diversas fuerzas motrices y poseen variados esquemas de redes causa-efecto. Los síndromes adquieren importancia global contribuyendo significativamente a los problemas centrales del CG (degradación del suelo, cambio climático, amenaza a la biodiversidad, deforestación global, etc.). Estas fuerzas configuran una constelación de interrelaciones que dan lugar a resultados o tendencias desfavorables, en los que la presión antrópica sobre el medio ambiente se manifiesta claramente; y estos constituyen los síntomas; los elementos básicos para la descripción sistémica de la dinámica del CG.

Las redes de interrelaciones o cadenas causales con que se vinculan los distintos elementos que constituyen la realidad, pueden ser estudiadas no solo para comprender fenómenos a nivel global, sino a otros niveles geográficos. Ellos proporcionan una descripción transdisciplinaria de los desarrollos más importantes del CG en forma de elementos cualitativos, describen los fenómenos dinámicos naturales o antropogénicos complejos. Estos síntomas captan una primera abstracción más importante del CG. Como por ejemplo, el síntoma de "Intensificación de la Agricultura", puede comprender diversos cambios de la práctica agrícola (indicadores), como puede ser un aumento de la producción, un acortamiento del período de barbecho o un cambio de las técnicas de arado con buey, por este motivo un síntoma X es definido por  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_{2n})$ , por los autores Cassel-Gintz y Petschel-Held (2000). Cuando se perturba un ecosistema para la creación de sistemas agrícolas, fundamentalmente para implantar agricultura verde o industrial ocurren tres acciones: apertura del ciclo de energía, ruptura de la cadena trófica, rompimiento del ciclo de nutrientes (ciclo biogeoquímico) y del ciclo hidrológico. Estos impactos, todos producidos por el hombre en distintas combinaciones, son más que suficientes para que el síndrome de sobre-utilización arribe por derecho propio.

Tales argumentos se comparten con los criterios de Sapiña (2002), Young (2006). Durante los últimos años el clima de Cuba, y en especial de su región oriental incluyendo Camagüey, ha soportado de las consecuencias del cambio climático en progreso. Los escenarios de cambio climático y las tendencias actuales prevén un agravamiento de estas condiciones que incluyen ahora una disminución monótona decreciente del escurrimiento y el potencial hídrico de las cuencas hidrográficas camagüeyanas.

Entre los factores naturales que generan la degradación de los suelos, en este territorio están los factores:

Climáticos: como la escasez de lluvias.

Biológicos: relacionados con la densidad de la cubierta vegetal.

Edáficos: terrones del suelo son pequeños y pocos estables a la acción del viento y el agua.

Topográficos: que desencadenan fenómenos importantes de erosión hídrica y el arrastre de sales desde el mar contribuyendo a la salivación de los terrenos.

Y dentro de los factores antropogénicos que actúan sobre los naturales se encuentran: la degradación de la cubierta vegetal, la degradación de la superficie del suelo y la adición de aguas salinas al suelo.

En el territorio de la provincia de Camagüey están presentes problemas fundamentales del cambio global como son: degradación del suelo, deforestación, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, daños a los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes y el cambio climático; por otra parte los sistemas agrícolas son especializados con una estructura muy simple y a todo esto se le añaden las limitaciones naturales de los suelos; en resumen estos elementos son más que suficientes para que se evidencie la presencia en este territorio del síndrome de sobre-utilización del suelo.

Investigadores como Maturana y Varela (1980), Cesarman (1986), Pulido (1988), Petschel-Held y col. (1999), Rabinovich y col (2004), Diegoli (2002), Alzate (2006) coinciden en argumentar que es necesario imitar a la naturaleza y hacer agricultura restaurando los componentes funcionales de los ecosistemas en los agrosistemas; marchando de la linealidad de los sistemas agrícolas industriales, ir a los sistemas no-lineales; para lo cual es necesario complejizar a los primeros. Esa imitación debe dirigirse en la dirección de la autorregulación surgida del concepto central de la visión sistémica de la vida y al igual que los conceptos de retroalimentación y autoorganización. Estos criterios se avalan por Holling (1973, 1986 y 1987), Maturana y col. (1980), Prigogine (1984), Barbier y col (1994), Capra (1999), Escobar (2004) y Comejo (2007).

Los enfoques de estos autores al centrarse en la búsqueda de una manera que consienta que al imitar a la naturaleza se reduzcan los daños al medio mediante al manejo del agrosistema como un todo lo cual proyecta a la búsqueda de una solución que es lo que se quiere dar respuesta en este trabajo: ¿Cómo manejar la estructura de un agrosistema para minimizar los efectos de los síntomas motrices del Síndrome de Sobre-Utilización del Suelo presentes en un agrosistema camagüeyano?”.

La respuesta a esta interrogante se dará mediante el diseño de una metodología sustentada en la teoría de la auto organización, tomando el caso específico de la autopoiesis que permite el diseño de la estructura para hacer menos vulnerable la sostenibilidad ambiental del suelo a los efectos del CG.

Objetivo: diseño de una metodología fundamentada en la autopoiesis para hacer menos vulnerable la sostenibilidad ambiental del suelo a los efectos del CG en un agrosistema.

## Desarrollo.

### Materiales y Métodos

Para la elaboración de la metodología resultante se siguieron los siguientes pasos metodológicos:

- Empleo de la Metodología del concepto de síndrome de cambio global de la WBGC (1993,1997 y 1999). Este paso consistió en el estudio de la dinámica del mecanismo central del síndrome de sobre-utilización del suelo.
- Uso de la teoría de la autopoiesis para establecer la complejidad adecuada a la estructura de un agrosistema Maturana y Varela (1980).
- Estudio y aplicación del Espacio Autopoietico para lograr la estructura necesaria al agrosistema. Este paso permitió conocer a cada uno de los tres componentes del espacio autopoietico: relaciones de constitución, relaciones de especificidad y las relaciones de orden.
- Articulación de la dinámica de los componentes del espacio autopoietico con los tres principios necesarios para transformar un agrosistema con diferentes grados de especialización a un sistema agroecológico que son : diversificación, integración y autosuficiencia alimentaria.
- La manipulación de las variables independientes (diseño experimental) se realizó en dos grados (presencia - ausencia), tomando dos agrosistemas: las fincas 15 y 17 de la Unidad de Producción Básica Campesina "Victoria II" perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios del Municipio Camagüey con características edafológicas y climáticas similares así como sus síntomas motrices y los puntos críticos. "diferencia entre grupos"; para lo cual se empleó la prueba de "t Student" para comparar las hipótesis.
- Aplicación de un cuestionario para obtener los datos relacionados con el posible impacto agroecológico en ambas áreas productivas. Seguimiento del análisis de estos datos mediante el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows 2006; para identificar y aceptar o no la hipótesis.
- En enero del 2011 después de terminada la fase de diseño, se realizó un experimento que involucraba a las dos fincas. A la número 17 se la aplicó la metodología elaborada y la No. 15 no se aplicó por constituir la muestra testigo.

### Resultados y discusión

Peoli, (2002) considera que la "autoorganización" es el potencial creativo de la naturaleza, haciéndose realidad en función de la necesidad de los sistemas autopoieticos; que son redes de producción de componentes que, a través de las interacciones entre sus partes, generan de manera recursiva las redes que los producen y constituyen, la frontera que identifica el sistema como una unidad diferente del entorno. También importantes fundamentaciones en la complejidad ecológica en su estructura y función fue sustentada por Holling (1987), así como la dimensión económica como parte intrínseca del ecosistema por Perrings (1994, 1995) y Smith (1996).

En este trabajo se desarrolla dentro de las teorías de la autoorganización; la autopoiesis, pues se está tratando con un sistema vivo, para la conversión de los sistemas agrícolas con determinado nivel de especialización y afectados por el cambio global (CG) en un sistema agroecológico para la prevención de los efectos del CG sobre los suelos agrícolas o la minimización de sus efectos. Los sistemas que evolucionan por autopoiesis están continuamente renovándose y se mantienen como entidades autónomas mediante el reciclaje de sus componentes, que son periódicamente autoproducidos y auto consumidos. Con el empleo de esta teoría se operacionaliza aquí a través del concepto de espacio autopoietico, empleando sus tres dimensiones que son las relaciones de: constitución, especificidad y orden. El espacio autopoietico: estado en que un sistema viviente se crea a sí mismo y se perfecciona, cumpliendo la condición de que está alejado del equilibrio.

La primera dimensión, que son las relaciones de constitución, establecen que los componentes producidos definen la unidad topológica en la que la autopoiesis se realiza o, en otras palabras, el perímetro físico de la topología autopoietica a través de la relación de la producción de componentes que la definen. La segunda dimensión del espacio autopoietico son las relaciones de especificidad, establecen que los componentes producidos sean aquellos necesarios y específicos para realizar la autopoiesis. La tercera dimensión está constituida por las relaciones de orden y definen la dinámica de la organización autopoietica, estableciendo las conexiones de los componentes en las relaciones de constitución, especificidad y orden que sean las necesarias y específicas para la estructura.

Estos componentes controlan la velocidad de producción de las relaciones de constitución, especificación y orden. Tales puntos de vista coinciden con los enfoques de Núñez (1997 y 2005), Altieri (1994 y 2001), Altieri y col. (2000) y Guzmán (2007). Esta metodología permitió diseñar el siguiente sistema algorítmico para gestionar la autoorganización a través de la autopoiesis (espacio autopoietico) de los agrosistemas.

Pasos de la metodología diseñada:

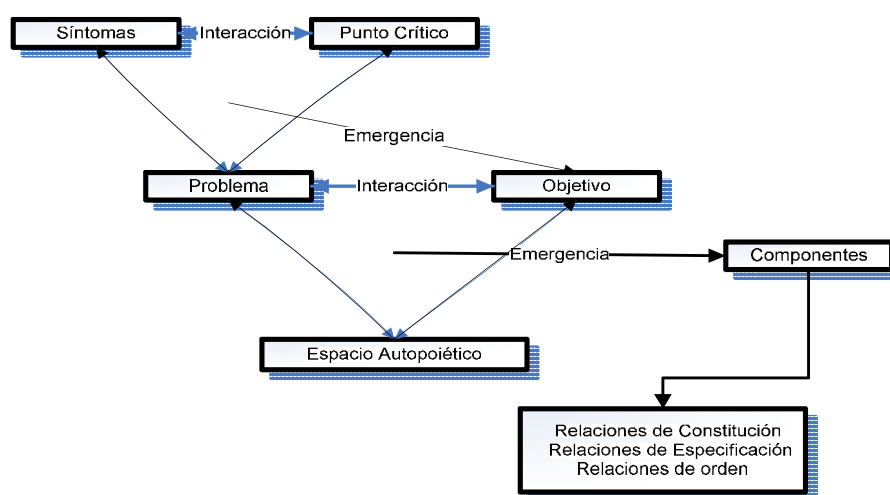
1. Elaborar los objetivos en relación a las funciones que se necesitan lograr con la estructura del agrosistema.
2. Seleccionar los síntomas motrices del mecanismo central del Síndrome de Sobre-Utilización del Suelo en el agrosistema.
3. Identificar los puntos críticos del agrosistema.
4. Realizar la asociación Síntoma motriz-Punto crítico-Problema-Objetivo del agrosistema.
5. Identificar y establecer las relaciones de los componentes del espacio autopoietico del agrosistema para cumplir sus funciones.

6. Describir mediante un cuadro la estructura cualitativa del agrosistema para atenuar los efectos negativos del Síndrome de Sobre-Utilización del Suelo a través de la minimización cuali-cuanti del mecanismo central de este síndrome de cambio global.

Las seis etapas de la metodología para poner en práctica las acciones de mejora en el manejo del mecanismo central del síndrome, constituyen la herramienta para implantar el modelo teórico propuesto para la gestión de los síntomas significativos en un agrosistema, este modelo se basa en la Teoría de la Autopoiésis de los científicos Maturana y Varela (1980).

En la **figura 1** se ilustra el modelo teórico para la autoorganización de un agrosistema.

Figura 1. Esquema del Modelo Teórico para la Auto organización del agrosistema (finca).



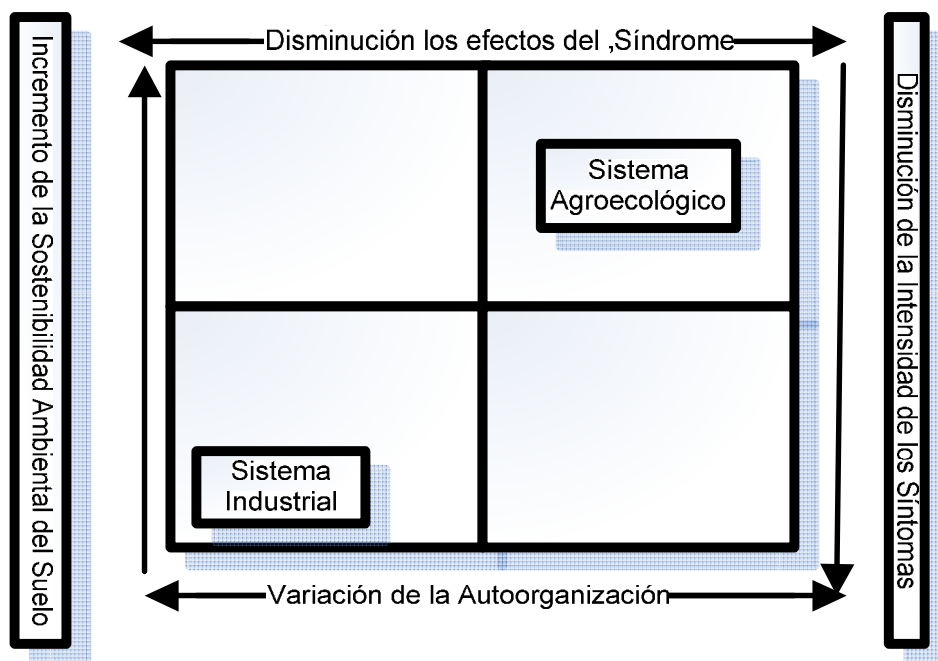
Esta teoría se basa en los sistemas incorporando las partes necesarias para que emerjan los componentes (Relaciones de Constitución, Relaciones de Especificación y Relaciones de Orden) necesarias; dichas relaciones, en el marco del presente trabajo dependerán en última instancia del síntoma que se esté gestionando.

Como se puede ver una vez que se han determinado los síntomas significativos y los puntos críticos del agrosistema se pasa a identificar para establecer los componentes en relación, fundamentalmente los que entren en armonía con la relación problema-objetivo-espacio autopoiético, esta relación va adquiriendo mayor peso en el direccionamiento de la gestión del síntoma, que es el “objetivo” o el agente para lograr el cambio esperado.

Partiendo del conocimiento de los componentes se procede a identificar las partes que deberán conformar el sistema para que emerjan del análisis los componentes necesarios

para contrarrestar los efectos negativos del mecanismo central del síndrome. Ya identificada las partes y los componentes se procede a la integración de toda la información, para establecer la estructura que debe tener el agrosistema, para cumplir con la función de minimizar la intensificación del síndrome en el agrosistema. En esta fase se tiene la certeza que el agrosistema evolucionará hacia un sistema agroecológico siguiendo tres principios: diversificación (al incluir especies de cultivos, árboles y animales), integración (por el intercambio dinámico y el reciclaje de energía y nutrientes entre las partes del sistema) y el logro de autosuficiencia alimentaria; el sistema estará moviéndose alrededor de estos tres elementos tendiendo a ellos en constante auto perfeccionamiento (atractores del sistema). Al llegar a esta etapa se está en condiciones de gestionar el ecosistema para la disminución de los efectos del síndrome como se esquematiza en la **figura 2**.

Figura 2. Variación de la Autoorganización de una finca.



Se constata que la variación de la autoorganización se adquiere introduciendo en el agrosistema las partes para que sinérgicamente generen los componentes necesarios evolucionando el sistema hacia el incremento de la resiliencia y de esta manera el suelo pueda aumentar sus potencialidades naturales para el uso agrícola dentro de un agrosistema manejado holísticamente, y así adquirir la sostenibilidad ambiental para su cuidado y conservación.

Esta metodología estimula la biodiversidad y la resiliencia lo cual es un aporte notable de la herramienta propuesta, pues la biodiversidad es una propiedad de una maquinaria biológica compleja de la que va a depender el equilibrio dinámico del agrosistema; aquí se combinan

de manera directa la biodiversidad y la resiliencia, esta es una función creciente de la complejidad de los ecosistemas, lo cual implica que la posibilidad de un ecosistema para coevolucionar con el medio ambiente circundante depende de la extensión de las opciones coevolutivas propiciadas por las acciones de esta metodología. Por estas razones la metodología propuesta permite garantizar el funcionamiento del componente ecológico del agrosistema, garantizando la marcha de la resiliencia del suelo.

En la prueba de hipótesis realizada se pudo constatar la hipótesis, desechando la hipótesis nula  $H_0$  y aceptando la hipótesis investigativa  $H_i$  (Los trabajadores del agrosistema I (Finca # 17) consideran que el diseño de una estructura sistémica mejora el impacto agroecológico), considerándose que la metodología diseñada es la adecuada para la identificación y construcción de la estructura de un agrosistema afectado por el cambio global.

### **Conclusiones.**

Se ha obtenido como resultado de este trabajo un modelo teórico para la autoorganización de la estructura de un agrosistema para minimizar los efectos del cambio global sobre los suelos agrícolas; el cual es implementado por una metodología integrada por seis etapas.

Esta metodología está siendo empleada en la Finca 17 de la empresa de Cultivos Varios del Municipio Camagüey, obteniéndose el impacto agroecológico adecuado.

### **Bibliografía.**

- Altieri, M. A. 2001. *Agroecología: El Camino hacia una Agricultura Sustentable Ediciones Científicas Americanas.*
- Altieri, M. A. (1994). *Biodiversity and pest management in Agroecosystems.* Hayworth Press. New York.
- Altieri, M. A. N., C. (2000). *Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.*
- Alzate, B. (2006). *Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Tercera Generación en la Gestión Ambiental Sistémica.* Unpublished Memoria para optar al Título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad de Colombia.
- A., N. M. (2005). Bases científicas de la agricultura tropical sustentable. *Motion.* Disponible en [http://www.inmotionmagazine.com/global/man\\_base.html](http://www.inmotionmagazine.com/global/man_base.html) 01/12/06
- Annual Report of the German Advisory Council on Global Change, World in transition: The Research Challenge.* (1993). Alemania, Berlin: Consejo Científico del Gobierno Alemán para el Cambio Global del Medio Ambiente.
- Capra, F. (1999). *La Trama de la Vida, Una nueva Perspectiva de los Sistemas Vivos* (2da ed.). Barcelona.
- Cesarman, E. (1986). *Orden y Caos; El Complejo Orden de la Naturaleza.* México.
- Cornejo, A. A. (2007). *Complejidad y Caos. Guía para la administración del siglo XXI.*
- Diegoli, S. (2002). *Autoorganización en agrosistemas.* Unpublished Memoria para optar al Título de Doctor en Ciencias ecológicas, Universidad de Barcelona, España.



- Escobar R., J. (2004). *Síndromes de sostenibilidad ambiental del desarrollo en Colombia*.
- Filemón., R. J. E. T. (2004). *Caracterización de los síndromes de sostenibilidad del desarrollo. El caso de Argentina*. Paper presented at the "Síndromes de sostenibilidad del desarrollo en América Latina". Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/19575/lcl2155e.pdf>
- Guzmán G .I. & Alonso, A. M. (2007). *La investigación participativa en Agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable en ecosistemas*.
- Holling, C. S. (1986). Resilience of ecosystems: Local surprise and global change. *Clark*, 292-213.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Rev Ecol*, 4, 1-23.
- Petschel-Held, C.-G. M. (2000). GIS - based assessment of the treat to Word forest by patterns of non- sustainable civilisation nature interaction. *Enviromantal Management*, 59, 279 - 298.

**Fecha de recibido: 25 jun. 2012**  
**Fecha de aprobado: 19 sep. 2012**