



No VI. Año III. 2009

**PENSANDO LA  
COMPLEJIDAD**



Boletín Semestral Cátedra de  
Complejidad.  
Instituto de Filosofía.  
Consejo de Ciencias Sociales.  
Academia de Ciencias.

**Consejo Editorial.**

Dr. Pedro Luís Sotolongo.  
Dra. Mayra Espina Prieto.  
Dr. Raimundo Franco Parellada.  
Dr. Ovidio D`Angelo Hernández.  
MsC. Mabel Menéndez Moraguez.  
MsC. Antonio Correa Iglesias.  
Dr. Avelino Suárez.  
Dra. Ana Luna Moliner.  
Lic. Marcelo Chacón Reyes.  
Dr. Freddy Varona.

**Editor General.**

Dr. Ovidio D`Angelo Hernández.

**Corrección.**

Noemí de Cárdenas.

**Diseño Gráfico**

Carlos Caballero.

[www.complejidadhabana.com](http://www.complejidadhabana.com)  
[www.friendsofcomplexitytheoryincuba.org](http://www.friendsofcomplexitytheoryincuba.org)  
[complejidad@filosofia.cu](mailto:complejidad@filosofia.cu)

Obra en portada: Un extraño narciso. Cortesía del  
artista de la plástica Carlos Caballero.

## Índice.

- 1 / OVIDIO D'ANGELO: PALABRAS DEL EDITOR
- 5/ CHRIS LUCAS: SELF ORGANIZATION
- 16/ ERNESTO ALTSHULER: LA DINÁMICA DE LAS HORMIGAS COMO PARADIGMA DE AUTO-ORGANIZACIÓN.
- 21 / ALFREDO PÉREZ: LA OBRA DE STUART KAUFFMAN. EL PROBLEMA DEL ORDEN COMPLEJO Y SUS IMPLICACIONES FILOSÓFICAS.
- 39/ CARMEN L. RODRÍGUEZ VELAZCO: AJUSTANDO EL LENTE: EQUIPOS DE TRABAJO Y CAMBIO DE LAS ORGANIZACIONES DESDE UN ENFOQUE COMPLEJO.

## Textos que llegan.

- 59/ ANA MARÍA LUNA MOLINER: LINKIG SOCIAL AND ECOLOGICAL SYSTEMS. MANAGEMENT PRACTICES AND SOCIAL MECANISMS FOR BUILDING RESILIENCE”.

## Convocatorias.

- 62/ III SEMINARIO BIENAL INTERNACIONAL TRANSDISCIPLINARIO SOBRE EL ENFOQUE DE LA COMPLEJIDAD CAMAGUEY 2009. 23 AL 27 DE FEBRERO DE 2009
- 65/ 5TO CONGRESO BIENAL INTERNACIONAL ACERCA DE LAS IMPLICACIONES FILOSÓFICAS, EPISTEMOLÓGICAS, METODOLÓGICAS DE LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD. **COMPLEJIDAD-2010**

## Palabras del Editor. Ovidio D´Angelo Hernández.

---

Amigos, Colegas todos:

Como se venía anunciando desde el No V de Pensando la Complejidad, las acciones y miradas de la Cátedra de Estudios de la Complejidad, de La Habana, se dirigen durante el presente año 2009 a fomentar el interés y el conocimiento profundo de los temas de la *“auto-organización y emergencias desde perspectiva transdisciplinar”*, lema que aunará esfuerzos investigativos hacia el Congreso Internacional de Complejidad 2010, al cual este número VI quiere continuar incentivando la participación diversa, amplia y profunda que es ya característica de nuestros eventos de la complejidad.

El tema de la autoorganización y emergencias, centro de nuestro interés actual, ha sido enfocado por autores clásicos, algunos de cuyos trabajos se insertan en este número y serán fuente nutricia de los números posteriores; también se promoverán, en cada número, trabajos de autores cubanos relacionados con la temática y las perspectivas de aplicación de los enfoques de la complejidad, como es habitual en nuestra práctica editorial.

La autoorganización es una noción clave en la comprensión de los fenómenos complejos, porque da cuenta del automovimiento de los procesos desde el interior de los propios sistemas -abiertos y alejados del equilibrio- en sus relaciones con los entornos en que se desenvuelven. Al decir de algunos autores (Najmanovich, Maturana y otros), los procesos internos constructivos del sistema -en condiciones de relación con entornos cambiantes- generan sus propios límites y espirales de nuevos desarrollos. Para Luhman ello es posible porque los sistemas cuentan con determinados mecanismos operacionales de diferenciación (clausura) formando bucles de retroalimentación abiertos hacia nuevas expresiones; esto ocurre en redes vinculares que forman nuevas cartografías (de nuevo Denise Najmanovich) y re-contextualizaciones espacio-temporales diversas.

Múltiples dimensiones de indagación se abren en este campo de visibilidad de los procesos de auto-evolución-desarrollo. Algunos de ellos pudieran ser:

- La imbricación de los sistemas dinámicos complejos en los entornos multidimensionales y sus cursos posibles: *¿hasta donde es posible una prognosis de los escenarios vinculares y vías de las totalidades-partes en interjuego, desde sus propias emergencias?*
- La autoorganización, como característica central de los sistemas complejos: *su funcionamiento en campos disciplinares tan variados como la física, la biología y sus expresiones en el campo humano y societal en los que la noción de intencionalidad -entre otras- abre nuevos dilemas.*
- La autoorganización en el campo humano social: *como balance posible entre la espontaneidad de los procesos y su infusión intencional desde los actores de los micro-sistemas en articulación con las intencionalidades macro -no siempre consensuadas - ruidos, caos y alternativas-.*
- El tema de la identidad: *como autorreferencialidad (Luhman) y la construcción de límites siempre borrosos (Munné), en dinámicas autoconstructivas (autopoiéticas) pero en ciertos sentidos, moviéndose entre lo azaroso y lo superdeterminado (Sastre); sus paradojas.*

Temas todos que se ubican en las abordabilidades de las formas de asociatividad necesaria de los entes componentes del sistema y la autonomía previsible en que desenvuelven sus acciones, enmarcados en redes dinámicas articuladas a totalidades y territorialidades que los constriñen y ofrecen ciertos cursos posibles.

Las operaciones que definen la naturaleza de los procesos autoorganizativos en una relación sistema-entornos determinados pueden propiciar una función neguentrópica, si el sistema se encamina hacia un equilibrio inestable que propicia el cambio. Los sistemas ocluidos -entrópicos o sobrevivientes-, en cambio pueden conservar un nivel reactivo de comportamiento, en el que sus operaciones de distinción y funcionamiento tienden a la regresión o la reproducción simple.

Es decir que se pueden autoorganizar dentro de determinadas constricciones de las relaciones con el entorno, ya sea por razones operacionales propias fijadas en la trayectoria de construcción de la identidad individual del sistema o por presiones muy poderosas del entorno que inhiben -o encauzan- de otra manera, distorsionando sus

funciones originales, los procesos que se convierten en regresivos, negando la posibilidad de desarrollo del sistema.

La autoorganización, por otro lado, no es una entelequia conveniente, ni un artificio extrapolatorio para dar saltos entre un campo del conocimiento y otro. Hay quien afirma que las nociones de la complejidad son adecuadas sólo a su campo de origen y no a otro; cualquier traducción analógica entre procesos de la física o la biología a los de la sociedad humana, por ejemplo, quedaría descalificada a priori. Esta duda ¿metódica? tiene -no obstante los posicionamientos de que se parta- un valor heurístico posible: Cada campo del conocimiento posee, además de rasgos comunes con los procesos universales, particularidades que es preciso descubrir-construir.

Los sistemas sociales humanos están impelidos -por naturaleza propia y del mismo modus relacional en que conviven y se desarrollan- a optar por la autoorganización individualizada y colectiva.

La imposición de normas o patrones de comportamiento e interacción generados desde la Totalidad hacia un sistema organizativo-normativo cualquiera, sin consideración de sus particularidades autopoieticas conlleva la parálisis del sistema.

La orientación en un solo sentido -sin feedback al menos y mucho menos sin capacidad de retroacción de positividad- provoca que el sistema en cuestión se adapte a la nulidad de sus operaciones en un comportamiento dócil -retraído, esquizoide, anómico- o rebelde -con consecuencias de rupturas de diferente tipo-.

De manera que sólo creando las condiciones para una real posibilidad de espontaneidad -individual y colectiva, ya sea grupal o social- se generan las condiciones iniciales para una contribución real en los procesos en que las personas se hallan inmersas.

La autoorganización posibilita -y toma el riesgo- de participar de la construcción de sentidos y realidades que propician un compromiso verdadero.

Especialmente, en el campo de lo social, la consideración y promoción de los procesos emergentes y autoorganizativos parece que presentan nuevas luces a los retos de las situaciones problemáticas que confrontamos en el presente.

Así, múltiples problemas de los campos del conocimiento y la práctica humana están abiertos a su comprensión desde las emergencias y la autoorganización en contextos dinámicos complejos; la polémica seminal puede dar sus buenos frutos.

Este número de Pensando la Complejidad presenta un artículo didáctico de Chris Lucas que da la posibilidad de ubicar los procesos de autoorganización en el campo semántico más amplio de las perspectivas de la complejidad y puede servir de introducción iniciatoria para retomar las nociones vinculares.

Nos llega igualmente el texto La dinámica de las hormigas como paradigma de auto-organización del Prof. Ernesto Altshuler. Este texto, conferencia en su día, aborda diferentes fenómenos del mundo de los insectos sociales -específicamente el de las hormigas- que se pueden considerar como ejemplos de auto-organización.

Un trabajo de reflexión sobre la comprensión de Kauffman sobre la vida como proceso emergente y el rol de la autoorganización -presentando su visión de la complejidad de los fenómenos- constituye la siguiente contribución de este número, particularmente importante teniendo en cuenta que el propio autor reseñado podría ser uno de los invitados especiales de nuestro Congreso Complejidad 2010, habida cuenta de su larga trayectoria de inmersión y resultados en el tema.

La joven investigadora del CIPS (Centro de Investigaciones Psicológicas y Sociológicas-Cuba) Carmen Lili Velazco nos introduce, con el artículo que continúa este número, en la importancia de la complejidad en el ámbito organizacional, a partir de investigaciones, aportaciones y reflexiones del equipo de trabajo al que pertenece, hecho meritorio por su sistematicidad y compromiso con las nuevas perspectivas metodológicas del cambio social organizacional y sus relaciones con la complejidad.

Se anuncian eventos importantes de la complejidad que tendrán lugar en nuestro país: Camagüey, La Habana, en las convocatorias más recientes que los respectivos comités organizadores de esas Cátedras puestos a nuestra disposición.

Esperamos que el presente número sea de su agrado, interés y utilidad. Pueden remitirnos sus opiniones y sugerencias a: [complejidad@filosofia.cu](mailto:complejidad@filosofia.cu)

## **Self-Organization.**

### **Chris Lucas.**

---

#### **Introduction.**

The scientific study of self-organising systems is a relatively recent field, although questions about how organisation arises have of course been raised since ancient times. The forms we see around us are just a minute sub-set of those theoretically possible, so why don't we see more variety ? It is to try to answer such questions that we study self-organisation. Many systems in nature show organisation e.g. galaxies, planets, compounds, cells, organisms and societies. Traditional scientific fields attempt to explain these features by reference to the micro properties or laws applicable to their component parts, for example gravitation or chemical bonds. Yet we can also approach the subject in a different way, looking instead for system properties that apply to all such collections of parts, regardless of size or nature. It is here that modern computers prove essential, by allowing us to investigate dynamic changes occurring over vast numbers of time steps, for large numbers of options.

Studying nature itself requires us to proceed at the timescale appropriate for the natural system, and to restrict our studies to what actually exists (or to what we can create quickly). This precludes our investigating the full range of possibilities that may be encountered. Mathematics, by contrast, does deal in generalised and abstract systems, and can generate theorems that should apply to all possible members of a class of systems. By creating a mathematical model and then running that as a computer simulation, we are able to quickly explore large numbers of possible starting positions and to analyse the common features that result. Relatively small systems can allow almost infinite initial options so, even with the fastest computers currently available, we can still only sample the possibility space. Yet this is enough for us to discover interesting properties, which can then be tested against real systems to generate new classes of scientific theories applicable to complex systems and their spontaneous organisation.



### **Definition of Self-Organisation.**

The essence of self-organisation is that system structure (at least in part) appears without explicit pressure or constraints from outside the system. In other words, the constraints on form are internal to the system and result from the interactions between the components, whilst being independent of the physical nature of those components.

The organisation can evolve either in time or space, can maintain a stable form or can show transient phenomena. General resource flows into or out of the system are permitted, but are not critical to the concept.

The field of self-organisation seeks to discover the general rules under which such structure appears, the forms which it can take, and methods of predicting the changes to the structure that will result from changes to the underlying system. The results are expected to be applicable to any system exhibiting the same network characteristics.

### **What is a system?**

A system is a collection of interacting parts functioning as a whole. It is distinguishable from its surroundings with recognisable boundaries. The function depends upon the arrangement of the parts and will change in some way if parts are added, removed or rearranged. The system has properties that are emergent, that is they are not contained within any of the parts, they exist at a higher level of description.

### **What is a system property?**

If we connect a series of parts in a loop, then that loop does not exist as a property of the parts themselves. The parts can have any structure or form and yet the loop persists. If the loop shows an additional dynamic behaviour (maybe it oscillates) then this is an example of an emergent system property.

### **What is emergence?**

The appearance of a property or feature not previously seen. Generally, higher level properties are regarded as emergent - a car is an emergent property of the interconnected parts. That property disappears if the parts are disassembled and just placed in a heap.

**What is organization?**

The arrangement of parts in such a way as to be non-random. The restriction of the options available to a system in such a way as to confine it to a small volume of its state space.

**What is state or phase space?**

The total arrangements (or combinations) available to the system. For a single coin toss this would be just two states (either heads or tails), but the possible states grow rapidly with complexity. If we take as an example 100 coins, then these can be arranged in over 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000 different ways. We can view each coin as a separate parameter or dimension of the system, so one arrangement would be equivalent to specifying 100 binary digits (each one indicating a 1 for heads or 0 for tails for a specific coin). Generalising, any system has one dimension of state space for each variable that can change, mutation will change one or more variables and move the system a small distance in state space. State space is frequently called phase space, the two terms are interchangeable.

**What is self-organization?**

The evolution of a system into an organised form in the absence of external constraints. A move from a large region of state space to a persistent smaller one, under the control of the system itself.

**Can things self-organize?**

Yes, any system that takes a form that is not imposed from outside (by walls, machines or forces) can be said to self-organise. The term is usually employed however in a more restricted sense by excluding physical laws (reductionist explanations), and suggesting that the properties that emerge are not explicable from a purely reductionist viewpoint.

**Isn't this just the same as selection?**

No, selection is a choice between competing options such that one arrangement is preferred over another with reference to some external criteria - this represents a choice between two stable systems in state

space. In self-organisation there is only one system which internally restricts the area of state space it occupies. In essence the system moves to an attractor that covers only a small area of state space, a dynamic pattern of expression that can persist even in the face of mutation and opposing selective forces. Alternative stable options are each self-organised attractors and selection may choose between them based upon their emergent properties.

### **What is an attractor?**

A preferred position for the system, such that if the system is started from another state it will evolve until it arrives at the attractor, and will then stay there in the absence of other factors. An attractor can be a point (e.g. the centre of a bowl containing a ball), a regular path (e.g. a planetary orbit), a complex series of states (e.g. the metabolism of a cell) or an infinite sequence (called a strange attractor). All specify a restricted volume of state space. The area of state space that leads to an attractor is called its basin of attraction.

### **How do attractors and self-organization relate?**

Any system that moves to a fixed structure can be said to be drawn to an attractor. A complex system can have many attractors and these can alter with changes to the system interconnections (mutations). Studying self-organisation is equivalent to investigating the attractors of the system, their form and dynamics.

### **What is criticality?**

A point at which system properties change suddenly, e.g. where a matrix goes from non-percolating to percolating or vice versa. This is often regarded as a phase change.

### **What is Self-Organized Criticality (SOC)?**

The ability of a system to evolve in such a way as to approach a critical point and then maintain itself at that point.

### **What is the edge of chaos?**

This is the name given to the critical point of the system, where a small change can either push the system into chaotic behaviour or lock the system into a fixed behaviour. It is regarded as a phase change.

### **What is a phase change?**

A point at which the appearance of the system changes suddenly. In physical systems the change from solid to liquid is a good example. Non-physical systems can also exhibit phase changes, although this use of the term is more controversial. Generally we regard our system as existing in one of three phases. If the system exhibits a fixed behaviour then we regard it as being in the solid realm, if the behaviour is chaotic then we assign it to the gas realm. For systems on the 'Edge of Chaos' the properties match those seen in liquid systems.

### **How does percolation relate to SOC?**

Percolation is an arrangement of parts (usually visualised as a matrix) such that a property can arise that connects the opposite sides of the structure. This can be regarded as making a path in a disconnected matrix or making an obstruction in a fully connected one.

The boundary at which the system goes from disconnected to connected is a sudden one, a step or phase change in the properties of the system. This is the same boundary that we arrive at in SOC. The main feature is that at this boundary a system has a correlation length that just spans the entire system, with a power law distribution of shorter lengths.

### **What is a power law?**

We plot the logarithm of the number of times a certain property value is found against the log of the value itself. If the result is a straight line then we have a power law. Essentially what we are saying is that there is a distribution of results such that the larger the effect the less frequently it is seen. A good example is earthquake activity where many small quakes are seen but few large ones, the Richter scale is based upon such a law. A system subject to power law dynamics

exhibits the same structure over all scales. This self- similarity or scale independant (fractal) behaviour is typical of self-organising systems.

### **How does natural selection fit in?**

Selection is a bias to move through state space in a particular direction, maximising some external fitness function - choosing between mutant neighbours. Self-organisation drives the system to an internal attractor, we can call this an internal fitness fuction. The two concepts are complementary and can either mutually assist or oppose.

In the context of self-organising systems, the attractors are the only stable states the system has, selection pressure is a force on the system attempting to perturb it to a different attractor. It may take many mutations to cause a system to switch to a new attractor, since each simply moves the starting position across the basin of attraction. Only when a boundary between two basins is crossed will an attractor change occur.

### **What is a mutant neighbour?**

In the world of possible systems (the state space for the system) two possibilities are neighbours if a change or mutation to one parameter can change the first system into the second or vice versa. Any two options can then be classified by a chain of possible mutations converting between them (via intermediate states). Note that there can be many ways of doing this, depending on the order the mutations take place. The process of moving from one possibility to another is called an adaptive walk.

### **What is an adaptive walk?**

A process by which a system changes from one state to another by gradual steps. The system 'walks' across the fitness landscape, each step is assumed to lead to an improvement in the performance of the system against some criteria (adaption).

### **What is a fitness landscape?**

If we rate every option in state space by its achievement against some criteria then we can plot that rating as a fitness value on another dimension, a height that gives the appearance of a landscape. The

result may be a single smooth hill (a correlated landscape), many smaller peaks (a rugged landscape) or something in between.

### **How many parts are necessary for self-organisation?**

As few as two (in magnetic or gravitational attraction) can suffice, but generally we use the term to classify more complex phenomena than point attractors, the richness of possible behaviour increases rapidly with the number of interconnections.

### **What interconnections are necessary?**

In general terms for self-organisation to occur the system must be neither too sparsely connected (so most units are independent) nor too richly connected (so that every unit affects every other). Most studies of Boolean Networks suggest that having about two connections for each unit leads to optimum organisational and adaptive properties. If more connections exist then the same effect can be obtained by using canalysing functions or other constraints on the interaction dynamics.

### **What is a Boolean Network or NK model?**

Taking a collection (N) of logic gates (AND, OR, NOT etc.) each with K inputs and interconnecting them gives us a Boolean Network. Depending upon the number of inputs (K) to each gate we can generate a collection of possible logic functions that could be used. By allocating these to the nodes (N) at random we have a Random Boolean Network and this can be used to investigate whether organisation appears for different sets of parameters. Some possible logic functions are canalysing and it seems that this type of function is the most likely to generate self-organisation. This arrangement is also called biologically an NK model where N is seen as the number of genes (with 2 alleles each - the output states) and K denotes their inter-dependencies.

### **What are canalysing functions and forcing structures?**

A function is canalysing if a single input being in a fixed state is sufficient to force the output to a fixed state, regardless of the state of any other input. For example, for an AND gate if any input is held low then the output is forced, low, so this function is canalysing. An XOR

gate, in contrast, is not since the state can always change by varying another input. The result of connecting a series of analysing functions can be to force chunks of the network to a fixed state (an initial fixed input can ripple through and lock up part of the network - a forcing structure). Such fixed divisions (barriers to change) can break up the network into active and passive structures and this allows complex behaviours to develop.

### **How does connectivity affect landscape shape?**

In general the higher the connectivity the more rugged the landscape becomes. Simply connected landscapes have a single peak, a change to one parameter has little effect on the others so a smooth change in properties is found during adaptive walks. High connectivity means that variables interact and we have to settle for compromise fitnesses, many lower peaks are found and the system becomes stuck at local optima or attractors, rather than being able to reach a global optima.

### **What is an NKC Network?**

If we allow each node (N) to be itself a complex arrangement of interlinked parts (K) then we can regard the connections between nodes (C) as a further layer of control. This can best be seen by visualising an ecosystem, where the nodes are species each consisting of a collection of genes, the interactions between species form the ecosystem. Thus the local connection K specifies how the genes interact with each other and the distant connection C how the genes interact with other species. This model then allows co-evolutionary development and organisation to be studied.

### **What is an autocatalytic set?**

If a collection of interacting entities are brought together then they may react in certain ways only, e.g. entity A may be able to affect B but not C. D may only affect E. For a sufficiently large collection of different entities a situation may arise where a complete network of interconnections can be established - the entities become part of one system. This is called an autocatalytic set, after the ability of molecules to catalyse each other's formation in the chemical equivalent of this arrangement.

### **How can self-organisation be studied?**

Since we are seeking general properties that apply to topologically equivalent systems, any physical system or model that provides those connections can be used. Much work has been done using Cellular Automata and Boolean Networks, with Alife, Genetic Algorithms, Neural Networks and similar techniques also widely used. In general we start with a set of rules specifying how the interconnections are allowed to behave, the network is randomly initiated and then iterated (stepped) continually following the ruleset. The stable pattern obtained (if any) is noted and the sequence repeated. After many trials generalisations from the results can be attempted, with some statistical probability.

### **What results are there so far?**

For systems with high connectivity  $K=N$ , the number of attractors is  $N/e$  (linear), the number of states within an attractor averages  $0.5 * 2^{**} N/2$  (exponentially large). These systems are highly sensitive to disturbance, and swap amongst the attractors easily.

For  $K=1$ , attractor numbers are exponential on  $N$ , state lengths increase only as root  $N$ , but again are sensitive to disturbance and easily swap between attractors.

For  $K=2$  we have a phase transition, number of attractors drops to root  $N$ , average length is also root  $N$ . The system is stable to disturbance and has few paths between the attractors.

Systems that are able to change their number of connections (by mutation) are found to move from the chaotic ( $K$  high) or static ( $K$  low) regions spontaneously to that of the phase transition and stability - the self-organising criticality.

### **How applicable is self-organization?**

The above results seem to indicate that such system properties can be ascribed to all manner of natural systems, from physical, chemical, biological, psychological to cultural. Much work is yet needed to determine to what extent the system properties relate to the actual features of these systems and how they vary with underlying constraints. Power laws are common in natural systems and an underlying SOC cannot be ruled out as a possible cause of this situation.



### **What are levels of organization?**

The smallest parts of a system produce their own emergent properties, these are the lowest system features and form the next level of structure in the system. These components then in turn form the building blocks for a new higher level of organization, with different emergent properties and this process can proceed to higher levels in turn. The various levels can all exhibit their own self-organisation (e.g. cell chemistry, organs, societies) or may be manufactured (e.g. piston, engine, car).

### **How is energy related to these concepts?**

Energy considerations are often regarded as an explanation for organisation, it is said that minimising energy causes the organisation. Yet there are often alternative arrangements that require the same energy. To account for the choice between these requires other factors. Organisation still appears in computer simulations that do not use the concept of energy, although other criteria may exist. This system property suggests that we still have much to learn in this area.

### **How does it relate to chaos?**

In nonlinear studies we find much structure for very simple systems, as seen in the self-similar structure of fractals and the bifurcation structure seen in chaotic systems. This form of system exhibits complex behaviour from simple rules. In contrast, for self-organising systems we have complex assemblies generating simple emergent behaviour, so in essence the two concepts are complementary. For our collective systems, we can regard the solid state as equivalent to the predictable behaviour of a formula, the gaseous state as corresponding to the statistical realm and the liquid state as being the bifurcation or fractal realm.

### **What are dissipative systems?**

Systems that use energy flow to maintain their form are said to be dissipative systems, these would include atmospheric vortices, living systems and similar. The term can also be used more generally for systems that consume energy to keep going e.g. engines or stars. Such systems are generally open to their environment.

### **What is bifurcation?**

A phenomenon that results in a system splitting into two possible behaviours with a small change in a parameter, further changes then cause further splits at regular intervals until finally the system enters a chaotic phase.

### **What are autopoiesis, extropy and the like?**

Several other terms are loosely used with regard to self-organising systems, many in terms of human behaviour. Autopoiesis is self-reproduction, maintenance of form with time and flows, Extropy is organisational growth.

### **Is any software available to study self-organization?**

Few software packages relate to self-organisation as such, but many do show self-organised behaviour in the context of more specialised topics. These include cellular automata (Game of Life), neural networks (artificial learning), genetic algorithms (evolution), artificial life (agent behaviour), fractals (mathematical art) and physics (spin glasses). These can be found via the relevant newsgroup FAQs.

### **Where can I find on-line information?**

CALResCo, home of this FAQ, Links to SOS online papers/sites, Complex Systems virtual library, Complex Adaptive Systems, VCU complexity research group, Artificial Life links, Complex Systems & Chaos Theory, SOS bib, Measures of Complexity, Self-org measures, SOS on the Web, What is complexity?, The Avida Group, Santa Fe Institute

#### **Bibliography.**

- Ross Ashby. *An Introduction to Cybernetics* (1964 Methuen)
- Ross Ashby. *Design for a Brain - The Origin of Adaptive Behaviour* (1960 Chapman & Hall).
- Per Bak. *How Nature Works - The Science of Self-Organised Criticality* (1996 Copernicus)
- Margaret Boden (ed). *The Philosophy of Artificial Life* (1996 OUP).
- John Casti. *Complexification: explaining a paradoxical world through the science of surprise* (1994 HarperCollins).
- Cameron and Yovits (Eds.). *Self-Organizing Systems* (1960 Pergamon Press)
- Cohen and Stewart. *The Collapse of Chaos - Discovering Simplicity in a Complex World* (1994 Viking).
- Manfred Eigen. *The Self Organization of Matter*.
- Eigen and Schuster. *The Hypercycle: A principle of natural self- organization* (1979 Springer)
- Eigen and Winkler-Oswalitsch. *Steps Toward Life: a perspective on evolution* (1992 Oxford University Press)
- Claus Emmeche. *The Garden in the Machine: The Emerging Science of Artificial Life* (1994 Princeton)
- H. von Foerster and Zopf (Eds.). *Principles of Self-Organization* (1962 Pergamon)
- John Formby. *An Introduction to the Mathematical Formulation of Self-organizing Systems* (1965)

## La dinámica de las hormigas como paradigma de auto-organización.

**Ernesto Altshuler.**

---

Este artículo constituye un breve resumen de la conferencia dictada en el Aula Magna de la Universidad de La Habana el día 23 de julio del 2008.

Tras establecer algunos conceptos como el de auto-organización, se mencionan diferentes fenómenos del mundo de los insectos sociales -específicamente el de las hormigas- que se pueden considerar como ejemplos de auto-organización. Entre los ejemplos que se citan existen algunos resultados originales publicados por el equipo de trabajo del autor. Se discuten los principales retos para el estudio experimental de los insectos sociales en el escenario de la auto-organización.

Muchos de los conceptos que rondan el mundo de la llamada Complejidad o Ciencia de la Complejidad son a veces llevados y traídos con relativamente poco rigor, utilizándolos apenas como “etiquetas” para imprimir el discurso científico un sabor conveniente. Uno de ellos es el de auto-organización.

Por ello es conveniente comenzar enunciando aquí su concepto, para lo cual usaré la formulación “clásica” de Nicolis y Prigogine de sistemas auto-organizados<sup>1</sup>: “Los sistemas que poseen un gran número de sub-unidades interactuantes presentan, bajo ciertas condiciones, un marcado comportamiento coherente que se extiende mucho más allá de la escala de la sub-unidad individual”.

Un ejemplo paradigmático de sistema auto-organizado es quizás el de la pila de arena: Al dejar caer lentamente granos de arena sobre una mesa, se va formando una pila cónica tan grande como se quiera, típicamente con lados rectos que forman un ángulo bien definido respecto a la superficie de la mesa llamado “ángulo de reposo”<sup>2</sup>. La pila tiene un orden de “largo alcance”, en el sentido de sus dimensiones son muchísimo mayores que las dimensiones de un grano de arena típico. El ángulo de reposo se “auto-regula” mediante avalanchas de diversos tamaños, sin necesidad de

---

<sup>1</sup> G. Nicolis y I. Prigogine, en “Self organization of Non equilibrium Systems”, John Wiley and Sons, 1977

<sup>2</sup> Termodinámicamente hablando, la pila es un sistema *fuera del equilibrio*. En equilibrio termodinámico riguroso, los granos estarían dispersos en la superficie de la mesa formando una capa de un grano de grosor, pues sería la forma natural de minimizar su energía del sistema.

“ajustar” con precisión los parámetros experimentales exteriormente, o de que un ente central “imparta órdenes”, como ocurriría en una construcción artificial humana. Si pensamos detenidamente, resulta asombroso el hecho de que el ángulo de reposo implique un orden de largo alcance, a pesar de que las interacciones entre dos granos de arena individuales son de muy corto alcance (en esencia, sólo interactúan si están en contacto directo)<sup>3</sup>

Podríamos agregar, además, que este patrón que “emerge” es difícil de predecir a partir de las sencillas leyes de los componentes individuales del sistema.

El concepto de auto-organización se puede llevar del terreno de las “partículas inanimadas” (como los granos de arena), al de las “partículas animadas”, como los insectos sociales. Según Sumpter<sup>4</sup>, “La idea central de la auto-organización es que interacciones simples entre individuos, repetidas una y otra vez, pueden producir patrones complejos, auto-adaptativos, a nivel de grupo”. Sin pretender adentrarnos en los conceptos de “patrón auto-adaptativo”, no es difícil ver que, al igual que en el ejemplo de la pila de arena, aquí nuevamente interacciones de corto alcance, relativamente sencillas, dan lugar a estructuras y fenómenos de largo alcance, fuera del equilibrio.

Vale aclarar que, en el caso de los insectos sociales, se tiene a veces la sensación de que una “reina” dirige la organización de la sociedad. Este no es el caso para la mayoría de las actividades del nido, las cuales se auto-organizan por medio de las interacciones sencillas entre los individuos. En las palabras de Detrain y Deneubourg<sup>5</sup>: “Propiciado por la existencia de una organización altamente estructuradas en las hormigas, existe la creencia común –pero errónea– de que existe un líder social (como la Reina), que centraliza la información, y envía órdenes a las obreras. Por el contrario, la eliminación de los presuntos líderes individuales revela que los patrones espacio-temporales aún persisten y, por lo tanto, dependen fundamentalmente de las interacciones entre trabajadoras de un mismo nido, o entre ellas y el medio ambiente”.

---

<sup>3</sup> P. Bak, “How Nature Works –the Science of Self-Organized Criticality”, Springer-Verlag, 1996. Allshuler, O. Ramos, C. Martínez, L. E. Flores y C. Noda, “Avalanches in one-dimensional piles with different types of bases”, Phys. Rev. Lett. 86, 5490 (2001)

<sup>4</sup> Sumpter, en “The principles of collective animal behaviour”, Phil. Trans. Royal Society B 361, 5 (2006)

<sup>5</sup> Detrain y J. L. Deneubourg, en “Self-organized structures in a Superorganism: do ants “behave” like molecules?”, Physics of Life Reviews 3,162 (2006)

Son justamente Detrain y Deneubourg quienes han resumido en el artículo de revisión de la referencia [5] múltiples escenarios donde las hormigas muestran el gran peso que la auto-organización posee en la supervivencia del hormiguero, cuyo funcionamiento ha sido modelado en un largo proceso evolutivo a través de millones de años. Los autores clasifican los fenómenos auto-organizados de las hormigas, en varias clases: Bifurcaciones, Sincronización, Ondas Auto-organizadas, y Criticidad Auto-organizada. Debido a la extensa y detallada revisión al respecto contenida en [5], invito al lector a revisar dicha referencia, en vez de repetir aquí los muchos ejemplos allí discutidos. Sólo me detendré brevemente en dos casos que involucran nuestro propio trabajo de investigación, uno de los cuales -publicado en el año 2005- fue discutido por Detrain y Deneubourg en su artículo del 2006.

El primer ejemplo, clasificado en [5] como un fenómeno de Bifurcación, es nuestra observación de que las hormigas de la especie *Atta Insularis* (Bibijaguas) protagonizan un fenómeno de ruptura de simetría al escapar de un recinto con dos puertas simétricas, si están en estado de pánico [6]. Nuestros experimentos indican que, si colocamos un grupo de hormigas en una celda circular con dos salidas idénticas dispuestas según un diámetro de la celda, y se abren las puertas, pueden observarse dos tipos de comportamiento. Si las hormigas están en relativa calma, las dos puertas se usan en iguales proporciones (estadísticamente hablando). Pero si las hormigas están en “pánico” (inducido mediante la adición de un repelente de insectos en el centro de la celda), una cualquiera de las puertas se utiliza significativamente más que la otra. Esta situación se puede describir como una “ruptura de simetría” (en nuestras palabras), o como una “bifurcación”, según la clasificación de la referencia [5].

Un sencillo modelo computacional que publicamos junto con los resultados experimentales indica que, si suponemos que el pánico induce a cada individuo a “seguir a la horda” en vez de “seguir el impulso individual”, una fluctuación aleatoria a favor de una de las puertas puede “amplificarse” a nivel de grupo, y producir el resultado descrito.

El carácter auto-organizado del fenómeno está dado por el hecho de que se produce un patrón de comportamiento a nivel de grupo sobre la base de leyes relativamente sencillas que afectan a cada individuo: no existe un “líder” que les indique ex profeso a las hormigas que deben usar una puerta con preferencia cuando están

en pánico. Este tipo de bifurcación en estado de pánico se había predicho teóricamente para el caso de seres humanos y, de hecho, todo parece indicar que ciertamente ocurre en el caso de situaciones de pánico como incendios en salas de teatro y otros escenarios<sup>6</sup>. Sobre la base de estos hallazgos, todo parece indicar que sistemas complejos como las sociedades de insectos sociales y lo seres humanos presentan importantes factores comunes cuando de fenómenos auto-organizados se trata.

El segundo ejemplo de nuestros resultados, que pudiera clasificarse dentro de la clase de “Críticidad Auto-Organizada” en el artículo de revisión de Detrain y Deneubourg [5], es el estudio preliminar sobre la dinámica de avalanchas de bibijaguas que salen y entran de su hormiguero durante el forrajeo. El establecimiento de filas de muchos metros de longitud desde y hasta la boca del hormiguero para forrajear comida basadas en interacciones de relativamente corto alcance (contacto entre hormigas y seguimiento de un rastro químico) constituye otro buen ejemplo de auto-organización. Para lograr las mediciones, hemos diseñado un sistema experimental que permite realizar observaciones computarizadas de la “actividad” de las bibijaguas a través de la puerta del hormiguero mediante un sensor óptico infrarrojo de diseño original<sup>7</sup>[8].

El sistema permite mediciones con un volumen y resolución temporal inalcanzables por las vías convencionales de observación, en condiciones totalmente naturales (o sea, en hormigueros fuera del laboratorio). Nuestros resultados preliminares indican que la actividad fluctúa en el tiempo con una distribución estadística de avalanchas que aún no está claro si es una ley de potencias, o una ley exponencial. El primer caso sería consistente con las ideas de la Críticidad Auto-Organizada [2], pero sólo experimentos más detallados dirán la última palabra.

En conclusión, se puede decir que los insectos sociales - especialmente las hormigas- constituyen un buen ejemplo de organismos que han triunfado evolutivamente en gran medida debido a la robustez de su auto-organización. De hecho, hoy día la Ingeniería tiende a utilizar algoritmos inspirados en el comportamiento de las hormigas en múltiples aplicaciones. Aunque se conocen muchos escenarios donde las hormigas hacen gala de

---

<sup>6</sup> D. Helbing, I. Farkas y T. Vicsek, “Simulating dynamical features of escape panic”, Nature 407, 487 (2000)

<sup>7</sup> C. Noda, J. Fernández, C. Pérez-Penichet y E. Altshuler, “Measuring activity in ant colonies”, Rev. Sci. Inst. 77, 126102 (2006)

la auto-organización, existe poca data cuantitativa de ellos, especialmente en condiciones naturales. Poseer datos cuantitativos sistemáticos al respecto permitiría una teorización más rigurosa, que considero debe ser la tendencia de la ciencia de la Complejidad, siempre que ello sea posible. En ese sentido nuestro grupo de trabajo está enfilando sus esfuerzos.

## **La obra de Stuart Kauffman. El problema del orden complejo y sus implicaciones filosóficas.**

**Alfredo Pérez Martínez.**

---

### **El Proyecto Kauffmaniano**

Las ya conocidas y populares teorías de la complejidad y el caos han logrado, a partir de la segunda mitad del siglo XX, replantear en diferentes campos del conocimiento problemas que han sido por muchos años foco de atención para la ciencia y la filosofía. Algunos entusiastas seguidores de esta corriente son optimistas en el sentido de afirmar que los nuevos desarrollos conceptuales provenientes de estas teorías ayudarán a la comprensión de problemas fundamentales como son los del origen y la evolución de la vida. El presente trabajo consiste en un análisis del proyecto que Stuart Kauffman (2004, 2000, 1996a, 1996b, 1995, 1993, 1990, 1982, 1970), como uno de los más reconocidos representantes del movimiento en torno al estudio de la complejidad, ha desarrollado para reorientar la postura evolucionista más tradicional (neo-darwinista), sobre el problema del orden biológico. Los objetivos principales son: (1) definir en qué consiste el proyecto Kauffmaniano; (2) determinar su radicalidad y explicar cómo debe ser interpretada; y (3), sobre dicha base, distinguir y analizar las implicaciones que para la ciencia y la filosofía tiene dicho proyecto con respecto al problema de la reducción teórica en biología, así como para la relación existente entre las ciencias físicas y las ciencias biológicas.

Para Kauffman, el tema central de su programa es el orden biológico (1993, 1995). A partir de éste, plantea cuestionamientos, por una parte, concernientes al orden observado en la formación, desarrollo y diversificación de los seres vivos, y, por otra, referentes al orden en la creación de las primeras formas de vida. Este orden biológico es para él un proceso emergente que obedece a leyes fundamentales, pues la selección natural y las variaciones al azar por sí mismas no logran dar cuenta convincentemente del orden observado en la naturaleza. Entonces, partiendo del gran tema que es el orden biológico, Kauffman trata de fundamentar una explicación de éste a partir de una teoría de la emergencia que sea capaz de proponer leyes biológicas elementales, busca generalidades, no detalles. Dichas leyes han de encontrarse en lo que él llama la nueva ciencia de la complejidad. Este campo de



estudio investiga fenómenos alejados del equilibrio, caracterizados por sus relaciones no-lineales, sus procesos de realimentación, su alta sensibilidad a las condiciones iniciales, y su capacidad para crear nuevos patrones de comportamiento al encontrarse en un estado entre el caos y el orden llamado *el límite del caos*. En este estado-región, se manifiesta el fenómeno llamado auto-organización que no es otra cosa que la coordinación del comportamiento complejo del sistema por parte de los elementos del mismo sistema sin estar en presencia de un poder central que regule y dirija la actividad de todos los elementos. Kauffman supone que el origen y la evolución de la vida no son fenómenos graduales y lineales como lo supone el paradigma vigente, por el contrario, los entiende como fenómenos complejos, no-lineales, y alejados del equilibrio.

Desde esta perspectiva la auto-organización tiene un papel preponderante en la explicación del origen, mantenimiento, y diversificación de la vida.

El siguiente paso en el proyecto Kauffmaniano es relacionar los principios de auto-organización y selección natural. Para Kauffman no son fenómenos excluyentes, sino complementarios, pero también es cierto que él considera a la auto-organización como una precondition para la capacidad evolutiva, en otras palabras, la selección natural se beneficia de las estructuras estables y resistentes generadas a partir de la auto-organización, aunque tal relación, Kauffman lo acepta, apenas comienza a ser explorada, y preguntas del tipo: ¿cómo pueden tales leyes del orden emergente reconciliarse con las mutaciones aleatorias y la oportunista selección darwinista? y ¿cómo puede la vida ser contingente e impredecible mientras obedece leyes generales?, aún esperan una respuesta. Por último, en el plano más general, Kauffman argumenta que no importa que hablemos de la red auto-catalítica que dio origen a la vida, o de la transformación de una célula en un adulto gracias a las propiedades emergentes de las redes genómicas complejas, o del comportamiento de especies que co-evolucionan en un ecosistema que genera pequeñas y grandes avalanchas de extinción y especiación, todos estos fenómenos obedecen a leyes complejas del orden emergente, leyes que están aún en espera de ser descubiertas. Se puede sostener que el proyecto de Kauffman es un lugar de partida, no uno de llegada.

En general, su proyecto se resume en las siguientes ideas centrales:

1) identifica el tema del orden biológico como problema nuclear y punto de partida de su investigación; 2) pretende construir una teoría emergentista que dé cuenta del problema del orden biológico; 3) espera descubrir leyes generales del orden emergente; 4) utiliza las ciencias de la complejidad como fundamento para plantear tales leyes; 5) explora la relación existente entre auto-organización y selección natural; y 6) sostiene que existen leyes fundamentales y compleja del orden emergente que rigen desde los fenómenos que dieron lugar al surgimiento de la vida hasta la regulación de la biosfera.

La primera gran aportación de Kauffman es sostener que la *vida* es una propiedad emergente que surge cuando la diversidad molecular de un sistema químico prebiótico va más allá de cierto umbral de complejidad. En este sentido, la *vida* no está localizada en las propiedades de ninguna molécula individual (el ADN), sino que es una propiedad colectiva del sistema de interacción de las moléculas. La vida, así, surgió completa, y siempre ha permanecido completa. La vida no está localizado en sus partes, sino en las propiedades colectivas emergentes del todo que ellas crean, y sus componentes son exclusivamente partes físicas.

La otra gran aportación que el proyecto Kauffmaniano hace a la Biología del siglo XXI es la introducción del principio de auto-organización en la explicación de la filogenia. El paradigma neodarwinista vigente afronta serias limitaciones que pueden ser solventadas si se toman en cuenta los procesos de auto-organización de los sistemas dinámicos complejos. Jacob y Monod demostraron que los genes podían activarse o inhibirse unos a otros, y que tales circuitos genéticos podían tener patrones alternativos de activación para los genes que constituyen las distintas células *tipo* de un organismo. La pregunta central de Kauffman es: ¿cuál es la estructura de tales redes genómicas?, ¿cuáles son las reglas que gobiernan el comportamiento de los genes y sus productos acoplados en las redes de control que gobiernan la ontogénesis? Kauffman ha llegado a la conclusión preliminar de que estas redes, bajo ciertas condiciones, muestran comportamientos estadísticamente esperados. Sus modelos (las redes booleanas) son capaces de mostrar esta característica: existen propiedades estadísticamente comunes de organización en las redes genómicas o estructuras metabólicas, independientes de la selección natural, que sirven de soporte para que opere la selección natural. Estas

propiedades típicas de las redes genómicas son posibles gracias a los procesos de auto-organización del sistema.

La auto-organización del sistema ocurre en una región cercana al límite del caos; en tal región es donde las correlaciones, y por tanto las variaciones heredables, indispensables para la evolución, son posibles. La capacidad para evolucionar se maximiza en la frontera entre el caos y el orden, y es la selección natural la que alcanza y sostiene este estado de transición posicionado en el límite del caos. La selección natural maximiza las variaciones heredables. La adaptación es el proceso por el cual se maximiza la capacidad para evolucionar (*evolvability o adaptabilidad*), entendida ésta como la cantidad de variación heredable. Dicha adaptabilidad sólo se logra a partir de estructuras auto-organizadas sobre las cuales operan tanto la selección natural como las variaciones heredables. Esta relación entre los principios de auto-organización y selección natural, muestra el trabajo de Kauffman, es el punto nodal que permitirá la ampliación de la teoría evolutiva y marcará el rumbo de la Biología del siglo XXI.

Los planteamientos de Kauffman se pueden resumir en tres hipótesis básicas: 1) el primer sistema viviente surgió a partir de un conjunto auto-catalítico de reacciones que cruzó, en una transición de fase, cierto umbral de complejidad, haciendo posible el auto-mantenimiento y la auto-replicación del sistema, en un rango plausible de tiempo que puede concebirse como aceptable; 2) los sistemas adaptativos complejos se adaptan y evolucionan en un régimen ordenado no muy alejado del *límite del caos*; y 3) la auto-organización es una pre-condición para la adaptabilidad (capacidad para evolucionar o *evolvability*). Esta perspectiva Kauffmaniana indica que los principios de auto-organización y selección no se contraponen, al contrario, se complementan.

### **El Proyecto Kauffmaniano y sus Implicaciones Filosóficas**

Los trabajos de Kauffman tienen, también, implicaciones filosóficas. Por una parte, Kauffman retoma y vuelve a dar impulso a la doctrina emergentista que tiene su inicio en la disputa sobre el origen de la vida a que se entregaron, en el siglo XIX, los defensores de las corrientes vitalista y mecanicista. El emergentismo Kauffmaniano sostiene: *existen leyes fundamentales de organización que permiten el despliegue de nuevas propiedades a partir de sistemas de elementos (materiales) más básicos que cruzan cierto umbral de complejidad. Estas propiedades no son explicables a partir de las*

*propiedades individuales de sus constituyentes ya que son poseídas por el “todo” y, a la vez, influyen sobre ese “todo” organizado.*

El emergentismo Kauffmaniano es muy interesante porque, de una parte, resulta, siguiendo a Stephan (2002), completamente compatible con el emergentismo epistemológico, haciendo posible la tesis del monismo físico, las propiedades sistémicas, el determinismo sincrónico, la novedad, y la impredecibilidad. De otra, puede llegar a identificarse con un emergentismo ontológico, pero es preciso aclarar que tiene limitaciones para hacerlo. Por lo tanto, la defensa del emergentismo ontológico debe mantenerse aún como un problema abierto. La tesis sobre la irreductibilidad es parte fundamental del emergentismo ontológico; los elementos ontológicamente emergentes no son ni reducibles ni están determinados por elementos más básicos. Los elementos ontológicamente emergentes lo son de sistemas que poseen capacidades causales no reducibles a cualquiera de las capacidades causales intrínsecas de las partes. Una propiedad sistémica es irreducible cuando sus capacidades causales no están completamente determinadas por las capacidades causales de las propiedades de los elementos que componen el sistema. Si las capacidades causales del macro-nivel afectan las del micro-nivel, entonces existe alguna *influencia causal descendente* del mismo sistema o de su estructura sobre el comportamiento de las partes del sistema.

La irreductibilidad de propiedades implica algún tipo de causalidad descendente: fuerte, media, o débil. La noción de causalidad descendente fuerte es difícil de conciliar con la tesis sobre el monismo físico, por lo cual se considera sospechosamente vitalista. Además, el emergentismo Kauffmaniano no supone ningún tipo de causalidad descendente fuerte, pero, por otro lado, sí acepta un tipo de causalidad descendente débil, esto es: el nivel mayor o macro-nivel no es una sustancia, es un nivel organizacional. Los conjuntos auto-catalíticos y las redes genómicas booleanas concuerdan con esta descripción. Un problema con la causalidad descendente débil es que únicamente se puede hablar de una manera metafórica acerca de un espacio de estados de, por ejemplo, especies biológicas o estados psicológicos. No se pueden especificar tales estados físicamente o aplicar la descripción del espacio de fases en ningún sentido literal. Además, al asumir que el macro-nivel no es una sustancia distinta a la del micro-nivel, sino simplemente una forma o nivel distinto de organización de los

elementos que lo constituyen, entonces, los efectos causales pueden ser explicados a partir de los elementos del micro-nivel.

Ahora bien, en ese caso, la tesis de la irreductibilidad, en sentido ontológico, no se sustenta. Resultando, así, que el emergentismo del proyecto Kauffmaniano es compatible con el emergentismo epistemológico.

El trabajo de Kauffman no amplía el marco emergentista, y es difícil, por el momento, justificar a partir de éste un emergentismo ontológico, pero refuerza y reorienta claramente el emergentismo epistemológico. En este sentido, a diferencia de sus predecesores [Alexander (1920), Morgan (1923), y Broad (1925)], Kauffman ha ido más allá del debate sobre la mera posibilidad de la emergencia. Su gran aportación a la corriente emergentista es el trabajo que ha desarrollado para describir e interpretar los procesos de organización por medio de los cuales la emergencia de una propiedad es posible. Kauffman, entre otros, ha contribuido al resurgimiento del emergentismo, más que por motivos filosóficos por motivos empíricos, no obstante. A su favor se encuentra la evidencia mostrada en el laboratorio por Lee *et al.* (1996) y Yao *et al.* (1998), sobre la posibilidad de llevar a cabo la auto-replicación de un sistema polipéptido por medio de la auto-catálisis de sus elementos (sin la necesidad de un genoma o enzimas catalizadoras).

### **El proyecto Kauffmaniano: ¿un cambio de paradigma para la Biología y sus raíces filosóficas?**

Kauffman ha utilizado *las ciencias de la complejidad y el caos* como herramientas para plantear su proyecto de investigación, en sus palabras: “estas ciencias pretenden transformar las ciencias biológicas y sociales en los siglos por venir” [Kauffman 1990, pp. 299]. Hayles [1998, pp. 215] argumenta que la teoría del caos representa un cambio de paradigma –en el sentido Kuhniano– porque a diferencia del paradigma Newtoniano, que pone énfasis en aislar la unidad apropiada para comprender los mecanismos que ligan a las unidades en grupos mayores, la teoría del caos busca explicar las regularidades de los sistemas, regularidades que no son explicables a partir del conocimiento del comportamiento de las unidades individuales sino de la comprensión de las correspondencias a través de diferentes escalas y longitudes (geometría fractal). “El supuesto fundamental de la teoría del caos

es que la unidad individual no importa” [Hayles 1988, 215]. En este sentido, las explicaciones en términos de estos dos paradigmas no sólo son diferentes, son inconmensurables. Tomando ahora, particularmente, el proyecto Kauffmaniano, su radicalidad y alcance han sido discutidos desde diferentes perspectivas, entre otros, por: Burian y Richardson (1991), Dover (1993), Alberch (1994), Weber Depew (1996), Weber (1998, 1999), Richardson (2001), y Castrodeza (2002, 2003). Por ejemplo, Castrodeza resalta el enfoque determinista del proyecto y, a su vez, no rechaza la posibilidad de que la selección natural se puede beneficiar de las leyes complejas o de auto-organización, tal y como lo propone Kauffman (2003).

Weber y Depew [1996, pp. 44] proponen una serie de posibilidades para interpretar el trabajo de Kauffman:

1. Es la selección natural, y no la auto-organización, la que conduce la evolución.
2. La auto-organización restringe la selección natural.
3. La auto-organización es la hipótesis nula contra la cual el cambio evolutivo debe ser medido.
4. La auto-organización es un auxiliar de la selección natural para causar el cambio evolutivo.
5. La auto-organización conduce la evolución, pero es restringida por la selección natural.
6. La selección natural misma es una forma de auto-organización.
7. La selección natural y la auto-organización son dos aspectos de un único proceso evolutivo.

Richardson y Burian (1991), y Richardson (2001), sostienen que el trabajo de Kauffman debe ser interpretado a la luz de las alternativas 6 ó 7, las cuales son, a partir de su análisis, las más radicales. Las alternativas 6 y 7, pero aún más claramente la alternativa 6, nos lleva a entender la selección natural como un caso especial de las propiedades auto-organizativas de la materia. La auto-organización puede darse en sistemas físicos no vivientes, la selección natural, no. A partir de esta postura, la corriente radical – representada, entre otros, por Goodwin (1998)- a favor de la biología del desarrollo (*developmental biology*) está de acuerdo en afirmar que el orden (desarrollo de los seres vivos) observado en la naturaleza es producto de las leyes físicas complejas encontradas en los procesos de auto-organización. Así lo expresa B. Goodwin:

“La “nueva” biología adopta la forma de una ciencia exacta de los sistemas complejos concernientes a la dinámica y el orden emergente. A partir de aquí todo cambia. En vez de metáforas de conflicto, competencia, genes egoístas o picos dentro de relieves adaptativos, lo que tenemos es una danza evolutiva [...] Es una danza a través del morfo-espacio, el espacio de las formas orgánicas”. [Goodwin 2000, pp. 89]

Para Burian y Richardson, como ya se apuntó, el proyecto Kauffmaniano nos lleva hacia una biología del desarrollo o de las formas que se acerca más hacia lo que es una ciencia de leyes, ahora, de la complejidad. Ésta posición radical que describen Burian y Richardson [1991, pp. 284-285], se remonta a la ciencia natural que precedió a los trabajos desarrollados por Darwin: una biología ocupada de clasificar las formas vivientes, esto es, centrada en el estudio de la morfología y el desarrollo de las plantas y los animales. Se aceptaba que las leyes físicas o *leyes de la forma* explicaban las restricciones y posibilidades del desarrollo biológico. En este sentido, proponen Burian y Richardson, el proyecto de Kauffman busca las *leyes de la forma* que explican la generación del orden existente en la naturaleza, pero a diferencia de sus predecesores, las leyes físicas a las cuales él apela son leyes complejas que rigen los procesos de la auto-organización de los sistemas dinámicos complejos. Este punto de vista toma distancia del paradigma evolutivo vigente que tiene por base la teoría sintética (selección-herencia) de la evolución, y a su vez, ésta postura no captura en toda su extensión el proyecto desarrollado por Kauffman, ya que en éste, en ningún momento, se rechaza la selección natural, las variaciones hereditarias, ni las mutaciones en las redes genómicas, para explicar el proceso evolutivo.

Por otro lado, Weber (1999) expone un punto de vista distinto:

“La selección no tiene por qué hacer todo, ni siquiera de una manera gradual, ya que la selección puede ser aliada de la auto-organización para generar orden y organización, algunas veces de una manera global [...] Claramente, la auto-organización tampoco tiene por qué hacerlo todo por sí misma. Ni debería ninguna persona racional esperar que el azar únicamente pudiera generar orden a partir del caos. Debería considerarse la acción conjunta de las tres, en distintos grados, en ejemplos específicos, a fin de

generar explicaciones robustas de la emergencia”. [Weber 1999, pp. 600]

Ésta posición más conciliadora y, en apariencia, menos radical, es la que describe con mayor proximidad el proyecto Kauffmaniano, pues lo retoma en toda su amplitud y a lo largo de sus distintos trabajos en el transcurso del tiempo. A diferencia de lo que en una primera aproximación podría parecer, considerar el proyecto Kauffmaniano en estos términos es la forma más ambiciosa de hacerlo.

Si el proyecto es, en los términos anteriormente descritos, lo suficientemente ambicioso, bosqueja la integración de dos corrientes antagónicas de la biología teórica, la pregunta que hay que plantear es la siguiente: ¿puede el proyecto Kauffmaniano catalogarse como una revolución científica en el campo de la biología teórica? Para responder esta cuestión hay que referirse al trabajo desarrollado por Kuhn sobre *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Kuhn define tres características principales que son encontradas en las revoluciones científicas:

1. El rechazo de una teoría (paradigma) vigente por otra incompatible con ésta.
2. Un cambio en los problemas disponibles para el escrutinio científico y en los estándares por medio de los cuales son juzgados estos problemas y sus soluciones.
3. Una transformación en la “imaginación” científica; esto es, la manera en cual se ven, entienden e interpretan los fenómenos que se encuentran en estudio, mejor descrita como una transformación del mundo dentro del cual el trabajo científico es hecho.

Para responder la pregunta anterior es necesario analizar el proyecto Kauffmaniano en términos de los tres criterios anteriormente planteados. Comenzando con el primer criterio, referido al rechazo de una teoría (paradigma) vigente por otra incompatible con ésta, se debería mantener que, en este caso, el paradigma vigente de la biología teórica, a saber, la teoría evolucionista sintética (selección-herencia) o neo-darwinista, debería ser rechazada por el proyecto Kauffmaniano, dado que éste debe ser incompatible o inconmensurable con respecto a la teoría vigente. El proyecto Kauffmaniano no rechaza, sin embargo, la validez del principio de selección natural ni las variaciones hereditarias; por otro lado, la teoría vigente tampoco ha entrado en



una crisis interna en la cual algunos de sus supuestos socavan la práctica cotidiana de las actividades normales de resolución de problemas. Pero, aunque no son rechazados, ¿supone esta ampliación de la explicación evolutiva la reconstrucción del campo de la biología a partir de nuevos fundamentos, una reconstrucción que cambia algunos de los campos más elementales de las generalizaciones teóricas? [Kuhn 1963, pp. 85].

Responder esta pregunta no es sencillo, pues aún el estudio de los sistemas complejos está en sus etapas iniciales, y la pretendida nueva síntesis es apenas un bosquejo; pero la respuesta es negativa. Si tomamos como referencia la biología molecular, no hay nada en el proyecto de Kauffman que ponga en duda, por ejemplo, cuál es la función del ADN y el ARN en la síntesis de las proteínas, no queda en entredicho el mecanismo de replicación, ni tampoco echa por tierra la teoría acerca de que los genes pueden influir en la actividad de otros dentro de una red genómica, tal y como lo describieron Jacob y Monod en su momento, por el contrario, retoma ese principio como parte fundamental para el desarrollo de sus modelos de redes booleanas, además, en un sentido más amplio, tampoco rechaza el principio acerca de que todos los seres vivos descendemos de un ancestro común o de un único árbol de la vida (principio fundamental del evolucionismo), ni rechaza el principio fundamental de selección natural. Por lo anteriormente argumentado, se puede afirmar que el proyecto desarrollado por Kauffman no satisface la primera característica descrita por Kuhn.

En lo que atañe a la segunda característica, referida a que una revolución científica supone cambios en los problemas disponibles para el escrutinio científico y en los estándares por medio de los cuales son juzgados estos problemas y sus soluciones, el proyecto Kauffmaniano tiene importantes elementos que deben ser evaluados. El tema central de Kauffman es el de la organización; en su proyecto, la organización involucra los problemas de la *forma (estructura)* y la *función (lo que hace la estructura)*. Estos elementos habían sido privilegiados uno sobre otro, dependiendo del marco teórico asumido: los pre-darwinistas la forma y los post-darwinistas la función. Para Kauffman, la organización no es un problema de unidades; esto es, los elementos, por fundamentales que sean, no son capaces de explicar el comportamiento de un sistema. Estamos frente a un problema de patrones de comportamiento. En ese sentido, su proyecto se distingue del punto de vista de la biología molecular. La organización como punto central de la discusión

biológica, desde luego, no es un enfoque novedoso, pero sí lo es la manera en la cual Kauffman lo aborda. La mecánica estadística es la herramienta que le permite identificar los patrones recurrentes de los comportamientos promedio y no los comportamientos individuales, como hace la mecánica clásica. Esta puntualización es importante porque marca la ruta y el marco de referencia que Kauffman ha tomado para desarrollar su proyecto.

Él lo expone de la siguiente manera:

“La esperanza aquí es caracterizar diferentes clases de propiedades del sistema que [...] son típicas y genéricas y que no dependen de los detalles [...] La mecánica estadística nos da nuestro más claro ejemplo del uso de los promedios estadísticos, de ahí, propiedades que son típicas y genéricas se toman como descriptores compactos de un sistema complejo”. [Kauffman 1995, pp. 17]

De aquí resulta la singularidad del enfoque usado por Kauffman para encarar el problema de la organización en biología, por ello, los problemas y las soluciones que de aquí surgen son distintos, por ejemplo, a los de la biología molecular. Kauffman no se pregunta por la química o bioquímica particular de determinado ensamblaje molecular, ni si algunos enlaces químicos muestran mayor estabilidad que otros bajo ciertas condiciones. Su enfoque no está orientado y no resolvería ningún problema de este tipo, digamos, de carácter composicional o a nivel de detalle. Su descripción es a nivel de patrones globales de comportamiento. A partir de esto resulta claro que los criterios para plantear problemas y evaluar soluciones utilizados en el proyecto Kauffmaniano resultan distintos a los empleados por el paradigma neo-darwinista vigente, por tanto, se puede decir que el trabajo desarrollado por Kauffman se ajusta a la segunda característica definida por Kuhn en torno a la estructura de las revoluciones científicas.

La tercera característica es la correspondiente a un tipo de transformación en la “imaginación” científica; esto es, la manera en la cual se ven, entienden e interpretan los fenómenos que se encuentran en estudio, mejor descrita como una transformación del mundo dentro del cual el trabajo científico se realiza. Como lo comenta Richardson [2001, pp. 656] “donde los biólogos neo-darwinistas ven adaptación, Kauffman ve orden emergente o espontáneo, surgiendo a partir de la auto-organización. Donde los

biólogos neo-darwinistas ven cambios graduales conducidos por la selección natural, Kauffman ve transiciones de fase entre atractores vecinos”.

Pero también es cierto que la biología evolutiva utiliza modelos estocásticos como herramienta de trabajo, al igual que Kauffman lo hace para interpretar sus sofisticados modelos matemáticos que le permiten explicar el comportamiento promedio de los sistemas dinámicos complejos. Planteado así, se puede formular la pregunta: ¿son éstos mundos distintos? Cuando la transición de un paradigma a otro se ha completado, la profesión cambia su visión del campo, sus métodos, y sus metas. Esta reorientación ha sido descrita como el manejo de un mismo conjunto de datos, pero puestos en un nuevo sistema de relaciones con el cual se crea un marco de referencia distinto; algunos lo describen, también, como un cambio de visión o *gestalt*, pero este razonamiento puede llegar a confundir, ya que los científicos no ven un “algo” como algo “más”, sólo ven “algo”; esto es, no ven ahora un pato como un conejo, ven un conejo, y no otra cosa.

Entonces, respondiendo a la pregunta inicial ¿son estos mundos distintos? La respuesta es, definitivamente, no. El proyecto Kauffmaniano plantea, como se explicó en el criterio anterior, nuevos problemas, nuevas soluciones, y herramientas de análisis que obedecen a cierto nivel o tipo de explicación, pero no vive en un mundo distinto e incompatible al de los biólogos neo-darwinistas.

El proyecto Kauffmaniano, se ha podido apreciar, no se ajusta a los criterios definidos por Kuhn en los puntos 1 y 3 anteriormente descritos con respecto a la estructura de las revoluciones científicas, por lo tanto, respondiendo a la pregunta inicialmente planteada, se puede afirmar que el proyecto Kauffmaniano no puede ser catalogado como una revolución científica de la biología teórica en el sentido Kuhniano. Ahora, si el proyecto de Kauffman no se puede considerar de esta manera, entonces ¿cómo debería ser clasificado?

Se puede explorar otra opción en el trabajo desarrollado por Lakatos sobre los programas de investigación científica. El trabajo desarrollado por Lakatos nos ayuda a entender y plantear el proyecto Kauffmaniano como un programa que tiene sus raíces en la doctrina emergentista, la biología del desarrollo, y la biología evolutiva (las cuales fueron desarrolladas durante el siglo XIX). Su proyecto no es una irrupción inesperada acontecida hacia finales del siglo XX que tomó completamente por sorpresa al mundo científico,

fue más bien un proceso gradual de avances el que permitió a Kauffman proponer y desarrollar determinados planteamientos en torno al problema del orden biológico.

Por otra parte, dado que la metodología de Lakatos principalmente se enfoca a explicar de que manera el conocimiento se incrementa (de manera acumulativa y gradual), y, además, ofrece un criterio de demarcación entre ciencia madura (consistente de programas de investigación) y ciencia inmadura (consistente de ensayos de prueba y error), o lo que es lo mismo un criterio objetivo de demarcación entre lo que es ciencia (conocimiento racional) y lo que no lo es (conocimiento irracional), poco puede ayudar para responder la pregunta sobre por qué el proyecto Kauffmaniano podría considerarse revolucionario. Además, el enfoque de los programas de investigación tiene, al menos, dos limitaciones importantes para nuestro caso particular. Primero, su metodología sólo se aplica a “programas completamente articulados” [Lakatos 1970, pp.174] (aunque puede llegar a ser problemático determinar qué es un programa completamente articulado).

Partiendo de este supuesto, el proyecto de Kauffman, como él mismo lo afirma, es apenas el bosquejo de un ambicioso y prometedor programa de investigación, por lo tanto, esta condición lo excluiría de tal análisis.

En segundo lugar, como ya se había advertido, ya que el proceso de remplazar un programa de investigación por otro es gradual, puede pasar mucho tiempo antes de que se pueda apreciar que un programa rival explica hechos nuevos. Como lo apreciaron Kuhn y Feyerabend [Lakatos 1970, pp. 175], la metodología propuesta por Lakatos no es de aplicación instantánea, no ayuda, inmediatamente, a distinguir entre un programa progresivo y uno que degenera. Bajo esta óptica es difícil evaluar el proyecto Kauffmaniano, a la luz de los trabajos de Lakatos, de otra manera que no sea el apreciarlo como un proyecto que tiene sus raíces (mas no su desarrollo) en la biología del siglo XIX y que no hizo su aparición abruptamente, como podría pensarse, en la biología teórica hacia finales del siglo XX. Pero esta perspectiva Lakatosiana no es suficiente para explicar el carácter revolucionario -si es que existe- del proyecto Kauffmaniano.

Si el proyecto Kauffmaniano no implica una revolución científica en el sentido Kuhniano del término, ni tampoco es, por completo, un programa de investigación progresivo del tipo propuesto por Lakatos, sí ofrece a la biología teórica (y no sólo a ella) un nuevo

estilo de razonamiento científico, posiblemente tan revolucionario como lo fueron las técnicas estadísticas que transformaron la ciencia y la sociedad de la Europa en el siglo XIX.

Trabajar dentro de un estilo de razonamiento científico no supone la creencia en ciertas proposiciones al modo Lakatosiano (el núcleo central de un programa), sino más bien implica *la práctica de determinadas maneras de razonar en torno a ciertas proposiciones*. El término “estilo” involucra la práctica, el razonamiento, y la formulación de proposiciones [Kellert 1992, pp. 45]. Dos condiciones son necesarias para que una teoría se califique como un nuevo estilo de razonamiento científico, por una parte, debe introducir nuevos tipos de objetos, evidencias, leyes o principios, y proposiciones; y, por otra, el estilo de razonamiento debe ser autónomo. Hacking utiliza el término “autonomía” para referirse a dos elementos diferentes de un nuevo estilo de razonamiento. En un sentido restringido, una nueva técnica, al generar y probar proposiciones, es autónoma si puede ser utilizada para explicar algo más (cómo en el caso de la probabilidad y la estadística) [Hacking 1987, pp.53; en Kellert 1992, pp. 46]. Por ejemplo, el razonamiento *dinamista* afirma su autonomía buscando explicar los comportamientos en términos que sean distintos a los mecanismos causales subyacentes, esta forma de razonar es aplicable a muchos otros campos de estudio, distintos a aquel del cual tuvo su origen tal estilo de razonamiento. En un sentido más amplio, Hacking requiere que un estilo de razonamiento pruebe su autonomía de la microhistoria de su nacimiento. Debe persistir, crecer y echar raíces en un contexto institucional más allá de las circunstancias de su origen.

El nuevo estilo de razonamiento científico al que conduce el proyecto Kauffmaniano se refiere a una descripción de los patrones de comportamiento de los sistemas complejos, estudiando la interacción entre procesos que operan en diversas escalas de tiempo, espacio y complejidad organizacional. La clave para tal estudio es entender la relación entre los procesos microscópicos y los patrones macroscópicos. En este sentido, los modelos, principios y proposiciones desarrolladas en el proyecto Kauffmaniano han sido utilizados más allá de su campo, sin importar que hayan sido desarrolladas para el estudio de la dinámica genética.

## **Reduccionismo y Anti-reduccionismo en Biología y la Relación entre la Ciencia Física y la Ciencia Biológica**

El programa reduccionista en biología sostiene que toda biología es reducible, en primer término, a la biología molecular, y en última instancia, a la física. Desde este punto de vista, la biología es un campo temporal de estudio que, eventualmente, será remplazado por la física. El programa anti-reduccionista en biología sostiene, por el contrario, que no todos los fenómenos biológicos son reducibles al campo de la biología molecular y, por tanto, al de la física. En este sentido, la biología fija su autonomía con respecto al campo de la física. Rosenberg propone dos principios que han sido sostenidos para argumentar la autonomía de la biología no molecular con respecto de la biología molecular:

“(1) el principio de la realidad autónoma: Los niveles, unidades, y las clases identificadas en biología funcional son reales e irreducibles porque ellas reflejan la existencia de generalizaciones explicativas objetivas que son autónomas de aquellas de la biología molecular.  
(2) El principio de primacía explicativa: Al menos en ocasiones los procesos en el nivel funcional proveen la mejor explicación para los procesos en el nivel molecular”. [Rosenberg 1997, pp. 446]

Para Rosenberg, “estos dos principios suponen un compromiso con la causalidad descendente” [Rosenberg 1997, pp. 464], en otras palabras, “las clases biológicas deben tener propiedades emergentes, y debido a estas propiedades emergentes, deben seguir su propio conjunto de principios causales que no pueden encontrarse en el nivel de sus componentes moleculares” [Laubichler y Wagner 2001, pp.54].

El trabajo de Kauffman no implica un cambio en el estado de la disputa sostenida entre la corriente reduccionista y la anti-reduccionista en torno al problema ontológico sobre las capacidades causales de las propiedades biológicas, esto es, no soporta contundentemente el principio de realidad autónoma (aunque tampoco lo descarta por completo), no favoreciendo así a ninguna de las dos corrientes.

Rosenberg [por aparecer] sostiene que una defensa epistémica del debate entre la corriente reduccionista y anti-reduccionista encuentra su solución -débil e insatisfactoria para ambas corrientes- al asumir que muchas explicaciones simplemente reflejan

limitaciones temporales o antropocéntricas acerca de la indagación biológica. Kauffman no atribuye tales explicaciones a limitaciones en términos del conocimiento humano, sino a que, simple y sencillamente, tales explicaciones reduccionistas no son en todos los casos *útiles*:

*“No hay necesidad de una descomposición última tal que todas las demás descomposiciones sean deducibles a partir de ésta, aunque puede haber tal descomposición “última”. Kauffman [1970, pp. 259]. [Énfasis añadido]*

Lo que muestra el proyecto Kauffmaniano es que el principio biológico de selección natural actúa sobre la organización espacial de ensamblajes genéticos regidos por principios auto-organizativos. La auto-organización es solamente una parte de la explicación; por lo tanto, una explicación sobre el origen y evolución de la vida que prescindiera de la selección natural y las variaciones heredables es incompleta. Ello pues resulta evidente pues no todos los sistemas físicos complejos que experimentan procesos de auto-organización son capaces de auto-mantenerse, auto-replicarse, reproducirse, y evolucionar. En este caso, una estrategia o metodología reduccionista no es de *utilidad para explicar* las condiciones en las cuales se generan los patrones de comportamiento que permiten la existencia de redes genómicas correlacionadas (estructuras en las cuales un estado inicial y un estado posterior modificado están relacionados, permitiendo con esto la existencia de variaciones heredables), esto es, la existencia de vida y su posterior evolución.

El anti-reduccionismo epistémico sostenido en el proyecto Kauffmaniano *es compatible con el principio de primacía explicativa* ya que los procesos en el nivel funcional proveen la mejor explicación para los procesos en el nivel molecular, o expresado de otro modo, la dinámica de los comportamientos globales de los elementos del sistema provee una mejor explicación que aquella que deriva del conocimiento individual de los constituyentes elementales; sus modelos sobre conjuntos auto-catalíticos y redes genómicas son un claro ejemplo de ello.

“Los organismos son “todos” organizados que no tienen “partes” definidas *a priori*. Cualquier identificación de partes causalmente relevantes (tales como las células o las moléculas) es una decisión informada por parte de los investigadores que idealmente refleja una selección de objetos que es dependiente del contexto de los procesos biológicos mismos. De aquí, tenemos que justificar en cada ejemplo si un objeto particular, tal como una molécula

específica o un gen, realmente desempeña un rol útil dentro de una explicación mecanicista. En muchos ejemplos, las moléculas son las entidades relevantes, por ejemplo, en la explicación de los metabolismos celulares, pero asumir *a priori* que ellos siempre tienen que ser los niveles relevantes de descripción es adoptar una posición metafísica contraria a la propia conducta científica [...]”. [Laubichler y Wagner 2001, pp. 60]. [Énfasis añadido].

La nueva síntesis bosquejada en semejante programa, entre una biología evolutiva (de accidentes históricos) y una biología del desarrollo (de procesos repetitivos de organización), tiene implicaciones para el problema del reduccionismo en biología, y, a su vez, para la relación entre la ciencia física y la ciencia biológica. Por un lado, el reduccionismo y anti-reduccionismo en biología, en tanto que son metodologías para proveer explicaciones, serán de mayor o menor utilidad a tal propósito en función de un problema, una serie de preguntas y una práctica de investigación concreta.

Este pragmatismo explicativo establece una relación entre las preguntas y las respuestas ofrecidas en el contexto de las creencias de un investigador. Tales creencias reflejan en verdad las presuposiciones de los investigadores, quienes, en conjunto, determinan la calidad y el valor explicativo de diversas respuestas sobre la base de una rigurosa y juiciosa justificación. Por el otro, en un plano muy general, la síntesis que ha bosquejado Kauffman entre la biología del desarrollo y la teoría evolucionista neo-darwinista pretende relacionar dos principios fundamentales: el de la auto-organización de los sistemas físicos y el de la selección natural de los sistemas biológicos.

Esta posición, lejos de dividir los campos de la física y de la biología, o de pretender reducir la biología a la física o a la química, conecta ambos campos para poder explicar el orden y el desarrollo de los seres vivos. En este sentido, el nuevo estilo de razonamiento científico que distingue al proyecto

Kauffmaniano, por un lado, ayuda en el ámbito de la práctica científica a poner menos énfasis en las divisiones disciplinares. Y esto es fácil de explicar, ya que su proyecto no está enfocado hacia el estudio de las particularidades físicas, químicas, o biológicas de los sistemas, sino hacia los patrones globales de relación y organización. Desde esta perspectiva, para el estudio de la forma y la función de los seres vivos (o sistemas adaptativos complejos) es indispensable mantener una estrecha relación explicativa entre la física y la biología, y no una bien delineada autonomía.



Bibliografía.

- Alberch, P. (1994): "Review of The Origins of Order", *Journal of Evolutionary Biology* 7, pp. 518-519
- Alexander, S. (1920): *Space, Time, and Deity*, 2 vols., London, Macmillan
- Broad, C.D. (1925): *The Mind and Its Place in Nature*, London, Routledge & Kegan Paul. Reimpresión disponible en: <http://www.ditext.com/broad/mpn/mpn.html>
- Burian, R. M., Richardson R. C. (1990): "Form and Order in Evolutionary Biology: Stuart Kauffman's Transformation of Theoretical Biology", *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 2, pp. 267-287
- Castrodeza, C. (2002): *Los Límites de la Historia Natural: Hacia una Nueva Biología del Conocimiento*, Madrid, Akal
- (2003): *La Marsopa de Heidegger*, Madrid, Dykinson
- Dover, G. (1993): "On the Edge", *Nature*, 365, pp. 704-706
- Goodwin, B. (2000): "La Biología es una Danza", en J. Brockman (ed.), *La Tercera Cultura: Más allá de la Revolución Científica*, Barcelona, Tusquets, pp. 89-102
- (1998): *Las Manchas del Leopardo: La Evolución de la Complejidad*, Barcelona, Tusquets
- Hacking, I (1987): "Was there a Probabilistic Revolution 1800-1930?", in L. Krüger, L.J. Daston, M. Heidelberger (eds.), *The Probabilistic Revolution vol.1*, Cambridge, MIT Press, pp. 45-55
- Hayles, K. (1998): *La Evolución del Caos*, Barcelona, Gedisa
- Kauffman, S. A. (2004): "The Ensemble Approach to Understand genetic Regulatory Networks" *Physica A*, 340, pp. 733-740
- (2000): *Investigations*, New York, Oxford University Press
- (1996a): *Investigations*, SFI, Working Paper. Disponible en: <http://www.santafe.edu/sfi/People/kauffman/Investigations.html>.
- (1996b): "Self-Replication: Even Peptides do it", *Science*, 382 (6591), pp. 496-497
- (1995): *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, New York, Oxford University Press
- (1993): *Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford, Oxford University Press
- (1990): "The Science of Complexity and the "Origins of Order"", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 2, pp. 299-322
- (1982): "Filling Some Epistemological Gaps: New Patterns of Inference in Evolutionary Theory", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1982-2, pp. 292-313
- (1970): "Articulation of Parts Explanation in Biology and the Rational Search for Them", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1970, pp. 257-272
- Kellert, S. H. (1992): "A Philosophical Evaluation of the Chaos Theory "Revolution"", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1992 (2), pp. 33-49
- Kuhn, T.S. (1963): *The Structure Of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press
- Lakatos, I. (1970): "Replies to Critics", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1970, pp. 174-182
- Laubichler, M. D., Wagner, P. G. (2001): "How Molecular is Molecular Developmental Biology? A Reply to Alex Rosenberg's Reductionism Redux: Computing the Embryo", *Biology and Philosophy*, 16, pp. 53-68
- Lee, D. H., Granja, J. R., Martínez, J. A., Severin, K., Ghadiri, M. R. (1996): "A Self-Replicating Peptide", *Science*, 382 (6591), pp. 525-528
- Morgan, C. L. (1923): *Emergent Evolution*, London, Williams and Norgate
- Prigogine, I. (1997): *¿Tan Sólo una Ilusión?: Una Exploración del Caos al Orden*, Barcelona, Tusquets
- Richardson, R. C. (2001): "Complexity, Self-organization and Selection", *Biology and Philosophy*, 16, pp. 655-683
- Rosenberg, A. (1997): "Reductionism Redux: Computing the Embryo", *Biology and Philosophy*, 12, pp. 445-470
- (2001): "Reductionism in a Historical Science", *Philosophy of Science*, 68 (2), pp. 135-163
- Rosenberg, A., Kaplan, D.M. (Por aparecer): "How to Reconcile Physicalism and Antireductionism about Biology", *Philosophy of Science*
- Stephan, A. (2002): "Emergentism, Irreducibility, and Downward Causation", *Grazer Philosophische Studien*, 65, pp. 77-93
- Weber, B.F. (1998): "Origins of Order in Dynamical Models", *Biology and Philosophy*, 13, pp. 133-144
- (1999): "Irreducible Complexity and the Problem of Biochemical Emergence", *Biology and Philosophy*, 14, pp. 593-605
- Weber, B.F., Depew, D.J. (1996): "Natural Selection and Self-Organization", *Biology and Philosophy*, 11, pp.33-65
- Yao, S., Ghosh, I., Zutshi, R., Chmielewski, J. (1998): "Selective Amplification by Auto-and-Cross-Catalysis in a Replicating Peptide System", *Nature*, 396, pp. 447-450

## **Ajustando el lente: Equipos de trabajo y cambio de las organizaciones desde un enfoque complejo.**

**Carmen L. Rodríguez Velazco.**

---

El objetivo fundamental del material consiste en reflexionar sobre conceptos, nociones fundamentales del enfoque de la Complejidad para la comprensión de procesos y fenómenos de las Organizaciones, con un énfasis especial en los Equipos de Trabajo. Todo esto leído en clave de cambio organizacional.

Como *objetivos más específicos* pretendemos:

Analizar modelos mentales culturalmente incorporados en la cotidianidad, su acción sobre la realidad, la necesidad de cambios en dichos modelos.

Esbozar potencialidades que se abren a partir de una comprensión de las organizaciones y los equipos de trabajo desde un prisma complejo.

Identificar el papel de los equipos de trabajo como uno de los núcleos fundamentales para el cambio desde la concepción compleja de las organizaciones.

El enfoque de la complejidad pretende abarcar resultados que se han ido obteniendo en las diferentes Ciencias, Naturales, Biológicas y Sociales, para integrar un cuerpo de conocimientos que nos permita extraer leyes de carácter transdisciplinario a fenómenos y procesos de la realidad que se nos presentan con un carácter de mayor complejidad. En nuestro caso particular estamos tratando de entender y a la vez pensándolas desde nuestros conocimientos y prácticas de la Psicología Social y Organizacional.

### **Sugerencias para leer este material.**

Si preguntáramos a un gerente de una empresa<sup>1</sup>, la imagen de su organización ideal, es casi seguro que podríamos advertir un conjunto de atributos en su dibujo: límites precisos, estructuras

---

<sup>1</sup> O a un jefe de un grupo de trabajo, o un coordinador de equipo, o a un trabajador miembro de una organización.

definidas, subsistemas como piezas (organigrama); deseo de estabilidad, orden, uniformidad y equilibrio, buscado a través del control de las partes o subsistemas de la Organización.

Claramente que si hacemos la pregunta a varias personas, no será idéntico su dibujo. Los atributos descritos arriba también pueden gozar de matices. Lo que seguramente sería improbable es encontrar a alguien cuyo ideal de organización sea: límites borrosos y flexibles, estructuras en movimiento y continua reconfiguración, subsistemas estrechamente vinculados, en red; aceptación y aprovechamiento del desorden, la inestabilidad, la diversidad, el desequilibrio, promoción del autocontrol<sup>2</sup>, más que el establecimiento de mecanismos de control centralizados en su persona o por determinada configuración jerárquicamente superior.

Los primeros dibujos han estado asociados a lo que conocemos como la comprensión de la Organización como máquina, frente a su comprensión como ser vivo, más coherente con aquellas imágenes que intuimos son más escasas entre los miembros de nuestras Organizaciones y espacios de trabajo.

¿Cuál es mejor? ¿Cuál nos permitirá avanzar en nuestras metas organizacionales/grupales/individuales? ¿Cómo entender la Organización para gestionarla desde esa comprensión compleja, que a simple vista parecería errada? ¿Qué papel juegan en todo esto los equipos de trabajo? Estas y muchas otras preguntas seguramente son formuladas. Ojalá que para algunas de ellas puedan ir tejiendo posibles respuestas a partir de la lectura de este material.

Los juicios valorativos sobre una u otra concepción, buscando catalogar a una mejor que otra, seguramente no nos llevarán muy lejos. Más que decir que una es mejor que otra, debemos partir de aceptar que durante mucho tiempo hemos estado mirando el mundo con espejuelos simples, o más bien decir: no complejos. ¿Quiere esto decir que nuestra visión del mundo carece de valor? Nada más alejado de ello.

No se trata de evaluar nuestra visión como atinada o errónea. Todos estos juicios pueden ser muy relativos y podríamos perdernos en el océano de sus posibles respuestas. La invitación no es a subvalorar la concepción del mundo característica de uno u otro enfoque, sino a entender que ellas son un reflejo de nuestros

---

<sup>2</sup> Ya sea de subsistemas, grupos de trabajo, equipos de trabajo, o personas individualmente.

modelos mentales, de nuestras maneras de observar la realidad y actuar en ella, y que pueden llevarnos por unos u otros caminos.

Justamente el Enfoque de la Complejidad es un desafío y una invitación al cambio de nuestros modelos mentales, a las maneras tradicionales en las que hemos interpretado y actuado en el mundo. Cuestión nada sencilla. Más si consideramos que muchos de nuestros modelos mentales actúan tácitamente, por debajo de nuestro nivel de conciencia. Se trata entonces de ejercitar la crítica, de pensar la manera en que miramos la realidad y actuamos en ella. Este material es también una invitación a ir pasando por uno/a mismo/a, por nuestras experiencias en los espacios organizacionales, el equipo de trabajo, la familia, las relaciones con las/os otras/os, las ideas que aquí se comparten. Es una invitación a re-conocer nuestros modelos mentales, a llevarlos a la superficie de nuestra conciencia. Quizás sea ese el primer paso para transformarlos.

### **El enfoque de la complejidad y el cambio de nuestros modelos mentales.**

Nos resulta muy difícil la elaboración de modelos que asuman el movimiento. Nuestro pensamiento está modulado por el mundo macro material en el que nos movemos, por ende, también se refleja en nuestra comprensión de las ciencias y en nuestro caso, las ciencias sociales. Tendríamos que preguntarnos cuánto ello se presenta en el tipo de fenómenos, conclusiones y resultados a los que llegamos.

Hay muchos comportamientos en la realidad imperceptibles a nuestros sentidos que sin embargo están siendo partes de la misma. En el caso de los procesos sociales (en su amplia acepción, los que involucran la acción de varios individuos a la vez, desde la díada hasta los relativos a la sociedad), un ejemplo que nos salta rápidamente a la vista es el de que tomamos decisiones constantemente sin ser conscientes de lo que otros/as están pensando, de las interacciones que están realizándose.

Se pretende considerar los movimientos y fenómenos sociales como “racionales”: “Lo que hay que hacer es esto, lo que se debió hacer es...”, no se tiene en cuenta que si salió “lo otro” es porque las interconexiones no son solo racionales y dependen también de los sujetos en interacción, que a la vez son activos y cambiantes,

viven, y permanentemente están en interacción con el medio que les contiene.

Es necesario crear condiciones en los procesos organizacionales para nuevas y mejores formas de desarrollo humano, la aceptación de la validez de todas las variables y procesos en juego independientemente de que no podamos percibirlos y mucho menos controlarlos.

Presenciamos el fracaso de “sistemas racionales universales” que no tienen en cuenta los diferentes grados de maduración de las condiciones en que serán aplicados. Por supuesto que estamos muy lejos de negar el papel y la importancia de la “racionalidad y equilibrios”, pero de lo que se trataría es de integrarla con lo que habitualmente consideramos como irracional y desequilibrios.

La aceptación de la importancia de las interacciones y la constante intermodificación entre los actores y situaciones que ello supone, nos impulsan a la vez a la adquisición de la capacidad de actuar en condiciones de complejidad, que también podríamos llamarla nuestra capacidad de desestructurarnos, de salirnos de principios y conductas predeterminados. Ello supone la identificación de nuestra propia rigidez y la actuación con una mayor flexibilización, así como una mayor aceptación del otro sujeto, sea éste individual, grupal u organizacional.

La capacidad de desestructurarnos a la vez debe ser complementada con la capacidad de actuar en consonancia con la contextualización, la identificación de los momentos y condiciones en que tendríamos que hacer cierres y producir evaluaciones. Es en este momento en el que los valores adquieren mayor importancia y por supuesto el continuo proceso de perfeccionamiento de los mismos. Sería como un proceso constante de enfocarnos y desenfocarnos, pensado no dicotómicamente sino en la armonía como fluir.

Para utilizar una metáfora, es como si actuáramos con dos cámaras: una de fotografías, que saca las instantáneas y otra de cine con la que podemos reflejar el movimiento y la concatenación de diversos planos.

Por supuesto que estaríamos en un todo constante de adquisición, que no llega nunca a la perfección, sino que nos mantiene en un proceso de construcción, interacción e iteración. El proceso de construcción también eleva la necesidad de aceptación de otros/as y por ende la búsqueda de un mundo que responda más a la cooperación que a la competencia y el individualismo. Un

mundo de mayor aceptación y tolerancia de las diferencias, pues desde éstas, se aportan a la vez, diferentes rasgos, percepciones, actos y acciones que permiten acercarse mejor a la aprehensión del todo.

En nuestros modelos mentales debemos tener una mayor comprensión del alcance de la significación de los nuevos ciclos abiertos por cualquier proceso sobre el que incidimos, cuyos cierres respectivos pueden tener diferentes demoras o compases de espera, y por ende, tendrán también repercusiones sobre los resultados y evaluaciones pretendidas.

Los seres humanos necesitamos la interacción de actividades automáticas a la par de otras creativas, ellas podrían verse como los dos polos de una unidad dialéctica.

La automatización de procesos nos permite realizarlos de forma menos consciente para poder estar atentos a otros procesos realizados a la par.

Pero al suponer la automatización o la rutinización de los procesos iniciales, pueden originarse disfunciones cuando se producen cambios externos o internos a la organización, que requieren actuaciones diferentes. Los modelos mentales son tanto una necesidad como una limitante para la acción humana.

Lo dicho también es válido para la noción del control en las organizaciones. El control se considera una de las funciones fundamentales de los procesos de dirección, sin dudas, lo es. Sin embargo, así como los procesos de dirección tradicionalmente han descansado en una o pocas personas, desde una consideración más autoritaria que participativa, los procesos de control también adolecen de ello.

Se concentra la información para concentrar el poder y el control. También se pretende la realización del control a partir de la solicitud constante de información a los de abajo (una buena parte de esa información no llega a leerse ni analizarse nunca, pero sí lleva mucho tiempo que distrae a las personas y grupos de los objetivos de trabajo, con la consecuyente limitación de su eficacia y eficiencia), en ese modelo de pensamiento se presume que poseyendo el conocimiento se posee el control. Abundan los informes analíticos, los de las partes, se dificultan las integraciones y el seguimiento de las pautas de movimiento. Los resultados concretos, los hechos, los datos son los premiados y no precisamente los indicadores de procesos.

La pretensión de un control mayoritario desde los niveles superiores se corresponde más con una concepción de la organización como sistema cerrado y no como sistema abierto. Una organización en movimiento, en la que continuamente se están abriendo nuevos procesos, requiere hacer más partícipes a equipos e implicados/as en el control de los mismos. Sería preciso avanzar hacia la búsqueda del control que se corresponda con la autoorganización.

Con los señalamientos reflejados estamos pretendiendo enriquecer cuan dialécticos pueden ser nuestros procesos mentales. Constantemente necesitamos hacer “cierres” en nuestras representaciones para poder conducir procesos, evitar la inmovilidad, aumentar la seguridad, ejecutar diversas acciones, sin estos cierres no podríamos vivir. Lo que no debemos perder de vista es que son “cierres” artificiales, con determinados fines y en contextos específicos, pero la variación de unos y otros puede necesitar de cambios en los esquemas mentales. Los estereotipos producidos en el espacio/tiempo pueden llegar a ser paralizantes y bloqueadores de nuevas concepciones para la organización.

Ante toda esta complejidad, coincidimos con M. Wheatley (1994) en la actitud y conducta necesarias en la actualidad, sobre la relación entre lo local y lo global. “Creo que el énfasis puesto por nuestra sociedad en “pensar globalmente, actuar localmente” expresa una percepción cuántica de la realidad. Actuar localmente es una estrategia sólida para el cambio de grandes sistemas. En lugar de diseñar un sistema elaborado, el consejo es trabajar con el sistema conocido que pueda ser rodeado con nuestros brazos”.

Poco a poco, sistema por sistema, desarrollamos momentum suficiente para afectar un espacio social más grande.

Esta idea es coherente con los planteamientos de P. Navarro (1998), quien plantea que la sociedad sigue un modelo de organización holográfico. En este sentido define que dicho modelo de organización es aquel en el que “las partes que componen una determinada realidad contienen información acerca de la totalidad de la misma y por ello son en cierto modo capaces de constituir tal realidad autónomamente, cada una por su cuenta (...) las partes poseen modelos generativos de la totalidad en la que se incluyen (...) desde el punto de vista holográfico, las “partes” no mimetizan el todo social, sino que lo constituyen: del mismo modo que el genotipo del organismo no es una “copia” de su fenotipo, sino su original, las conciencias de los sujetos individuales no son

imitaciones en miniatura de lo que a fin de cuentas es su producto emergente – “el orden social”- sino causa del mismo”.

Esta idea nos remite a la posibilidad de enfocarnos y desarrollar nuestros equipos de trabajo, como una manera de desarrollar nuestras organizaciones. La actuación en el equipo de trabajo como espacio local, “que puede ser rodeado con nuestros brazos”, como camino para promover cambios en espacios que lo trascienden. Ejemplo: la Organización.

De esta manera, el abordaje de un caso, puede convertirse en resorte provocador de inferencias para pensar y comprender otras estructuras autosimilares, a la vez que coloca la capacidad de agencia, y por tanto de generación/transformación de espacios comúnmente llamados macro, de los que aparentemente es una expresión, cuando en realidad es también su plano generativo. (... ) Actuar localmente nos permite trabajar con el movimiento y el fluir de hechos simultáneos dentro de ese pequeño sistema. Es más probable que devengamos en sincronismos con ese sistema, y así logremos ejercer un impacto. Estos cambios en pequeños lugares crean cambios en los grandes sistemas, no porque uno se sobreponga al otro sino porque ellos participan en la totalidad no quebrada que los ha unido anteriormente. Nuestras actividades en una parte del todo crean causas no locales de consecuencias que emergen lejos de nosotros. Es válido trabajar con el sistema en cualquier lugar que se manifieste, porque las conexiones no visibles crearán efectos a distancia, en lugares que jamás hemos pensado. Este modelo de cambio de pequeños inicios, sorpresas, conexiones invisibles, saltos cuánticos, involucra nuestra experiencia de un modo más próximo”. (Wheatley M., 1994)

Lo que estamos proponiendo lleva implícito una revolución en nuestra mentalidad. En este sentido podría decirse que el paradigma de la complejidad es un reto a la forma en que tenemos estructurada nuestra concepción del mundo. Nuestro pensamiento tiene profundas raíces en la manera que comprendemos el mundo y actuamos. Es preciso tomar consciencia de ello para identificar cuándo y cuánto lo estamos portando y colocando en nuestras conclusiones. Poder darnos cuenta de las fuentes moldeadoras de muchos de nuestros pensamientos, concepciones y certezas, para asumirlos, no como verdades absolutas sino como alternativas en interacción con lo cambiante a su alrededor.

Queda claro que es este un proceso que se construye por aproximaciones sucesivas. Si consideramos los sistemas sociales



como sistemas autorreferentes (cambian con respecto a sí mismos), la radicalidad de los cambios – en su sentido martiano: “desde la raíz” – se convierte en una meta a proyectar para el largo plazo. Compartir esta afirmación no niega la posibilidad de lograrlo, de lo que se trata es de potenciar prácticas, implementar mecanismos que faciliten la progresión de los cambios.

### **Lectura de la organización y los equipos desde la complejidad de lo humano**

El acercamiento continuo a la comprensión de las organizaciones nos ha llevado a la construcción de un marco conceptual que nos ayuda para la actuación en las mismas y la facilitación de su transformación hacia sistemas con mayores posibilidades de eficacia desde una perspectiva humana. En este marco conceptual desarrollamos nuestra comprensión de la organización desde una perspectiva compleja, a tono con los estudios y prácticas que hemos realizado. En la presente elaboración solo serán referidos algunos aspectos de dicho marco conceptual, no se pretende la descripción sistémica del mismo<sup>3</sup>.

### **Comprensión de la organización y los equipos.**

*Relación hologramática. El todo y las partes. Los sistemas, subsistemas, suprasistemas*

Un pensamiento de la organización y los equipos de trabajo como sistemas complejos también requieren de continuos movimientos en las representaciones del todo y las partes. Cuando estamos delineando el sistema con determinados objetivos que nos trazamos, estamos haciendo abstracciones desde esos objetivos como referentes, debemos asumir, como posibles otras muchas delimitaciones del sistema. También podemos estar delineando un “todo”, que es “parte” de otros sistemas, o a la vez, algunas de sus “partes” son “todos” desde otros ángulos.

Puede asumirse a la Organización como el todo y el equipo como una parte de ese todo. También podemos considerar el equipo como el todo y a las personas que lo conforman como una parte de ese todo. No se trata que al enfocarnos en esta relación la otra

---

<sup>3</sup> Para una comprensión al respecto consultar: “Cambio Organizacional: un enfoque desde lo humano”. Patricia Arenas y Carmen L. Rodríguez Velazco. Informe de Investigación. CIPS 2004. Centro de Documentación CIPS.

desaparezca. Es solo una cuestión de distinguir las relaciones para profundizar en cada una de ellas. Formular un planteamiento escalar que permita distinguir el vínculo entre subsistemas – sistemas – suprasistemas.

De manera general la perspectiva de la Complejidad propone una visión de la *relación todo - partes*, “donde la organización del *todo es más que la suma de las partes* y constituye un proceso donde aparecen cualidades emergentes (inéditas, no contenidas en la historia de la parte) surgidas específicamente de la organización del todo, con capacidad para retroactuar sobre las partes.

El *todo es también mucho menos que las partes*, pues estas poseen cualidades inhibidas en la formación de la totalidad, que pueden desplegarse en circunstancias que exigen un cambio en las rutinas preestablecidas en la formación del todo, (...) pero a la vez, el *todo está contenido en cada parte*, concentrado y particularizado, como un código que garantiza que cada una de ellas exista, se comporte y se articule con las demás como elemento de constitución de la totalidad (principio hologramático)” (Morin, E. 1996<sup>a</sup>, citado por Espina, M. 2004)

Traducido al lenguaje del equipo significaría considerar que existe una actuación del equipo que no puede ser reducida ni comprendida a través de la actuación de sus partes, entendiéndose miembros del equipo, independientemente. Se crea una red, a partir de la relación entre las personas, que genera una dinámica imposible de desmembrar, reducir y comprender desde el comportamiento de alguna de sus partes/personas. Precisamente porque la dinámica es algo que emerge, que nace como una construcción nueva, a partir de la articulación de las partes/personas, de su relación.

A su vez, este accionar que se da en el nivel de equipo como un todo, ejerce una influencia sobre las partes/personas que lo integran. Nos estamos refiriendo al efecto retroactivo del todo sobre las partes. De aquí que si bien las individualidades en relación generan una dinámica de equipo como un todo, esa misma dinámica condiciona la individualidad: retroactúa sobre ella. Con esto estamos diciendo que nuestra actuación en un equipo condiciona lo que este hace como totalidad, a la vez que esos productos de equipo, y el proceso mismo vivido para lograr esos productos, nos van influyendo como personas.

La idea que más novedosa nos resulta en el aterrizaje de estas nociones al terreno de Equipos de Trabajo está referida a las

potencialidades inhibidas de las individualidades: las partes, en la conformación del todo.

Cualquier interacción humana demanda de nosotros una actualización de lo que somos (manifestarnos tal y como somos), y también en ese proceso de construcción grupal, una inhibición a favor de la relación (inhibir algunas de nuestras características, en función de la relación). No estamos apostando por un dejar de ser para poder establecer la relación con el/la otro/a, pero sí estamos conscientes de la necesidad de abandonar, inhibir, someter a transformación, características personales en pos de articularnos con el/la otro/a para el trabajo en equipo.

Aferrarnos, atrincherarnos en una posición la convierte en muro, barrera para la relación, lo cual conspira para la formación y el desarrollo del Equipo<sup>4</sup>. Se trataría entonces de permeabilizar las fronteras que establecemos en nuestras relaciones a lo interno del equipo. En ese acto muchas veces nos convoca a inhibir cualidades personales, no como acto de represión, sino como necesidad para la relación.

Ahora bien, eso no significa que tales cualidades estén apagadas en nosotros. Son precisamente ellas generadoras de contradicciones, convirtiéndose en resortes para la transformación del equipo/organización.

Asimismo, que seamos parte de un equipo, no implica que nos despojemos de nuestra actuación como individuos autónomos. No pertenecemos solo a un grupo, equipo o comunidad. Al beber de esas múltiples fuentes, como individualidad, somos también agentes de cambio para la transformación de los diferentes grupos/equipos/comunidades a las que pertenecemos<sup>5</sup>. Aún cuando formamos parte de tales grupalidades, tenemos la capacidad de actuar como individualidad, e influir sobre los demás, abandonando rutinas para adaptarnos creativamente a nuevas circunstancias que así lo demanden<sup>6</sup>.

Ello nos convoca a rescatar una idea a veces opacada tras el telón que refuerza el papel de lo grupal: la individualidad. No se trata nuevamente de someter a una balanza qué elemento debemos favorecer. Precisamente ambos son necesarios a considerar para gestionar el desarrollo del equipo. Y tener presente que el equipo

---

<sup>4</sup> ¿Qué estamos dispuestos a inhibir en pos de la construcción grupal? es una pregunta de múltiples respuestas que no pretendemos abordar ahora. Se trataría más bien de enunciarla como provocación.

<sup>5</sup> Aún cuando la lógica de simplificación y fragmentación también ha afectado nuestra manera de percibirnos, somos una totalidad con expresiones diversas en los distintos espacios sociales que compartimos, pero como unidad en esa diversidad.

<sup>6</sup> Demanda que puede ser externa o interna, como acto propositivo, proactivo del equipo de trabajo.

como un todo se oxigena a partir de las individualidades que lo componen. En la medida que estas sean más diversas, creativas, pertenezcan a otros espacios que las hagan diferentes, más beneficioso será para el equipo, como potencialidad para alterar las rutinas.

En esta clave de la transformación fertilizada por la diferencia, cabe apuntar la potencialidad que ofrece la existencia simultánea en una organización de equipos autodirigidos y dirigidos. Las asimetrías de dinámica en este caso constituyen un resorte de complejidad a otra escala. Se hace evidente el valor de la diversidad como potenciadora de la emergencia.

Asimismo, los equipos de trabajo, como partes del sistema organización, no comparten siempre el mismo estado. Esta gama de comportamientos, con cierto grado de conectividad, constituye un espacio para el estudio de la complejización de los sistemas organizacionales. Ello como otra puerta que queda abierta, invitándonos a entrar.

### **El Equipo de Trabajo como sujeto de cambio organizacional.**

El concepto de organización dado por D.Katz y R.L.Kahn en 1966<sup>7</sup> refiere a la misma como sistema abierto, que está siempre en movimiento hacia su interno y entorno, continuamente importando, transformando y exportando los diferentes inputs. Sus procesos suelen ser cíclicos, las salidas de los ciclos internos y externos producen nuevas entradas. El sistema es dinámico, no obstante se logran los equilibrios en determinadas unidades de tiempo, favorecedores del cumplimiento de sus objetivos fundamentales. El sistema se encuentra en equilibrio dinámico porque va asimilando y adecuando los cambios.

A la vez, a su interior y en su interacción con el entorno, pueden acumularse u ocurrir algunas perturbaciones, cambios múltiples de mayor o menor tamaño y diversidad, que crecen, se hacen actuantes o latentes en diferentes unidades de tiempo (desde los cotidianos, hasta los analizables en uno, cinco, diez y cualquier “n” tiempo), se constituyen en procesos de cambio para un determinado tiempo y espacio. La conducción de una organización exitosa supone la posibilidad y necesidad de la comprensión de estos procesos.

---

<sup>7</sup> D.Katz y R.Kahn "Psicología Social de las Organizaciones" Editorial Trillas, México, reimpresión en 1986 de la primera edición en inglés, 1966.

La entrada y salida de nuevas personas, la introducción de máquinas, procesos de trabajo, la aparición y desaparición de clientes, las nuevas demandas del entorno, son algunos de los muchos procesos y formas de cambio que constantemente se están produciendo y van determinando acomodados y reacomodados en su decursar.

El enfoque de la Complejidad - en una posible lectura respecto a los Equipos de Trabajo - convida a comprender cómo la amplificación de una perturbación puede devenir en transformación. *“En cualquier sistema, una perturbación<sup>8</sup>, si sobrevive los primeros intentos de supresión y permanece alojada dentro del sistema, comienza un proceso iterativo. La perturbación aumenta a medida que las partes del sistema la incorporan, deviniendo tan amplificada que no se puede ignorar”.*

Puede pensarse en las potencialidades de los equipos de trabajo para liderar cambios en la Organizaciones, a partir de la amplificación, que se traduce en participación, articulación con otros equipos o grupos/personas de la organización. La metáfora de la red, que va creciendo, a partir de enlazar nuevos nodos (equipos/grupos de trabajo/departamentos/personas) podría facilitar la comprensión de esta idea.

El proceso de amplificación de una perturbación (propuesta, idea, manera de desarrollar un proceso, dirección de cambio, emocionalidad ante una tarea a acometer...etc.) no siempre puede ser controlado por quienes trabajan por amplificarlo.

Tampoco es posible observar a simple vista los efectos de nuestras acciones ni tampoco estar seguros/as que los efectos ocurren de igual manera a como los hemos pensado.

La no linealidad expresa la imposibilidad de observar siempre la realidad desde relaciones causa-efecto: A causa B. Se precisa de un pensamiento capaz de representarnos mejor este mundo invisible. También, nos invita a propiciar espacios donde puedan darse mayores interacciones, habilidades para comunicarse y elevar la factibilidad de dichas comunicaciones, así como el desarrollo de la confianza para mejorar las condiciones en que tienen lugar, independientemente de que no sepamos exactamente lo que acontecerá, emergerá una organización propia, reflejo de las verdaderas potencialidades y posibilidades del sistema.

---

<sup>8</sup> Entendida como un cambio en la dinámica que venía desarrollando el sistema, en este caso, la Organización.

Las personas y grupos al interior de la organización contemplada en el espacio, pueden asumirse como partículas y agrupamientos de partículas, sus interacciones estarían representadas en las redes. Cuando se toman decisiones, se realizan acciones, se impacta no sólo a quien se dirigen las mismas, sino también a quienes están conectadas en las redes. Al mismo tiempo se producen impactos sobre otras personas o grupos con sus respectivas redes, aunque no conectadas linealmente a las primeras, por identificación, reacción o proactividad.

La concepción de espacios no vacíos –trabajada por M. Wheatley (1994) – sirve de sostén argumental acerca del grado de conectividad que existe en una organización, sea este visible o invisible a nuestros ojos. Asimismo, ello también podría condicionar la posibilidad de que causas que no podamos advertir estén influyendo en los efectos que observamos.

La existencia de un espacio no vacío, contribuye además a comprender cómo fluyen las amplificaciones de las perturbaciones que pueden comenzar siendo aparentemente pequeñas, pero que se van extendiendo en toda la Organización. A veces no son perceptibles por nuestros órganos de los sentidos, ni por nuestros modelos mentales para comprender la realidad. Suele suceder que ideas que lanzamos en un momento, procesos que iniciamos, o proponemos, aparentemente no trascienden ciertos marcos.

Sin embargo, después de un tiempo, a veces observamos comportamientos en la organización que tal pareciera, están vinculados con aquellas acciones, sucesos que creímos habían quedado sepultados en el pasado. Como si existiera algún “hilo”, “conexión”, “energía” que estuviese fluyendo en el tiempo, a un ritmo que escapa nuestra idea de cómo suceden las cosas y nuestras ansias de control.

En las organizaciones, como procesos conformadores de esos campos, podríamos encontrar la cultura. El conjunto de interacciones que tienen lugar en la organización es una expresión de la cultura, a la vez que, al estar embebidos en ella, la va transformando. Precisamente seguir la avenida construida por el profesor Pedro L. Sotolongo, en su modelo de Patrones de Interacción social de la vida cotidiana, seguramente arrojará luces en la comprensión y cambio cultural de una Organización (y de la sociedad de manera general, en tanto compartimos la idea de articulación de los patrones). Se nos convierte así el espacio organizacional en un escenario de transformación social que

trasciende los marcos de lo que hemos aprendido a considerar como organización laboral.

### **El orden – desorden, autoorganización**

El enfoque de la complejidad nos llama la atención sobre el orden, el desorden y la relación entre ambos. Tradicionalmente se ha considerado como finalidad la búsqueda y logro del orden. Se considera un mayor desarrollo cuando se alcanzan más altos niveles de orden. El orden también se relaciona con el equilibrio, la búsqueda de la estabilidad y la realización de todo un conjunto de acciones encaminadas al mantenimiento del equilibrio.

La segunda ley de la termodinámica, sobre el grado de entropía de los sistemas apuntaba hacia los momentos en que los órdenes podían llegar a su máxima posibilidad y a partir de ahí comenzaba la muerte térmica. La propiedad de los sistemas abiertos contribuyó a llamar la atención sobre el papel del entorno para continuamente provocar nuevos niveles de desorden en los sistemas y por lo tanto la continuación de la vida. El trabajo posterior de I. Prigogine descubrió que la energía disipada por los sistemas en su intercambio con el entorno, lejos de las condiciones de equilibrio, contribuyen a la aparición de nuevos sistemas más desarrollados.

M. Wheatley (1994) señala “El trabajo de Prigogine sobre la evolución de los sistemas dinámicos demostró que el desequilibrio es la condición necesaria para el crecimiento del sistema. Los llamó “estructuras disipativas” porque disipan la energía a fin de recrearse a sí mismos como nuevas formas de organización. Enfrentados con niveles crecientes de perturbaciones, esos sistemas poseen propiedades innatas para reconfigurarse de modo de hacerse cargo de la nueva información. Por esta razón son más frecuentemente llamados sistemas autoorganizativos o autorrenovantes. Uno de sus rasgos distintivos es, más que la estabilidad, la capacidad para recuperar la forma y el tamaño original después de la deformación.

Un principio fundamental para los sistemas autoorganizativos es la autorreferencia. En respuesta a las perturbaciones ambientales que indican necesidad de cambio, el sistema se modifica de manera de permanecer consistente consigo mismo en ese medio ambiente. El sistema es autopoietico porque enfoca sus actividades hacia lo que se necesita para mantener su propia integridad y su autorrenovación. Cambia mediante la referencia a sí mismo; cualquiera sea su forma futura, existirá en coherencia con su ya

establecida identidad. Los cambios no ocurren al azar, en cualquier dirección. Son consistentes con la historia e identidad del sistema. El sistema, en términos de Jantsch, “retiene en la memoria su camino evolutivo” (Jantsch, 1980).

Otra característica de los sistemas autorganizados es la de su estabilidad en el tiempo. Son generalmente llamadas estructuras globalmente estables. En realidad, esta estabilidad global es mantenida por otra situación paradójica, la presencia de muchas fluctuaciones e inestabilidades que ocurren en niveles locales a través de todo el sistema. El sistema permite muchos niveles de autonomía dentro de sí mismo y pequeñas fluctuaciones y cambios. Al tolerarlos, puede preservar su estabilidad global e integridad en el medio ambiente.

Para profundizar en el concepto de la autorganización, resulta conveniente considerar lo que Eoyang apunta sobre la diferenciación y la retroalimentación como condiciones para la autorganización: “Las diferencias en un sistema proveen la oportunidad para el movimiento dinámico y el cambio. Lazos de retroalimentación (cambios de un sujeto que alteran a otro, sus respuestas alterando al primero): que unan las diferentes partes del sistema en un todo comunicado”. (Eoyang G., 1997)

Invitamos a la profundización mental de quienes conducen o estudian los procesos de cambio, sobre la relación entre orden-desorden, equilibrio-desequilibrio y los sistemas autorganizados para las formaciones sociales, la aparición de nuevas formas de orden y equilibrio. Es en el marco de este sistema de pensamiento donde la *emergencia* nos habla más de los movimientos en la organización y su relación con el entorno, que de algo a combatir o anular automáticamente por no corresponderse con “el orden” constituido o que quiere ser implantado por una persona o grupo. De lo que se trataría es de cómo las perturbaciones podrían ser contempladas, potenciadas y/o previstas.

### **Papel del tiempo y la historia.**

La importancia del tiempo para las organizaciones y equipos ha venido siendo estudiada desde hace más de treinta años. El llamado de atención sobre la diferencia entre los impactos, resultados, estrategias en el corto y largo plazo está presente en toda la literatura. Lo obtenido o planificado en el corto plazo puede ser contraproducente para el largo y éste podría ser un campo de



muchas relaciones posibles. Lógicamente, cuando nos proponemos un proceso de cambio debe tenerse muy en cuenta la mayor armonía posible entre una y otra dimensión de tiempo.

En la realidad, a veces la sobrevivencia de una organización dicta la urgencia y necesidad de cambios específicos y las actividades se tratan de resolver de la forma más simple, con el menor número de personas posibles involucradas y en correspondencia con lo que la organización mejor sabe hacer. Se pretende así reducir el tiempo para la obtención de los resultados deseados. En la mayor parte de los casos, se ve un breve inmediato alivio de la situación, pero los problemas que se trataron de solucionar se amplían un poco tiempo después. Si aún queda tiempo, hay que volver de nuevo a intentar otras soluciones y así se va produciendo una oscilación que puede llevar a la desaparición total.

W. Ouchi en su comparación entre el proceso de toma de decisiones en las empresas norteamericanas y japonesas destacaba que en las primeras se invertía menos tiempo que en las segundas para tomar la decisión (en las japonesas se abría un amplio proceso de consultas con los/as implicados/as), después la ejecución de la decisión llevaba menos tiempo en las últimas.

Es preciso asumir toda la complejidad del proceso, el análisis entre el corto y largo plazo aunque exista mucha urgencia para la decisión de los cambios. Como resultado de nuestro trabajo en las organizaciones solemos decir “invertir tiempo para ahorrar tiempo”.

Otro aspecto importante vinculado con el corto y largo plazo es la cuestión de la decisión de acciones estratégicas vinculadas con la formación y el aprendizaje. Generalmente es una de las cuestiones importantes para la organización que por no ser urgentes se van relegando ante muchas de las tareas cotidianas. Ella debe hacer suya una formación permanente de todas las personas enfocadas a los objetivos organizacionales y la posición proactiva hacia el entorno.

El pensamiento sistémico desarrollado por P. Senge (1992) nos trae otro importante elemento relacionado con el tiempo para el análisis de los procesos de cambio: el papel de las demoras o compás de espera. Nuestro pensamiento lineal tiende a enfocar las variables más importantes en un proceso y a desechar otras intervinientes. En la realidad estas últimas no dejan de estar en el proceso. Tanto las unas como las otras requieren de un tiempo para el logro de lo que se pretende, sin embargo con frecuencia no

asumimos la importancia de esa demora para que surjan los resultados y presionamos la expresión de acciones o soluciones.

Tanto las cuestiones del corto-largo plazo como el papel de las demoras se corresponden con una forma de pensamiento en sistema, en ciclos, esto se conecta también con el enfoque de la complejidad al concebir el tiempo en sentido relativo y en movimiento. El trabajo de Prigogine nos enriquece con el cuestionamiento del tiempo como homogéneo e invariable en todos sus instantes para nuestro análisis y trabajo en las organizaciones.

Tendemos a pensar todos los períodos de tiempo como iguales sin enfocar múltiples aspectos tales como momentos especialmente cambiantes en el entorno, algunos muy significativos para la organización, conflictos y tensiones por el cumplimiento de tareas específicas, consideraciones u organizaciones culturales sobre el tiempo, estados emocionales de personas o grupos, períodos diferentes en la organización, algunos muy cargados de metas, otros menos tensos. La lista, como en otros aspectos podría ser interminable.

La construcción del nosotros, el sentido de lo nuestro – aspecto que distingue por excelencia la existencia de un equipo de trabajo - transcurre a partir de procesos que poseen ritmos y tiempos particulares, imposibles de estandarizar como guía para la gestión del desarrollo del equipo. No podemos afirmar que dos meses, o tres semanas, o dos años, es el tiempo mínimo necesario para lograr ese sentimiento de pertenencia, expresado en un nosotros auténtico.

El *tiempo* no es un uno e independiente del proceso (y de las partes que intervienen en ese proceso). En la vida de un equipo de trabajo concurren múltiples historias paralelas, cargadas de conflictos, intereses, afectos. La manera en que ellas dinamizan la vida del equipo, el proceso de su desarrollo y los tiempos que ello implica, resulta imposible predecirlo como verdad independiente de la realidad concreta que estemos valorando. El tiempo pasa de ser algo externo al proceso, para convertirse en una dimensión interna.

Cuando hablamos de vida del equipo, de proceso, estamos también haciendo referencia a la *historia*: un antes, un presente y un futuro. ¿Cómo enfoca la complejidad la noción de historia?

Asumir que pueden existir estos tres momentos es válido, pero se trata de considerarlos en interconexión, no como fragmentos de realidad, sino como partes distinguibles, con fronteras que van corriéndose. Al decir de Espina, M. (2004) la historia es

“discontinua, un proceso plural, simultáneo, contradictorio, múltiple y particular, es también una elección: el pasado como uno de los múltiples rumbos de la historia”

En una mirada hacia el Equipo de Trabajo, ¿qué implicaciones tendría esta aproximación al valorar el pasado y dibujar el futuro? ¿el pasado como la única opción que tuvimos? ¿“un futuro” o es posible pensar en múltiples futuros? ¿qué podemos anticipar, cómo planificar ese futuro?

El enfoque de la complejidad nos invita a considerar el pasado como uno de los múltiples rumbos que pudimos tomar. Sin asumir posiciones autoflagelantes, considerar esta perspectiva nos llama a valorizar la evaluación y autoevaluación del equipo como espacio/herramienta para generar una crítica y autocrítica. Se trataría de asomarnos a lo que hemos sido, explorando también otros rumbos posibles que pudimos tomar, qué nos condicionó/construyó a este camino que hemos seguido.

Y justo cuando estamos mirando hacia atrás, reconociendo lo que hemos sido, lo que estamos siendo, vale la pena mirar hacia delante y pensar el futuro.

Desde la complejidad el futuro se presenta como “opciones múltiples donde intervienen el azar y el caos, el orden y la causalidad, la posibilidad de reinventar un orden social deseado, no necesariamente preexistente, que puede ser activado desde el presente, como un horizonte de expectativas contrapuesto al espacio de la experiencia actual.” (Espina, M. 2004)

No se trata de asumir la complejidad como justificación para abandonar nuestra responsabilidad con ese futuro. La anticipación es necesaria, solo que debemos pensarla y construirla transitando otros caminos. Caminos que permitan considerar la emergencia, la casualidad, la causalidad no lineal (pequeñas causas, grandes efectos), pero que dibujen futuros posibles, construyendo entre esos las utopías que el equipo quiere vivir, como impulso, horizonte que invita al andar.

### **Un cierre con intenciones de apertura**

Ciertamente es este un cierre complejo: cierra para abrir. El camino de lecturas y participación en actividades formativas que han permitido realizar este texto, más que respuestas, ha sido provocador de preguntas.

Más que algunas mediaciones para la comprensión del enfoque de la complejidad en el ámbito de las Organizaciones y en particular los Equipos, este trabajo permite bocetar algunas rutas por las cuáles continuar transitando en el camino de aprehensión de los saberes que aporta la complejidad. Este es uno de sus principales aportes en términos de continuidad. Está claro que en la autopista de estos saberes, queda mucho camino por recorrer.

Para dejar abierto el debate, formulamos algunas de las zonas de continuidad que hemos construido durante el proceso de elaboración de las ideas aquí presentadas:

Explorar las posibilidades que ofrecen los Patrones de Interacción Social de la Vida Cotidiana (Sotolongo, P. 2006) como herramienta para el diseño de procesos de cambio organizacional/social. La formación/transformación desde los equipos de trabajo como sujeto de cambio. Profundizar la articulación de los patrones para prever posibles amplificaciones de los cambios generados en el espacio organizacional. Complementar la previsión de los rumbos con las nociones de Ecología de la acción, propuesta por E. Morin.

Potenciar la profundización en herramientas de historia oral de Organizaciones, como herramienta para promover cambios culturales que reconocen el carácter autorreferente de las organizaciones como sistemas complejos.

Valorar la aplicabilidad y nuevas luces que podría ofrecer el concepto autonomía integradora (D'Angelo, O. 2005) comprendido desde la escala organizacional, considerando como sujeto el grupo/equipo de trabajo.

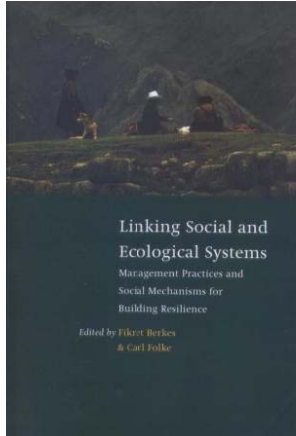
Explorar las avenidas posibles que se abren con el acercamiento a los planteamientos formulados desde la informática, con relación al Software Libre. Lecturas y aprendizajes que podrían hacerse desde el punto de vista social. Su aplicabilidad para la gestión y modelación de realidades organizacionales/grupales.

## Bibliografía

- Arenas, P.; Rodríguez C.** (2004) Cambio Organizacional: un enfoque desde lo Humano. Informe de Investigación. La Habana, Cuba, Fondos del CIPS.
- Arenas, P.; Rodríguez C.** (2006) *Equipos de Trabajo y Cambio en las Organizaciones desde un Enfoque Complejo*. CD Caudales 2006. ISBN 959 – 06 – 0893 – 0
- D' Angelo, O.** (2005) Autonomía integradora y transformación social: el desafío ético emancipatorio de la complejidad. Publicaciones Acuario. Centro Félix Varela.
- Drexler, A.; Sibbet, D. et. al.:** Guía gráfica para las mejores prácticas del equipo. En: Sistema para el Modelo de Alto Desempeño del Equipo. s/ e, l, a.
- Espina, M.** (2005) Complejidad y Pensamiento Social. Documento de Debate MOST (Management of Social Transformation)
- Gleick, J.** (1987) Chaos. Making a new science. Viking, Penguin Group, New York, 1987.
- Katz, D.; Kahn, R.L.:** Psicología Social de las Organizaciones. Trillas, México, 1986.
- Miller, S.; Wackman, D.B.; Demmitt, D.R.; Demmitt, N.J.** (1985) Trabajando Juntos: comunicación productiva sobre el trabajo. Interpersonal Communication Programs Inc., Littleton, Colorado.
- Prigogine, I. & Stengers, I.** (1984) Order out of chaos. Man's new dialogue with nature. A Bantam Book. New Cork.
- Schein, E.H** (1997) La cultura empresarial y el liderazgo: una visión dinámica. Reproducción autorizada del Centro Nacional de Derecho de autor, La Habana.
- Sotolongo, P. L.** (2006) Teoría Social y vida cotidiana: La sociedad como sistema dinámico complejo. Publicaciones Acuario. Centro Félix Varela.
- Rodríguez H.** (2003) Más allá de los Equipos de Trabajo. Facilitando la creación de verdaderas comunidades colaborativas. Ponencia presentada en el 7mo Encuentro Internacional de Equipos de Trabajo, Guanajuato, México.
- Senge, P** (1992) La quinta disciplina: cómo impulsar aprendizaje en la organización inteligente Ediciones Granica SA, Barcelona.
- Wheatley, M.** (1994): El Liderazgo y la Nueva Ciencia. Coedición Ediciones Granica S.A. y Javier Vergara Editor, Argentina. Notas de Conferencia: Introducción al Software Libre, impartida por Maykel Moya, miembro de la red cubana de Software Libre. La Habana, 2007.
- Notas de módulos de Curso Introdutoria al Enfoque de la Complejidad. La Habana, 2004.
- Sesiones de la Cátedra de Complejidad (2003 - 2006)
- Notas de módulos del Diplomado en Enfoque de la Complejidad. La Habana, noviembre 2005 – febrero 2007.



## Textos que llegan



**“Linking social and ecological systems. Management practices and social mechanisms for building resilience”.<sup>1</sup>**  
**Ana María Luna Moliner**

---

Un libro editado por Fikret Berkes del Instituto de Recursos Naturales de la Universidad de Manitoba en Winnipeg, Canadá; Carl Folke del Departamento de Ecología de Sistemas de y el Centro para la Investigación de los Recursos

Naturales de la Universidad de Estocolmo en Suecia con la asistencia editorial de Johan Colding del Instituto Beijer de Economía Ecológica de la Real Academia Sueca de Ciencias, evidencia desde sus inicios en la diversa adscripción institucional de sus editores y en la denominación de esas instituciones, la asignación del carácter económico a los componentes naturales, devenidos recursos, cambio en el que emerge la necesidad de practicas sociales y mecanismos orientados a lograr el mantenimiento de las funciones sistémicas de la totalidad socio-ecológica. Publicado por la Cambridge University Press por primera vez en 1998, reimpresso en 2000, está presente en el catálogo de publicaciones de la biblioteca del Congreso de Estados Unidos con el ISBN 0 521 59140. El ejemplar que llega a nuestras manos y por ende a los fondos de la Cátedra de Estudios sobre Complejidad gracias a la gestión y donación de Alicia Juarrero, es la edición con cubierta rústica que se encuentra también en una edición digital desde 2002.

El libro se anuncia desde el Prefacio como “deliberadamente interdisciplinario”, a tenor de que los problemas que aborda no encajan en una sola disciplina como la Ecología, la Antropología, la Economía o la Ciencia Política; enfoca los vínculos sociales y ecológicos en ecosistemas seleccionados con “un tratamiento sistémico de los mecanismos que subyacen tras estas ciencias”. Concebido con el propósito de aprender de casos que muestran la adaptación exitosa en términos sistémicos entendida como el mantenimiento de las funciones sistémicas en el transcurso de los cambios y en la dinámica sistémica, presenta ejemplos

---

<sup>1</sup> “Vinculando sistemas ecológicos y sociales, prácticas de manejo y mecanismos sociales para la construcción de resiliencia”.

de diversas prácticas de manejo dadas en la asimilación social económica.

El listado de los múltiples colaboradores evidencia la diversidad de los especialistas participantes en la producción de la obra. Entre ellos la figura de Víctor Toledo, nos anuncia la consideración en el libro de los enfoques desde la gnoseología logradas en el contexto latinoamericano y avala la diversidad necesaria en los enfoques de los problemas socio-ecológicos. Mediante un discurso propiciado por nuevos enfoques gnoseológicos, y a la vez propiciador de esos nuevos enfoques, el libro lleva a la reflexión sobre las interrelaciones, los vínculos y los mecanismos en los cuales se constituyen esos vínculos.

Estructurado en cuatro partes que hacen énfasis en cuestiones claves como el aprendizaje de las experiencias locales en estudios de casos, en la emergencia de adaptaciones sociales a condiciones específicas zonales, en el resultado exitoso o fallido de al menos cuatro diferentes regímenes de prácticas de manejo en ecosistemas forestales, semidesérticos, de montaña, o ecosistemas marinos bajo regímenes de prácticas de explotación pesquera en los límites entre la plataforma continental en la zona de 200 millas para la pesca internacional, concluye apuntando a la necesidad de diseñar nuevos enfoques para el manejo, su cuarta y última parte resulta la de interés para nuestro enfoque sobre complejidad socio-ecosistémica.

En sus 460 páginas se agrupan las prácticas de manejo social de los ecosistemas en cuatro grupos; los que se basan en el conocimiento como base de las prácticas de manejo, los que tratan la estructura y la dinámica de las instituciones sociales que marcan las pautas para las conductas sociales del manejo de los recursos, los que tratan la internalización cultural mediante prácticas que resultan de las tradiciones de las sociedades autóctonas y las que resultan de la ética ambiental.

Resultan significativas las definiciones de términos a emplear en el transcurso del libro, entre otros: sostenibilidad, sistemas ecológicos, sistemas socio-ecológicos, instituciones y el sentido de “lo tradicional” inherente a la continuidad histórica del saber y el conocer humano.

Se establecen las categorías de manejo adaptativo, resiliencia ecológica y manejo de sistemas. Planteadas desde el inicio del libro, en el primer capítulo, se retoman para establecer siete principios para el logro de la resiliencia socio-ecosistémica.

El cuestionamiento de la existencia de un solo modo de conocimiento científico fidedigno, la crítica de las limitaciones de la ciencia occidental, la imposibilidad del manejo socio-ecológico basado en conocimiento “científico” logrado mediante experimentos controlados, fundamentan la crítica de conceptos como “productividad máxima sostenible” que ignora las variaciones ambientales y las interrelaciones ecosistémicas.

Esta última parte del libro critica la concepción de un único modo de comprender la sostenibilidad con la propuesta de la consideración casuística de la satisfacción de las necesidades humanas básicas que se atenga al mantenimiento de los procesos ecológicos que soportan los sistemas básicos de la diversidad de las especies en cada caso.

Recordando que históricamente las sociedades han existido dentro de ciertos límites ecológicos, la era industrial abre una anomalía en los últimos 400 años en los cuales los conceptos, las tecnología y los métodos no son suficientes para reproducir las esencias de el carácter no lineal de los problemas sistémicos y entender, sin intentar la “explicación completa” de las interacciones entre “lo natural” y “lo humano” que se requieren para formular las políticas. Se abre de esa forma el debate sobre el carácter evolutivo de lo natural y para la comprensión de lo social como “segunda naturaleza”.

A los valores intrínsecos del libro se adicionan la apertura de posibilidades para el debate acerca de la consideración de múltiples visiones desde la complacida: Aunque el libro expresa claramente la separación entre lo natural y lo social, se muestra la unidad inter-relacional entre ambos, vincularlos es la esencia de la producción del libro en sí.

Se manifiesta en esta obra la concepción de autoorganización mas allá de lo espontáneo, considerando la intencionalidad entre las bases fundamentales de la orientación de la política la consecución de fines en función de la totalidad en términos filosóficos.





**III Seminario Bienal Internacional Transdisciplinario sobre el  
Enfoque de la Complejidad Camaguey 2009  
23 al 27 de febrero de 2009**

**Temáticas:**

**La Transdisciplinariedad:**

Conceptualización y desarrollos teóricos, metodología de la investigación transdisciplinaria, proyectos de investigación transdisciplinarios, dificultades y barreras para la transdisciplinariedad, relación entre disciplina, multidisciplinaria, interdisciplina, transdisciplina y solución de problemas complejos del mundo real, desarrollo de curriculums transdisciplinarios, el lenguaje de la transdisciplinariedad.

**La Complejidad:**

Ciencia no lineal, Autoorganización, Teoría del Caos, Fractales, Lógica Borrosa, Softcomputing, Teoría de redes complejas, Fenómenos críticos, Transiciones de fase, Caos cuántico, Estructuras coherentes, Teoría de Sistemas dinámicos aleatorios, Series de Tiempo No Lineales, Modelación y Simulación Computacional de sistemas complejos (basada en agentes y autómatas celulares), y en general otros métodos para abordar el estudio del comportamiento complejo de los sistemas. Relación entre complejidad y diversos campos del saber. Sistematización del lenguaje de la complejidad.

**El Enfoque Transdisciplinario de la Complejidad:**

Las implicaciones del comportamiento complejo de los sistemas y la necesidad de su estudio desde una visión transdisciplinaria. Desarrollo del pensamiento complejo transdisciplinario. Reporte de casos de solución de problemas complejos del mundo real. La universidad transdisciplinaria.

**Programa (temáticas preliminares):**

- Seminario.
  1. Sesiones sobre Transdisciplinariedad.
  2. Sesiones sobre Complejidad.
  3. Sesiones sobre el Enfoque Transdisciplinario de la Complejidad.
  4. Complejidad y desarrollo social.
  
- Escuela Internacional sobre El Uso de la Complejidad, la Simulación y Modelación computacional basada en agentes para comprender problemas del mundo real. Estas sesiones serán conducidas por investigadores del Instituto de Santa Fe, USA.
  
- I Taller paralelo en Complejidad, Arte y Estética.
- I Taller paralelo en Complejidad y Medicina.

**Institución que convoca:**

Cátedra de Complejidad de la Universidad de Camagüey.

**Instituciones invitadas que convocan:**

Cátedra de Complejidad del la Filial en Camagüey del Instituto Superior de Arte.

Centro de Medicina y Complejidad de la Universidad Médica “Carlos J. Finlay” de Camagüey.

Centro de Estudios de Trabajo Comunitario de la Universidad de Camagüey

**Contactos para información general sobre el taller:**

Asunto: Seminario2009

[complejidad@reduc.edu.cu](mailto:complejidad@reduc.edu.cu)  
[3seminariocamaguey2009@gmail.com](mailto:3seminariocamaguey2009@gmail.com)

Lic. Marcelo Chacón Reyes: [marcelo.chacon@reduc.edu.cu](mailto:marcelo.chacon@reduc.edu.cu)  
[marcelochaconr@gmail.com](mailto:marcelochaconr@gmail.com)  
Presidente del Comité Organizador  
Presidente de la Cátedra de Complejidad de la Universidad de Camagüey.

**Dirección Postal:**

Cátedra de Complejidad. Universidad de Camagüey  
Carretera de Circunvalación Norte. Km 5.5. Camagüey. Cuba. CP  
74650

**Contactos para Talleres**

Taller paralelo en Complejidad, Estética y Arte:

Dra.C. Imai Marissa Delgado Guerrero [ITallerCEA@reduc.edu.cu](mailto:ITallerCEA@reduc.edu.cu)  
Presidenta de la Cátedra de Complejidad de la Filial en Camagüey  
del Instituto Superior de Arte.  
Coordinadora del I Taller paralelo en Complejidad, Estética y Arte.

Contacto para el I Taller paralelo en Complejidad y Medicina:

Lic. Eloy Ortíz Hernández [eloyortiz@infomed.sld.cu](mailto:eloyortiz@infomed.sld.cu)  
Director del Centro de Medicina y Complejidad de la Universidad  
Médica “Carlos J. Finlay” de Camagüey.  
Coordinador del I Taller paralelo en Complejidad y Medicina

**Direcciones en Internet:**

- <http://www.reduc.edu.cu/complejidad/>  
Información general, anuncios, llamados, programa del taller y  
otras informaciones.
- <http://tallerencamaguey.pbwiki.com/>

Para el desarrollo en forma colaborativa del programa de las  
sesiones especiales sobre el Uso de la Complejidad, la Simulación  
y Modelación computacional para comprender problemas del  
mundo real (Incluyendo sesiones teóricas y aplicadas). Modelación  
basada en agentes usando el Netlogo.

# COMPLEJIDAD~2010

LA HABANA, ENERO 6 - 8, 2010.  
PALACIO DE LAS CONVENCIONES.

5to. Congreso Bienal Internacional acerca de las  
Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas,  
Metodológicas de la Teoría de la Complejidad.

**DEDICADO A LOS PROBLEMAS DE LA AUTO-ORGANIZACIÓN Y LA  
EMERGENCIA DESDE LA PERSPECTIVA TRANSDISCIPLINAR.**

EN ESTA OPORTUNIDAD, LA INAUGURACIÓN ESTARÁ A CARGO DEL  
PROF. STUART KAUFFMAN QUIEN OFRECERÁ UNA CONFERENCIA  
MAGISTRAL.

Para mayor información, visite:  
[www.complejidadhabana.com](http://www.complejidadhabana.com)

# PENSANDO LA COMPLEJIDAD NO VI

Estimados Colegas:

El Instituto de Filosofía de La Habana se complace en invitarle a participar en el

## 5to Congreso Bienal Internacional acerca de las Implicaciones Filosóficas, Epistemológicas y Metodológicas de la Teoría de la Complejidad

### COMPLEJIDAD-2010

Enero 6-8. 2010.

El Congreso Internacional **COMPLEJIDAD 2010** está organizado por la Cátedra de Complejidad del Instituto de Filosofía de La Habana y es co-auspiciado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA); la Academia de Ciencias de Cuba; el Centro Félix Varela; las Cátedras de Complejidad de las Universidades de Camagüey y Holguín; la Cátedra de Complejidad del Centro Cultural Nicolás Guillén de Camagüey; la Cátedra de Sistemas Dinámicos No Lineales H. Poincare de la Universidad de La Habana, la Cátedra de Complejidad del Instituto Superior Pedagógico para la Enseñanza Técnico-Profesional, (ISPETP) y el Centro de Medicina y Complejidad de Camagüey.

El Congreso será una ocasión apropiada para debatir los desafíos más trascendentales en este importante nuevo campo del Saber. Después de los muy exitosos Seminarios Bienales en Enero del 2002, 2004 y 2006, que acogieron a Participantes de más de 20 países de los 5 continentes, incluyendo a figuras tan relevantes como Fritjof Capra, Isabelle Stengers, Gregoire Nicolis, John Casti, Edgar Morin y Brian Goodwin Richard Lewins y Pablo González Casanova entre otras, nos reuniremos de nuevo para intercambiar ideas sobre una amplia gama de aspectos de este campo transdisciplinar. Este Evento científico tiene entre sus objetivos el de propiciar el pensamiento acerca del alcance y el rango de este prometedor enfoque de la Complejidad.

Será un gran placer tenerlo con nosotros durante el Congreso y darle una cordial y calurosa bienvenida a nuestro hospitalario país.

### COMITÉ ORGANIZADOR DEL EVENTO

---

Presidente Fundador  
Dr. Pedro Luis Sotolongo Codina.  
Cátedra de Complejidad.  
Instituto de Filosofía de La Habana  
[pedro.sotolongo@infomed.sld.cu](mailto:pedro.sotolongo@infomed.sld.cu)

Presidente  
MsC. Antonio Correa Iglesias.  
Cátedra de Complejidad.  
Instituto de Filosofía de La Habana  
[ancoiglesias@gmail.com](mailto:ancoiglesias@gmail.com)  
[yuliethfiffe@infomed.sld.cu](mailto:yuliethfiffe@infomed.sld.cu)

Vice Presidentes:

Dr. Raimundo Franco Parellada [franco@citma.cu](mailto:franco@citma.cu)  
Dra. Mayra Espina Prieto [cauto@ceniai.inf.cu](mailto:cauto@ceniai.inf.cu);  
Dr. Ovidio D'Angelo Hernández [danteangelus@yahoo.com](mailto:danteangelus@yahoo.com) ;

## PENSANDO LA COMPLEJIDAD NO VI

Son también Miembros del Comité Organizador los siguientes miembros de la Junta Directiva de la Cátedra para el Estudio de la Complejidad.

MsC. Mábel Menéndez Moráguez. [mabelm@matcom.uh.cu](mailto:mabelm@matcom.uh.cu)

Lic. Avelino Suárez. [avelino.suarez@ama.cu](mailto:avelino.suarez@ama.cu)

Dr. Ana Luna Moliner. [ana\\_luna2003@yahoo.com.mx](mailto:ana_luna2003@yahoo.com.mx)

Lic. Marcelo Chacón Reyes. [marcelochaconr@gmail.com](mailto:marcelochaconr@gmail.com)

Dr. Freddy Varona. [fvarona@fh.uho.edu.cu](mailto:fvarona@fh.uho.edu.cu)

### CUOTA DE INSCRIPCIÓN:

180 CUCs (Pesos Convertibles Cubanos)

(La Tasa de cambio puede experimentar ligeros cambios de acuerdo a la vigente en el momento el Evento)

### VISAS

Los participantes al evento podrán obtener la tarjeta turística en los diferentes Consulados de Cuba en el exterior o en las líneas aéreas que tienen contrato con Cuba siempre y cuando viajen por el receptivo oficial del Congreso.

### **AGENCIA DE VIAJES HAVANATUR. S.A.**

[www.havanatur.cu](http://www.havanatur.cu)

Caridad Sagó Rivera.

Especialista Comercial.

Email: [sago@havanatur.cu](mailto:sago@havanatur.cu)

### AVISO IMPORTANTE PARA PARTICIPANTES DE E.U.

A los ciudadanos de E.U. que deseen participar en **COMPLEJIDAD-2010** se les sugiere contactar a la Oficina de Control de Haberes Extranjeros (Office of Foreign Affairs Control-OFAC) del Departamento del Tesoro de E.U. (U.S. Department of Treasury) tan pronto como les sea posible, con el fin de proporcionar tiempo suficiente para que esta Oficina tramite la Licencia de E.U. para viajar a Cuba y dirigirse a las oficinas de MARAZUL TOURS.

Los ciudadanos de E.U. que deseen participar en **COMPLEJIDAD-2010** deberían también informar a sus representantes en el Congreso de E.U. acerca de su interés en asistir al Evento.

### **PERFIL DE LOS PARTICIPANTES**

Investigadores, Profesores, Profesionales en general y Estudiantes universitarios.

### **PROGRAMA CIENTÍFICO**

Entre los Ponentes que han expresado su intención de asistir al Evento están relevantes personalidades en el campo de la Complejidad provenientes de Norte, Centro y Sur América, así como también de Europa. Se espera también la asistencia de Colegas que cultivan el Pensamiento de la Complejidad provenientes de África y Asia.

Las Sesiones del Congreso brindarán Conferencias Especiales a cargo de relevantes especialistas internacionales, así como Paneles/Mesas Redondas y Ponencias.

El Comité Científico y el Comité Organizador de **COMPLEJIDAD-2010** ha considerado oportuno en esta nueva etapa de desarrollo de la Cátedra para el Estudio de la Complejidad mantener y perfeccionar el nivel científico para lo cual se ha decidido concentrar de la amplia gama de temas que aborda en pensamiento complejo en dos aspectos relevantes que sirvan de hilo conductor en el evento.

En aras de este objetivo se han ubicado dos problemáticas centrales a estos enfoques. **Los problemas de la auto-organización y la emergencia desde la perspectiva transdisciplinar** son los temas centrales a debatir en el contexto del Congreso **COMPLEJIDAD-2010**.

El Comité Científico y el Comité Organizador establecerán los criterios de selección de los trabajos a partir de estos temas. El criterio de selección fundamental para las presentaciones orales estará basado en como los autores aborden las problemáticas antes mencionadas, el alto nivel científico, la novedad de las investigaciones y los resultados de estas sobre las áreas que han sido establecidas para el congreso. Aquellos trabajos que no se adscriban a las normas que han sido expresadas en esta convocatoria el Comité Científico y el Comité Organizador del Congreso **COMPLEJIDAD-2010** se reservan el derecho de admisión o no de los trabajos. Las decisiones de estas instancias son inapelables.

El Congreso **COMPLEJIDAD-2010** se ha diseñado desde la presentación de conferencias magistrales, mesas redondas y sesiones con trabajos seleccionados. Todo ello está orientado a promover una mayor discusión entre los autores y los asistentes.

Igualmente es posible participar en el evento sin presentar trabajos, previo manifiesto de su interés en las temáticas que se abordan en el mismo y su vínculo profesional con ellas.

Se le proporcionará adecuada notificación previa a los Autores sobre la modalidad en que participarán en el evento.

### COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Pedro Luis Sotolongo Codina (Presidente Fundador)

MSc. Antonio Correa Iglesias (Presidente)

Dra. Mayra Espina Prieto.

Dr. Ovidio D'Angelo Hernández.

Dr. Raimundo Franco Parellada.

Dra. Ana Luna Moliner.

Dr. Avelino Suárez.

MSc. Mabel Menéndez Moráquez.

Dra. Eloisa Le Riverand.

Dra. Raquel García Riverón.

Los Presidentes de cada Cátedra de Complejidad co-auspiciadoras

Dr. Oscar Sotolongo. Universidad de La Habana.

Dr. Marcelo Chacón. Universidad de Camagüey.

Dr. Freddy Varona. Universidad de Holguín.

Dra. Imai Delgado Guerrero. Centro Cultural, Camagüey.

MSc. Reynaldo Ayrado Céspedes. ISPETP.

Lic. Eloy Ortiz. Centro de Complejidad y Medicina, Camagüey.

# PENSANDO LA COMPLEJIDAD NO VI

## IDIOMAS OFICIALES

Los idiomas que se aceptarán para la presentación de Ponencias y Posters serán el Español y el Inglés.

### PONECIAS: NOTIFICACIÓN IMPORTANTE.

Para las Sesiones del Congreso **Complejidad 2010** solamente se recibirán RESÚMENES (ABSTRACTS) hasta 1 cuartilla de extensión (a 1½ espacios, con letras Times New Roman, tamaño12).

(En ambos casos se prefieren los formatos electrónicos .rtf o doc)

Los RESÚMENES (ABSTRACTS) para el Congreso **Complejidad 2010** serán recibidos hasta Octubre del 2009.

(Los Resúmenes -Abstracts- y/o los Sumarios recibidos después de esta fecha no tendrán garantías de ser considerados por el Comité Científico del Congreso **Complejidad 2010** y/o de ser incluidos en el Folleto de Resúmenes y Sumarios del Evento).

El Comité Científico del Congreso **Complejidad 2010** a su debido tiempo, requerirá de los Autores la entrega de los textos completos correspondientes a los Resúmenes (Abstracts) de las Ponencias aceptadas, así como la entrega de las versiones ampliadas de los Sumarios aceptados para ser presentados en el Evento.

Los textos completos de las Ponencias y de los Sumarios ampliados serán recibidos hasta Noviembre 2009.

De entre los Autores de Resúmenes (Abstracts) y/o de Sumarios aceptados por el Comité Científico del Congreso **Complejidad 2010**, solamente podrán ser admitidos para exponer finalmente en el Evento, aquéllos que cumplan con los requisitos expresados en esta convocatoria. Solo se aceptarán igualmente los trabajos enviado en tiempo y en el formato electrónico establecido.

### Formato electrónico para todas las Ponencias:

No más de 20 páginas (incluyendo referencias y bibliografía), a 1½ espacios, en letra Times New Roman, tamaño 12.

La primera página de la Ponencia debe reproducir el Resumen (Abstract) previamente remitido, con el nombre del (de los) Autor(es) (los autores no deben ser más de dos) y el (los) correo(s) electrónico(s).

Se prefieren los formatos electrónicos rtf o doc.

Las Ponencias para las Sesiones del Congreso **Complejidad 2010** deben ser enviadas electrónicamente con la línea de **Asunto: COMPLEJIDAD-2010**, a [ancoiglesias@gmail.com](mailto:ancoiglesias@gmail.com) como a [yuliethfiffe@infomed.sld.cu](mailto:yuliethfiffe@infomed.sld.cu)