

# **CLUSTERS, MERCADOS DE COMPETENCIA IMPERFECTA Y AUTOORGANIZACIÓN: LA ECONOMÍA COMO UN SISTEMA COMPLEJO**

Marvin Acuña O<sup>1</sup>

Recibido: 04/09/2013

Aceptado: 03/10/2013

## RESUMEN

Los sistemas complejos con sus principios de: autoorganización, interacción, interdependencia, retroalimentación, sensibilidad a las condiciones iniciales, emergencia y adaptación continua constituyen un enfoque teórico novedoso, todavía poco abordado en el análisis de algunas formas espaciales de organización de la producción y estructuras de mercado, capaces de formar *clusters* o *redes* de empresas. Este artículo explora las bondades teóricas y metodológicas que los sistemas complejos brindan para lograr una mejor comprensión sobre el origen y funcionamiento de los *clusters*. Ahora bien, la teoría establece que la competencia imperfecta es la estructura de mercado que subyace en estas formas particulares de organización de la producción -*cluster* o redes de empresas- y por su parte los rendimientos crecientes tienen la singular propiedad de favorecer la atracción y localización de empresas alrededor de una actividad económica en un territorio, es decir, al parecer ciertos atributos les confieren propiedades emergentes, para convertirse en *el atractor principal* en los procesos de aglomeración de empresas. Este artículo busca a manera de hipótesis determinar si los *clusters* o redes de empresas constituyen una forma de autoorganización espacial de la producción que por sus características intrínsecas constituye un sistema complejo.

**PALABRAS CLAVES:** SISTEMAS COMPLEJOS, AUTOORGANIZACIÓN, MERCADOS DE COMPETENCIA IMPERFECTA, RENDIMIENTOS CRECIENTES, CLUSTERS O REDES DE EMPRESAS, INNOVACIÓN, COMPETITIVIDAD, TERRITORIO Y DESARROLLO LOCAL.

## ABSTRACT

Complex systems ruled by principles such as self-organization, interaction, interdependence, back-feeding, initial conditions sensitivity and continuous emergence and adaptation, is a new theoretical approach, still not very used to analyze space issues of production organization and/or market structure leading to clusters or firm's networking. Theoretical as well as methodological goodness of such complex systems, explaining how clusters emerge and their functioning patterns are here explored. According to theory, it turns out that is imperfect competition which gives rise to this kind of firm's

---

1 Universidad Nacional, Profesor e Investigador del Centro internacional de Política Económica, maovac@gmail.com; código Postal 86-3000.

arrangements, and that it is increasing returns which make more attractive for enterprises to establish themselves nearby certain economic activity within a territory, ie, these special attributes are main gathering forces for clustering firms. Determining whether clusters are complex systems of self-organizing space production pattern or not is addressed in this paper, ie, that imperfect competition lies under the process of clustering, which in turn is a complex, open and non-linear production organizing system evolving endogenously thorough changing and adapting processes, which at last, is the structuring axis of the cluster.

**KEY WORDS:** COMPLEX SYSTEMS, SELF-ORGANIZATION, IMPERFECT COMPETITION MARKETS, INCREASING RETURNS, CLUSTERS OR ENTERPRISE NETWORKING, INNOVATION, COMPETITIVENESS, TERRITORY, LOCAL DEVELOPMENT.

## I. INTRODUCCIÓN

Dos décadas de investigación dedicadas al estudio de la relación turismo / ambiente han permitido constatar que la aglomeración o redes de empresas -tipo cluster- en algunos destinos ecoturísticos de Costa Rica, conforman una forma singular de organización de la producción, donde la proximidad espacial hace que las pequeñas y medianas empresas, mediante la competencia y la cooperación, no solo sean rentables y competitivas, sino que además tengan un gran impacto en el desarrollo local. Ahora bien, la necesidad de explicar ¿qué se origina esta forma particular de organización?, ¿cómo evoluciona? y ¿cuál es la estructura de mercado subyacente?, nos ha llevado a revisar diferentes enfoques teóricos<sup>2</sup> con el propósito de buscar marcos analíticos más comprensivos que den respuestas a estas interrogantes.

Este estudio, fruto de una fase madura en este recorrido analítico, tiene el propósito de determinar en qué medida las redes o *clusters* de empresas forman un sistema complejo. Es decir, un sistema donde, gracias a sus propie-

dades emergentes, las empresas son capaces de incorporar en su desarrollo una autoorganización de la producción, mediante procesos coevolutivos de cambio y adaptación, en presencia de una retroacción positiva. Dado su carácter espacial, las *clusters* tienen un fuerte impacto en el desarrollo local.

Estos fundamentos teóricos se han convertido en un área esencial de trabajo en esta agenda de investigación. Una de las características más notables que muchos estudiosos suelen atribuirle a los sistemas complejos es su capacidad de autoorganización. La teoría de la complejidad, o la ciencia de la complejidad como algunos le denominan, ha estado estrechamente relacionada en términos conceptuales con dos principios fundamentales, a saber: la autoorganización y la adaptación.

La ciencia de la complejidad representa un enfoque epistemológico novedoso y un punto de ruptura o inflexión con la ciencia clásica -newtoniana- en la forma de abordar la realidad. Galileo, Descartes y Newton, fundadores de la ciencia moderna, hicieron hincapié en la simplicidad de los objetos de la ciencia, en la sencillez de sus leyes y expresiones matemáticas, y finalmente en la universalidad<sup>3</sup> y carácter eterno de la naturaleza (De Paz, 2007 y Wagensberg, 2007).

2 Desde la teoría de los encadenamientos productivos de Hirschman (1958), pasando por las teorías de la localización de la geografía económica atribuidas según Krugman (1995) a Joseph Weber y Von Thunen y terminando con las teorías del desarrollo endógeno (Vázquez, 1999). Dado que la atención, en los últimos años, ha estado puesta sobre la estructura de mercado subyacente a estas formas de organización de la producción, los mercados de competencia imperfecta, las economías de escala externas y los rendimientos creciente (Marshall, 1920) han sido el foco principal de atención teórica.

3 En 1776, el matemático francés Laplace afirmaba de forma categórica que si se conociera la velocidad y posición de todas las partículas de universo en un instante dado, entonces se podía predecir su pasado y futuro para el resto de los siglos (Shifter, 2006).

En palabras de Wagensberg:

*De tal simplicidad se deduce buena parte de su prestigio: rigor, universalidad, incluso belleza. El mérito de las ciencias de la naturaleza consistía precisamente en captar la esencia simple e inmutable, pero emboscada tras apariencias superfluas y cambiantes.*

Siguiendo a Descartes, las leyes se deducen de los sistemas más sencillos y de más fácil comprensión, gobernados por leyes matemáticas igualmente simples, a partir de las cuales se asciende a los sistemas más complejos. Aún cuando existe un reconocimiento de la complejidad, esta emerge de una combinación o adición de lo simple. Esa adición es posible gracias a una causación lineal inteligible del tipo causa–efecto (De Paz, 2007 y Wagensber, 2007).

La complejidad es vista como un obstáculo que la naturaleza interpone para proteger el secreto de sus leyes, artilugio caprichoso, que impide acceder al reino de una única ley natural. El éxito de esta racionalidad sobre la que descansa la ciencia moderna es innegable; no obstante, tiene el inconveniente de haber creado alrededor de ese mecanismo una suerte de monoteísmo científico (Wagensber, 2007).

La ciencia clásica, con su pretensión básica de alcanzar mediante una ley simple una *ciencia del todo*, ha colisionado con una visión radical de la realidad que enfatiza lo múltiple, lo evolutivo, lo complejo (Prigogine, 2009).

El carácter determinista y reversible de leyes independientes del tiempo y eternas contrasta con una realidad muy distinta donde la irreversibilidad, lo aleatorio juega un papel esencial en la naturaleza y está en el origen de muchos procesos de autoorganización.

En la ciencia clásica, las leyes de la naturaleza derivaban de una visión determinista y reversible en el tiempo, futuro y pasado desempeñaban la misma función, alcanzar la certidumbre es el ideal, incluso para la mecánica cuántica. Por el contrario, en las ciencias sociales, la economía y sociología están dominadas por la noción de incertidumbre. La consideración del caos obligaba a generalizar la noción

de ley de la naturaleza y a introducir en ella los conceptos de probabilidad e irreversibilidad. El caos es consecuencia de inestabilidades y estas tienden a generar aspectos nuevos y esenciales. En efecto, pequeñas perturbaciones en las condiciones iniciales pueden dar pie a trayectorias divergentes (Prigogine, 2009).

Prigogine nos dice:

*Lo que describe a ambas culturas es la manera de describir el paso del tiempo. (...). El tiempo es nuestra dimensión existencial fundamental (...). La introducción del tiempo en el esquema conceptual de la ciencia clásica fue un inmenso progreso. Sin embargo, emborreció la noción de tiempo, porque no se hizo ninguna distinción entre pasado y futuro. En cambio, en todos los fenómenos que percibimos a nuestro alrededor, ya sea en física macroscópica, en química, en biología o en las ciencias humanas, el futuro y el pasado tienen distintos papeles. Encontramos por doquier una <<fecha del tiempo>> (Prigigone, 2009).*

La mecánica newtoniana es una geometría en la que el tiempo es un parámetro más, si se escruta en el presente en las condiciones iniciales con presión infinita, todo queda determinado. El conocimiento es completo, el tiempo no existe y no queda margen alguno para el azar, reina el determinismo a golpe de ecuación diferencial. La angustia existencial de la humanidad deriva de una ciencia que, siendo capaz de explicar el movimiento de los planetas, ignora la irreversibilidad de los procesos vivos, y sitúa al hombre en un mundo que le es completamente extraño (Wagensberg, 2007).

A finales del siglo XIX, la biología darwinista y la termodinámica con sus ideas evolucionistas permitieron que la paradoja del tiempo entrara de nuevo en el ámbito de la ciencia, la flecha del tiempo, la irreversibilidad y el azar socavaron las bases del paradigma newtoniano.

La visión determinista terminó de colapsar con la aparición de la mecánica cuántica, en particular con el principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual postula que no se puede

medir al mismo tiempo la posición y la velocidad de una partícula: “*Si se requiere precisar dónde está la partícula, su momento lineal se vuelve indefinido y viceversa: al tratar de determinar la velocidad dentro de límites ciertos, menos se sabe donde se halla la partícula. De lo anterior se deduce que de acuerdo con la mecánica cuántica, cualquier medición inicial es insegura y que el caos asegura que las incertidumbres sobrepasan la habilidad de poder hacer cualquier predicción*” (Schifter, 2003).

La flecha del tiempo es sin duda creadora de estructuras, es decir, de sistemas que solo son posibles en situaciones sin equilibrio. En otras palabras, la paradoja del tiempo reaparece en contextos de no equilibrio, sin los cuales la vida no sería posible, lo que evidencia el papel constructivo del tiempo. Los fenómenos irreversibles no pueden ser asociados como se pensaba a un aumento del “desorden”, al contrario estos fenómenos tienen un papel constructivo muy importante. Hoy la irreversibilidad no es resultado de nuestra ignorancia, sino un atributo fundamental de las leyes de la mecánica clásica o cuántica. La flecha del tiempo sigue presente, entre más estrecho sea el vínculo entre irreversibilidad y complejidad, entre más nos elevamos en los niveles de complejidad -química, vida, cerebro-, más evidente es el papel constructor y organizador del tiempo (Prigigone, 2009).

Aunque las leyes de la evolución biológica y el segundo principio de la termodinámica<sup>4</sup> fueron formulados simultáneamente a mediados del siglo XIX, el problema de hacer compatible el concepto de muerte térmica y caotización del universo con las ideas de formación de estructuras de la biología evolutiva tomó su tiempo. Este fue el gran mérito de la termodinámica de los procesos irreversibles: reconocer que la autoorganización es una propiedad inherente no solo a los seres vivos; sino que pertenece también a los sistemas abiertos

-entre ellos la economía-, es decir, de los sistemas que intercambian materia y energía con el ambiente, donde la ausencia de equilibrio constituye la fuente de ordenación – en palabras de Prigigone, *sistemas disipativos de orden por fluctuaciones*-. La ruptura epistemológica que plantea la autoorganización a la termodinámica, tiene su origen en la negación del supuesto de relaciones lineales entre los flujos y las fuerzas termodinámicas, cuando ha sido evidente que la formación de estructuras solo puede tener lugar lejos del equilibrio, desde luego, ello implica la necesidad de otros conceptos (OSI-POV, 2003).

El segundo principio de la termodinámica predice el decaimiento de todas las estructuras con el tiempo. La entropía crece sin cesar. Lo ordenado dejará de serlo, tarde o temprano, dando paso al desorden. Aunque el crecimiento de la entropía es un principio general, en nuestro mundo hay infinidad de sistemas que muestran un alto grado de orden. Esta aparente contradicción con la segunda ley de la termodinámica se debe a que esta se aplica a sistemas cerrados, no a los sistemas abiertos que intercambian energía, materia e información con el exterior. De sistemas formados con elementos simples y alejados del equilibrio, la vida se autoorganiza de formas inesperadas. La segunda ley terminará ganando la partida, pero entretanto, muchas cosas pueden suceder, y una de ellas es, sin lugar a dudas, la emergencia espontánea de lo complejo (Solé y Manrubia, 2001).

Ahora bien, es el momento de pasar la frontera de lo lineal a lo no lineal, es decir, de abandonar la proximidad al equilibrio, y poder alcanzar una verdadera discontinuidad en el concepto de cambio y de complejidad. En ese entorno, las ecuaciones cinéticas y fenomenológicas se hacen no lineales, las soluciones se bifurcan, la unicidad del equilibrio se pierde, solo una de las posibles soluciones define al sistema: “*el azar decide*”. Mínimos cambios en las condiciones iniciales - fluctuaciones- hacen que los sistemas dejen de adaptarse y se muevan hacia estados imprevisibles, por estar alejados del equilibrio, a esas estructuras nuevamente se denominan *disipativas de orden por fluctuaciones*. Esta descripción de un sistema con

4 El segundo principio de la termodinámica establece que para un sistema aislado - de procesos irreversibles y fuera del equilibrio - el nivel de entropía crece. En la física, el calor es realmente una medida de desorden, y el desorden se cuantifica como entropía, es decir, la forma como se desordenan ciertos elementos (Baker, 2010).

bifurcaciones permite la coexistencia entre azar y determinismo, en efecto, “*entre dos bifurcaciones reinan las leyes deterministas, pero en la inmediata vecindad de tales puntos críticos, reina el azar*”. De esta conciliación entre azar y determinismo surge el nuevo concepto de historia -la esencia del cambio- que propone la termodinámica moderna con sus elementos fundamentales: leyes no lineales, complejidad espacio-temporal o irreversibilidad y fluctuaciones (Wagensberg, 2007).

En 1908, el matemático francés Henri Poincaré, como resultado de sus diversos estudios sobre las ecuaciones que describen la evolución temporal de varios sistemas, concluye respecto al caos que una causa por pequeña que sea, que no haya sido descrita u observada, creará un efecto notable que no podremos detectar, en cuyo caso afirmaremos que tal efecto se debe al azar (Shifter, 2003).

Además, Poincaré señala que pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden generar cambios mayores en el comportamiento final de un sistema, por más que se trate de precisar esas condiciones iniciales siempre serán aproximadas, en consecuencia la predicción es imposible (Shifter, 2003).

A riesgo de ser esquemático y reiterativo no puedo dar por concluida esta introducción sin una clara definición de complejidad.

Según Edmonds:

*La complejidad es la propiedad de un sistema del mundo real que se manifiesta en la incapacidad de cualquier tipo de sistema formal para capturar adecuadamente todas sus propiedades, su comportamiento completo, aunque se disponga de una información completa de sus componentes y sus interrelaciones (Edmonds, 1995).*

A continuación, se recoge el consenso de varios autores, sobre las propiedades que le son comunes a los sistemas complejos (Olmedo y otros, 2004):

- *Tamaño del sistema:* se refiere tanto a la existencia de un sistema de muchos compo-

nentes, como de un gran número de interrelaciones entre estos.

- *Ignorancia:* la complejidad como causa de la ignorancia.
- *Información:* la complejidad de un sistema puede ser medido por la cantidad de información. Sistemas de componentes diferentes generan más información.
- *Variedad:* la variedad es un sinónimo de complejidad.
- *Orden y desorden:* una de las singularidades de los sistemas complejos es el orden por fluctuaciones.
- *Ausencia de determinismo:* el comportamiento de las partes no permite anticipar con certeza la evolución futura del sistema.
- *Dependencia del pasado:* fuerte sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales.
- *Descomponibilidad limitada:* un sistema complejo tiene una estructura dinámica que es imposible de descomponer en elementos estables.
- *Información y representación distribuida:* un sistema complejo tiene funciones que no pueden localizarse de forma precisa.
- *Emergencia y autoorganización:* un sistema complejo posee propiedades emergentes que se originan de las múltiples interacciones *no lineales* de sus componentes, estas crean patrones y estructuras que aún cuando se originan en el nivel micro, son solo observadas en el nivel macro.

## II. ECONOMÍA Y COMPLEJIDAD

La economía nace en el siglo XVIII<sup>5</sup>, adoptando el paradigma científico clásico -la mecánica determinista newtoniana y el racionalismo cartesiano- con un propósito igualmente definido: la búsqueda de leyes económicas naturales, lineales e inteligibles en las que subyacen el equilibrio parcial y general de los mercados.

En la historia de la economía moderna, el equilibrio ha sido una idea duradera y persistente, este continuó siendo un foco de atención

5 El nacimiento de la economía como ciencia se asocia con la publicación en 1776 del libro de Adam Smith: “El Origen de la Riqueza de las Naciones”.

fundamental desde Walras y Pareto hasta Marshall y Keynes. Las teorías posteriores del crecimiento equilibrado basadas en los modelos del tipo Harrod-Domar, atribuidas a Solow y Hicks, entre otros, serían incomprensibles sin la idea de equilibrio general. Marx, no obstante, fue el primero en haber roto, epistemológicamente hablando, con la idea de leyes naturales y equilibrios inmutables, al introducir una visión histórica –evolutiva– catastrofista del sistema capitalista, no pudo evitar zozobrar en un determinismo social que eliminó por completo el azar y el libre albedrío.

En los años cincuenta, el enfoque estructuralista con sus teorías del desarrollo y sus ideas de tiempo irreversible e industrialización autocentrada, no evitó que las ideas de leyes económicas naturales y mercados en equilibrio se perpetuaran como el pensamiento económico dominante, hasta nuestros días ( De Paz, 2007).

Ahora bien, si la ciencia clásica se ha mostrado insuficiente para las ciencias naturales, más notables han sido sus carencias en las ciencias sociales, la identidad entre objeto y sujeto de conocimiento y el libre albedrío como *fecha del tiempo* ha hecho descarrilar, poco a poco, la idea de leyes naturales, inmutables y permanentes. El equilibrio general, expresión económica de este orden natural convertido en el foco de atención fundamental de la economía convencional, en nada ha contribuido a comprender el equilibrio en lo que realmente es, un estado transitorio y excepcional en la trayectoria evolutiva de un sistema- económico- inestable por naturaleza, en virtud de su sensibilidad a pequeños cambios en las condiciones iniciales.

La crítica que se deriva de los anteriores argumentos a la economía convencional, claramente va más allá del conocido reproche a la falta de realismo de los supuestos, es en realidad de orden superior -de carácter epistemológico-, esta pone de manifiesto que la economía convencional está discapacitada en términos teórico-metodológicos para abordar cuestiones tan fundamentales como: la irreversibilidad del tiempo, el carácter histórico y evolutivo de los sistemas económicos, el papel de las personas (*agentes económicos*) y las instituciones y la imprevisibilidad del cambio (Perona, 2005).

En una dura crítica, Prigogine ha afirmado que la economía se encuentra en tiempos de Galileo, esclava de una visión mecanicista, laplaciana y equilibrista de la realidad, limitada para avanzar en un análisis más rico y complejo de la realidad que permita mejorar su comprensión, primero, para luego dar solución a los problemas fundamentales (Fernández, 1994).

De acuerdo con Fernández, el estado de crisis en la que está sumida la economía en la actualidad se deriva de cuatro problemas fundamentales: el predominio de un enfoque determinista-reduccionista; la falta de unidad tanto en la definición de su objeto de estudio como en la forma de abordarlo, en otras palabras, la economía carece de bases epistemológicas claras y de una filosofía de la ciencia que la soporte; la consecuencia de esa falta de unidad ha sido su fraccionamiento teórico, que no le ha permitido avanzar por procesos evolutivos convergentes y unificadores, hacia una *teoría del todo*; y finalmente la ausencia de respuestas convincentes a las crisis recientes ( Fernández, 1994 ).

Mientras, la teoría del equilibrio general ha llegado a un callejón sin salida, al ignorar las posibles acciones y reacciones de los agentes, al suponer la misma función de utilidad para todos, niega toda posibilidad de beneficios en los intercambios derivados de diferencias individuales. Además, la unicidad y estabilidad del equilibrio requiere del supuesto poco realista de que la sociedad se comporta como si fuera un solo individuo, no obstante, una economía integrada por individuos atomísticos, homogéneos que no interactúan no puede generar una estructura suficiente para sobrevivir. Finalmente, el impacto de la teoría del caos ha roto con el supuesto de que la economía puede actuar sobre la base de predicciones correctas, poniendo en un predicado la teoría de las expectativas racionales. El haber transmutado la economía convencional de la matemática tradicional a la topológica, sustituyendo la lógica determinista por las probabilidades, no ha hecho más que evidenciar la falta de unidad conceptual y su eclecticismo epistemológico (Fernández, 1994).

No obstante, en los últimos años han surgido voces disidentes y de cambio en esta

disciplina, ciertamente no han llegado a conformar una escuela de pensamiento propio, pero habiendo adoptado en sus enfoques los rendimientos crecientes y la competencia imperfecta, se han apartado de las visiones reduccionistas.

Por ejemplo, en la economía industrial encontramos un revaloración creciente del papel de las economías externas en un contexto más realista que supone rendimientos crecientes y competencia oligopolística.

La teoría del desarrollo de los años cincuenta con los aportes de Rosenstein-Rodan, Hirschmann y Myrdal entre otros, hoy traducida a modelos formales de mercados no competitivos con economías externas y rendimientos crecientes, con sus aportes a los problemas del atraso económico gozan de una mejor comprensión (Krugman, 1997).

Por su parte, en los modelos schumpeterianos con innovación endógena y competencia imperfecta las empresas con poder de mercado se apropian, por algún tiempo, de las ventajas que brinda la investigación y desarrollo; cuando la empresa pierde esa ventaja, estas se generalizan a toda la industria en la forma de economías externas y rendimientos crecientes.

Finalmente, como lo sugiere Krugman (2012), en el tanto el comercio mundial opere como un sistema de macroorganización industrial, los resultados son idénticos a los mencionados. El comercio mundial, en un escenario de competencia imperfecta, innovación tecnológica, economías de escala, diferenciación de producto y políticas regulatorias es hoy un foco de creciente atención en nuestra disciplina.

En conclusión, el abandono de posiciones reduccionistas en algunas corrientes pioneras han allanando el camino a una disciplina económica más rigurosa, científica, unificada e integradora y más próximo a la realidad.

### III. LA ECONOMÍA COMO UN SISTEMA COMPLEJO: BASES PARA UN NUEVO PARADIGMA

Los aportes de la ciencia de la complejidad y el reconocimiento, tanto en física y en biología como en el mundo social, de la

formación de estructuras autoorganizadas o sistemas complejos, por un lado, y las debilidades o carencias manifiestas de la economía convencional, por otro, han abierto el camino a un nuevo paradigma: la economía compleja.

La economía compleja parte de reconocer que la economía es ante todo una ciencia social en la que interactúan personas, grupos, instituciones y sociedades y no objetos. La economía emerge como resultado de una praxis social, donde las personas con capacidades limitadas interactúan mediante acciones y reacciones<sup>6</sup>, tomando decisiones en un ambiente de incertidumbre e información incompleta, nada más lejano del mundo de autómatas económicos, homogéneos y racionales que supone la economía convencional.

La economía de la complejidad es igualmente una economía de la negociación y la participación, las acciones y reacciones de las personas e instituciones en el mercado conducen a acuerdos o estados transitorios, que tienen lugar en trayectorias no lineales fuera del equilibrio, - siendo el equilibrio la excepción no la norma-, mientras los desequilibrios pueden eventualmente ser gestionados en la medida de las capacidades tanto del Estado, como del marco regulatorio.

Ahora bien, si el sistema económico es suficientemente no lineal, las fluctuaciones económicas pueden tener origen tanto por factores endógenos -sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales o a la dinámica caótica del sistema- como a perturbaciones externas. No obstante, conviene aclarar que la economía no es estable aun en ausencia de *shocks externos*.

Los mercados, como las organizaciones y las relaciones humanas, son *sistemas de retroacción*, cada acción de un individuo genera

6 La retroalimentación es una conexión entre la salida de un sistema y su entrada, en otras palabras, un bucle de causalidad-efecto, donde de nuevo se retroalimenta la causa. Esta retroalimentación puede ser negativa, en cuyo caso tiende a estabilizar el sistema y conduce al orden, o bien puede ser positiva y llevar a la inestabilidad, al caos. En virtud, de que la retroalimentación resulta en no linealidad, ello le establece restricciones al comportamiento del sistema que conducen a la impredecibilidad (Complex Sistem Glossary).

una retroacción en los demás, lo cual tendrá un impacto en su acción siguiente. Es precisamente la retroalimentación y la coevolución que ese comportamiento supone, lo que hace que estas relaciones sean no lineales. Mientras en un sistema lineal hay un solo efecto para una causa, es decir, no hay dilema de elección, el efecto combinado de dos causas diferentes es la suma de los efectos de cada causa considerada individualmente. En otras palabras, los sistemas lineales pueden ser solucionados y comprendidos cabalmente reduciéndolos a sus partes componentes, el todo es simplemente la suma de las partes. Por el contrario, en los sistemas no lineales, como una causa puede tener diversos efectos, la elección entre varias opciones provoca que el sistema sea más que la suma de las partes, lo que hace prácticamente imposible comprenderlo mediante un simple análisis de sus componentes (Parker y Stacey, 1996).

Los sistemas no lineales operan con retracciones negativas y positivas. Por ejemplo, en un sistema de calefacción central doméstico, la retracción es negativa, una vez establecida la temperatura deseada, un sensor mide la temperatura real del ambiente y la compara con el nivel deseado, la desviación de temperaturas alimenta al sistema de control para encenderlo, si la temperatura es demasiado baja o para apagarlo, si es demasiado alta. El modelo keynesiano es igualmente un sistema de retracción negativa, en el sentido de que la política fiscal está diseñada para atenuar las variaciones en el nivel de actividad económica, buscando impactar directamente la *demanda agregada* de manera similar como un sistema de calefacción central ajusta la temperatura de un ambiente. La retroalimentación positiva en lugar de ajustar el sistema según las discrepancias observadas entre el parámetro real y el esperado, de manera que la brecha entre ambos pueda reducirse, tiende a reforzar las desviaciones del sistema, ensanchando progresivamente la brecha. En conclusión, mientras la retroacción negativa tiene un efecto amortiguador y estabilizador, la positiva cumple una función amplificadora y desestabilizadora. El manejo expansivo de la demanda agregada en la economía puede crear efectos similares en determinadas cir-

cunstancias. La retroacción positiva aparece de diferentes formas en la economía como: crecimiento auto-sostenido, externalidades positivas, rendimientos crecientes, reacciones en cadenas, profecías autocumplidas y círculos virtuosos o viciosos (Parker y Stacey, 1996).

En la economía neoclásica, tanto en el nivel micro como macroeconómico, las formas de control asemejan a un sistema de retroacción negativa, dicho mecanismo tiene como objetivo producir normas de conducta predecibles, las cuales permiten la óptima adaptación del mercado a un ambiente que se asume dado o conocido. En esas circunstancias, el sistema económico es atraído a un punto, es decir, a un estado de equilibrio estable, el sistema solo se moverá de ese punto, si es expuesto a un evento externo. Por lo tanto, en la economía neoclásica, nada nuevo e innovador puede tener lugar en su seno que pueda inducir al cambio.

En este contexto, el equilibrio es una alternativa, una elección, el sistema gobernado por una retroacción negativa tenderá necesariamente a un equilibrio estable, por el contrario, si es regido por una retroacción positiva se moverá al desequilibrio, el carácter no lineal de estos sistemas permite mantener la inestabilidad dentro de ciertos límites.

Así, en la economía compleja como un sistema de retroacción no lineal, el equilibrio no es una alternativa o una elección; el azar y determinismo coexisten y la estabilidad tiene su origen en un mundo de fluctuaciones. Los procesos de retroacción positiva amplifican y propagan las perturbaciones, pudiendo conducir a economías y mercados por trayectorias de fuerte inestabilidad y pérdida de control. No obstante, en los sistemas no lineales, complejos y caóticos, algunas de estas perturbaciones están limitadas por la existencia de lo que algunos científicos llaman *atractores extraños*. El *atractor extraño* se relaciona con oscilaciones complejas, no alrededor de un punto, sino de un conjunto de puntos, al que son atraídos los movimientos que tienen lugar en su cercanía, por lo tanto, estos movimientos están limitados por el campo de acción del atractor.

El sistema lejos de estar en equilibrio, es estable e inestable, no por la presencia de



*shocks* externos o ruidos estocásticos como plantea la economía convencional, sino por la inestabilidad del sistema mismo. Esta inestabilidad intrínseca de los sistemas complejos se debe a su alta dependencia y sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales, esa es precisamente la cualidad que hace a estos sistemas impredecibles y caóticos. En efecto, un cambio en los parámetros o condiciones iniciales, - muchas veces poco conocidas en los sistemas económicos- pueden ser amplificadas y causar enormes variaciones en el comportamiento del sistema.

Además, los sistemas complejos por sus *propiedades emergentes* son capaces de generar espontáneamente procesos de auto-organización. La emergencia es la propiedad de un sistema de generar un comportamiento adicional creativo e innovador, capaz de agregar una nueva característica *funcional*, que no es el resultado de la simple agregación de sus partes constituyentes. El automóvil, por ejemplo, es una propiedad emergente de la interconectividad de sus partes. Dicha propiedad desaparece si las partes son desmontadas y amontonadas en un lugar. Ahora bien, si la organización es el arreglo de partes seleccionadas para crear una específica función de un sistema, y la autoorganización es un atributo de un número pequeño de todas las posibles combinaciones de los espacios de estado de un sistema; la diversidad y complejidad de estos sistemas demanda enfoques más amplios, que permitan reconocer formas de autoorganización también en sistemas en el que algunas partes pueden lucir como el todo. A estas formas de autoorganización se les denomina autosimilares -*self-similarity or Phase space diagrams- o fractales*<sup>7</sup>.

Un fenómeno que obedece a leyes de potencia tiene el mismo aspecto, independientemente de con cuál escala lo contemplemos. La conducta de similitud o escala independiente o *fractal* es típica de los sistemas autoorganizados. Las leyes de potencia las encontramos

cuando una gran cantidad de elementos interactúan entre ellos para producir una estructura de nivel superior. Estos elementos constituyentes del sistema tienen una historia común, a lo largo de la cual las interacciones locales han podido extenderse por todo el sistema. Estos sistemas evolucionan lejos del equilibrio, y habitualmente son sistemas altamente disipativos (Braun, 2009).

En conclusión, la autoorganización es la evolución de un sistema de forma organizada en ausencia de presiones externas, desde una gran región del espacio de estado del sistema hacia una área más pequeña y persistente, a la que hemos denominado anteriormente *atractor extraño* (Complex System Glossary).

En palabras de Prigionne, las estructuras disipativas ponen de manifiesto que *la emergencia* es una propiedad fundamental de los sistemas complejos. Los sistemas complejos pueden captar energía e información del ambiente, haciendo que esta se disipe en el sistema, formando patrones irregulares o estructuras -*disipativas*- capaces de generar renovación en el sistema mediante procesos de autoorganización, que desplazan el sistema de un estado de perfecto orden a un orden más complejo por fluctuaciones. De un estado de equilibrio estable, el sistema pasa a un estado caótico, donde la destrucción da vida a la creación de algo nuevo, en un proceso similar a lo que Joseph Schumpeter denominó en economía *destrucción creativa*.

Los sistemas disipativos utilizan la retroacción positiva para amplificar las fluctuaciones y destruir los viejos patrones para sustituirlos por otros irregulares o caóticos, mientras generan sus propias estructuras o formas de autoorganización, dando pie en ciertos puntos críticos a múltiples elecciones. Además, estas estructuras disipativas al ser sensibles a cambios en las condiciones iniciales, hacen que estos sistemas tomen trayectorias inesperadas e impredecibles, evolucionen en su complejidad y emerjan de un nuevo orden sin que medie un propósito deliberado.

Los mercados son esencialmente estructuras disipativas de estabilidad y desequilibrio, donde las formas de autoorganización espontánea que

7 Un objeto que presenta la misma estructura al cambiarse indefinidamente la escala de observación, recibe el nombre de fractal. Esta característica de los fractales se llama autosimilitud (Braun, 2009).

las acciones y reacciones de los agentes económicos generan no solo son impredecibles, sino que no pueden ser objeto de políticas económicas dirigidas a alcanzar objetivos o metas en el largo plazo. En consecuencia, el largo plazo es incognoscible, más por la lógica intrínseca del sistema que por los impactos exógenos que puedan incidir en él.

*En un sistema caótico, el porvenir es abierto, sin un límite preciso e inherentemente incognoscible (Parker y Stacey, 1996).*

El sistema económico formado de agentes -humanos múltiples y heterogéneos- que se adaptan y/ o reaccionan al *mercado*, - estructura que ellos cocrean-, como cualquier sistema complejo es un sistema en proceso, que se autoorganiza y coevoluciona siguiendo la fecha del tiempo (Arthur, 1999).

La economía convencional elude analizar el desarrollo de los patrones que crean los agentes económicos -estructuras de mercados-, los cuales a la vez generan acciones y reacciones de dichos agentes en el tiempo; por el contrario simplifica su comportamiento, con un único propósito analítico : explicar bajo cuáles condiciones tiene lugar el equilibrio de mercado. En efecto, la teoría del equilibrio general se pregunta: ¿qué precios y cantidades son consistentes para no inducir más incentivos al cambio y garantizar que en todos los mercados se iguallen de forma simultánea oferta y demanda?; la teoría de juegos por su parte se pregunta: ¿qué estrategias, movimientos y asignaciones son coherentes para no inducir más reacciones?; y finalmente, la economía de las expectativas racionales se pregunta: ¿qué tipo de expectativas es propia de una situación de equilibrio de los mercados? (Arthur, 1999).

La crítica de la teoría del caos a las expectativas racionales radica en que, aunque suponga información imperfecta y una mayor capacidad de los agentes de mejorar su previsibilidad mediante procesos adaptativos, la incertidumbre que supone el caos impide de partida que los agentes económicos puedan

construir un modelo coherente del mundo, las expectativas de los agentes sobre las acciones y reacciones de unos y otros inevitablemente tenderán a diferir. *Ante la incertidumbre no podemos saber lo que no sabemos* (Parker y Stacey, 1996). Por lo tanto, la economía convencional solo estudia los patrones que conducen al equilibrio de los mercados, es decir, aquellos que no tienen capacidad de generar cambios o fluctuaciones adicionales que los alejen del equilibrio.

La economía de la complejidad no niega que las acciones y reacciones de los agentes económicos y las estructuras de mercado que estos cocrean puedan generar estados de equilibrio transitorios, pero sostiene que el equilibrio no es la norma, sobre todo en un sistema como el económico que coevoluciona con *la fecha del tiempo*. Por lo tanto, la economía de la complejidad no es un corolario de la economía convencional, representa una ruptura epistemológica de enormes consecuencias, es ciertamente una teoría más general del equilibrio, sí, pero del equilibrio por *fluctuaciones*.

En economía, la no linealidad en la forma de retroalimentación positiva surge de *los rendimientos crecientes*, con sus propiedades emergentes son capaces de crear una estructura organizada fuera del equilibrio, denominada mercado de competencia imperfecta. En general, la economía convencional, presupone a los rendimientos decrecientes, para garantizar que se pueda alcanzar un equilibrio único y predecible. Por ejemplo, si una empresa toma la delantera en el mercado frente a sus competidoras, los mayores costos y otras retroalimentaciones negativas impedirán a la empresa poder alejarse de un estado de equilibrio único e inevitable. Por el contrario, si las fluctuaciones en la vecindad del equilibrio fuesen suficientemente grandes para transformar los rendimientos decrecientes en crecientes, la empresa podría seguir una trayectoria que le permitiría tomar una ventaja considerable frente a sus competidores en ese mercado. En otras palabras, cualquier cambio, por pequeño que fuese, en las condiciones iniciales de este hipotético mercado, podría provocar que otra empresa rival tome el control del mercado.

Las propiedades que afloran de esta particular estructura de mercado, no son diferentes a las que en su momento atribuimos a los sistemas complejos: no linealidad, fluctuaciones, irreversibilidad, *fecha del tiempo*-dependencia de la trayectoria histórica-equilibrios múltiples, imprevisibilidad, asimetría y ineficiencia. Los rendimientos crecientes con sus propiedades emergentes<sup>8</sup> permiten conceptualizar a la economía como

un sistema que coevoluciona y se autoorganiza con *la fecha del tiempo*, mediante fluctuaciones y retroalimentaciones positivas, en trayectorias estocásticas no lineales, es decir, como un *sistema complejo* (Arthur, 1999).

El siguiente cuadro, a manera de síntesis, recoge las diferencias fundamentales que separan a la economía compleja de la economía convencional:

---

8 Krugman (1997) citando a Philip Anderson premio Nobel de Física, señala que la complejidad es la ciencia de *lo emergente*. Propiedad, en la que conjuntos de elementos, sean estos neuronas o consumidores, manifiestan un comportamiento colectivo muy distinto del que cabría esperar de una simple agregación de sus comportamientos individuales. Cuando Adam Smith afirma que el mercado se conduce por los dictados de una *mano invisible*, ¿de qué nos está hablando sino de una propiedad emergente? El denominador común de estos conjuntos de elementos con propiedades emergentes es la autoorganización de manera espontánea. Finalmente, Krugman concluye: ¿Puede decirse entonces que, en ese sentido, la economía es un sistema de autoorganización? Naturalmente que sí.

	Economía Compleja	Economía convencional
Dinámica	Papel constructivo del tiempo: sistemas abiertos, dinámicos, no lineales y en desequilibrio.	Leyes deterministas y reversibles independientes del tiempo: sistemas cerrados, estáticos, lineales y en equilibrio.
Agentes	Heterogéneos, de racionalidad limitada, aprenden a adaptarse en el tiempo en función de su experiencia y disponen de información incompleta.	Homogéneos, indiferenciados, individuos egoístas que toman decisiones basados en principios de marginalidad y maximización, no cometen errores ya que disponen de información perfecta.
Redes	Formación de distintas redes y estructuras que surgen de las interacciones: acciones y reacciones de los individuos. Relaciones de tipo causa-efecto-causa: retroalimentación.	Los agentes solamente interactúan indirectamente por la mediación de las mercancías, a través del mecanismo de precios en los mercados. Relaciones del tipo causa-efecto.
Emergencia	Los patrones macro son un resultado emergente de las múltiples interacciones que los individuos tienen en el nivel micro, aún cuando no sean observadas en el nivel macro.	Macro y microeconomía forman disciplinas separadas.
Co-evolución y Auto-organización	Interacción entre los individuos en un ambiente de cambio, adaptación y diferenciación mediante procesos evolutivos que proveen al sistema económico: innovación, orden y complejidad.	Sin flecha del tiempo no existe un mecanismo endógeno de innovación, crecimiento, orden y complejidad.
Tecnología	La tecnología es fluida y endógena al sistema.	La tecnología está dada y determinada exógenamente, de lo contrario se rompería el supuesto de rendimientos constantes a escala, fundamental para garantizar el equilibrio perpetuo.
Preferencias	Las preferencias son diversas y múltiples, los individuos no son necesariamente egoístas.	Las preferencias están dadas, los individuos son egoístas y asumen una conducta maximizadora.

Continuación...

	Economía Compleja	Economía convencional
Externalidades	La flecha del tiempo pone a la economía en constante cambio, los rendimientos crecientes, las economías de aglomeración, las externalidades y los costos de transacción, entre otros, llevan a la economía por trayectorias de cambio, desequilibrio y autoorganización.	Los rendimientos decrecientes a escala y las externalidades no son lo suficientemente importantes para hacer abandono de la zona de confort que genera la vecindad del equilibrio.
Instituciones	Las instituciones juegan un papel fundamental en la creación de orden y estructuras.	La sociedad es un telón de fondo.
Orígenes	Basada en la biología evolutiva, la física de los sistemas disipativos y en parte en la mecánica cuántica y en la termodinámica.	Basada en la física y en la mecánica del siglo 19. Construida sobre la búsqueda leyes naturales, donde privan principios fundamentales como: el equilibrio, la estabilidad, la reversibilidad y el determinismo.
Elementos	Patrones y posibilidades.	Precio y cantidad.

Fuente: Elaboración basada en (Perona, 2005), (Olmedo y otros, 2004), (Arthur y otros, 1997) y (Complejidad y Economía, Iván Tercero Talavera /Coevolución.net) y (Prigóine, 2009)

#### IV. CLUSTERS, MERCADOS DE COMPETENCIA IMPERFECTA, AUTO ORGANIZACIÓN Y SISTEMAS COMPLEJOS

Los sistemas complejos tienden a la autoorganización, en el sentido de que las interacciones locales producen formas de coordinación global y sinérgicas. La estructura resultante puede ser modelada en muchos casos como una red, con interacciones estables que funcionan como enlaces que conectan a los agentes, sean estos: empresas, células, personas o consumidores. Estas redes típicamente complejas (no lineales e impredecibles) y proclives a la autoorganización muestran propiedades de *clustering*, son libres de escala y forman un pequeño mundo o sistema (Heylighen, 2008).

Los *clusters* o redes de empresas, los mercados de competencia imperfecta como los sistemas complejos, se caracterizan por generar numerosas interrelaciones muchas veces dispersas y heterogéneas, en las que no siempre es fácil establecer una jerarquía clara.

Los *clusters* tampoco son ajenos a los procesos de retroalimentación positiva, las economías de aglomeración<sup>9</sup> y las economías externas, que la proximidad espacial crea, permiten a las empresas operar bajo rendimientos crecientes.

*Los entornos económicos complejos a menudo presentan rendimientos crecientes de algún tipo.*

*Una de las razones es que los rendimientos crecientes pueden ser la consecuencia de las relaciones de retroalimentación positiva. Por ejemplo, dos científicos que trabajan juntos pueden, a través de la interacción de diferentes*

*perspectivas, avanzar con más rapidez que si cada uno trabajara en aislamiento (Durlauf, 1997).*

La razón fundamental que lleva a la aglomeración de empresas y a la formación de un *cluster* es la vecindad geográfica, es decir, la capacidad que tiene la proximidad espacial en un mercado de generar economías externas: menores costos de transacción, un mercado de trabajo especializado, la libre circulación de ideas y conocimiento -el conocimiento como bien público- y una mayor división social del trabajo -más empresas en diferentes actividades productivas-.

En la teoría existen dos enfoques fundamentales que explican el origen de los beneficios derivados de la aglomeración de empresas: la visión marshalliana (Marshall, 1920), que la atribuye a la presencia de *economías de escala externas*, las cuales se producen cuando los menores costos unitarios (rendimientos crecientes) se originan en el tamaño de la industria y no en el de cada empresa individual; es decir, la eficiencia de las PYMES (costos decrecientes) puede verse incrementada al operar para un mercado más amplio. Por otra parte, para el enfoque de localización (Weber, 1929 y Hoover, 1937), las PYMES derivan sus beneficios de lo que denominan *economías de aglomeración*, las cuales tienen su origen en los menores costos de transporte y transacción que les genera la concentración espacial. Ambos enfoques coinciden en señalar que tanto las *economías de escala externas como las economías de aglomeración* tienen en común un origen espacial derivado de la proximidad entre las empresas. La nueva geografía económica, mediante un esfuerzo integrador de ambos enfoques, establece que la aglomeración de empresas surge de la interacción entre rendimientos crecientes, costos de transporte y factores de demanda -proximidad a mercados de compradores y proveedores- (Krugman, 1997). Dada la aglomeración de empresas y su corolario, los rendimientos crecientes tienden a romper con los supuestos fundamentales de la competencia perfecta, ello permite sugerir que la competencia imperfecta es la estructura de

<sup>9</sup> Las teorías de la localización (Weber, 1957; Isard, 1956 y Voon Thunen, 1826) y del lugar central (Cristaller, 1966), asumiendo como exógenos la demanda de mercado, su distribución geográfica y las dotaciones de recursos locales, asumieron que los costos de transporte y la distancia a los mercados eran los factores determinantes que explicaban la localización y distribución espacial de las actividades económicas.

mercado que subyace en la dinámica y funcionamiento de los *clusters* (Acuña, 2009).

Los mercados de competencia imperfecta son sistemas abiertos, dinámicos y no lineales<sup>10</sup>, que coevolucionan siguiendo trayectorias de no equilibrio, mediante procesos de cambio, adaptación y aprendizaje. Los mercados de competencia imperfecta muestran también una fuerte dependencia y sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales, *la flecha del tiempo* cuenta. Es decir, las condiciones del pasado determinan las trayectorias futuras<sup>11</sup> y mínimas variaciones en los parámetros iniciales pueden producir enormes cambios en el sistema. Esta característica es lo que hace impredecibles a los sistemas complejos<sup>12</sup>. Los

10 Una lección importante de los modelos económicos complejos es que las no linealidades son endémicas cuando los efectos de retroalimentación positiva están presentes (Durlauf, 1997).

11 Durlauf S. (1997) señala de manera categórica que la dependencia de la trayectoria -la historia importa- es en realidad la versión dinámica de los efectos de retroalimentación positiva. Por ejemplo, las innovaciones tecnológicas en la economía tienen consecuencias permanentes.

12 Los sistemas complejos adaptativos se autoorganizan gracias a la interacción local de sus componentes. Intervienen allí los mecanismos de retroalimentación y no linealidad. Los agentes están constantemente explorando el ambiente buscando picos de adaptación en los paisajes de ajuste que mejor le favorezcan. Existen varios atractores y los agentes pueden fluctuar entre uno y otro. Pequeñas perturbaciones en el ambiente o ruido pueden desencadenar la auto-organización. Este fenómeno de auto-organización más la selección natural están en la base de la evolución. Los sistemas intercambian señales y recursos con el ambiente. Estos mecanismos se han utilizados en los estudios de vida artificial, reproducción, sexualidad, conducta de los enjambres y coevolución. Se utilizan reglas mínimas. Los mecanismos utilizados son los de la competencia y la cooperación. Por ejemplo, los procesos de autoorganización que tienen lugar en el funcionamiento del cerebro, ocurren en ausencia de una estructura superior de control, la interacción de las neuronas garantizan el funcionamiento global del cerebro. Los sistemas complejos y los procesos de autoorganización que les son característicos prosperan en el azar, las fluctuaciones y el ruido, ello los hace robustos y resilientes (Heylighen, 2008).

mercados de competencia imperfecta no lineales y abiertos pueden igualmente ser reconocidos como estructuras disipativas que intercambian conocimiento, recursos y energía con su entorno globalizado.

Los mercados de competencia imperfecta constituyen sin lugar a duda un sistema complejo, con sus propiedades emergentes resultado de las múltiples interrelaciones no lineales que los agentes económicos establecen entre sí, capaces de generar formas novedosas de autoorganización de la producción como los *clusters*. Dada la singularidad que las propiedades emergentes dan a los sistemas complejos, los *clusters* no son plenamente comprensibles en su totalidad, como consecuencia de un simple ejercicio de conocimiento y agregación de las empresas que los conforman. El sistema económico, que emerge de esa estructura de mercado, sensible a cambios en las condiciones iniciales y dinámicas por naturaleza, tampoco permite que se pueda anticipar su evolución futura del conocimiento de sus partes.

En un mercado de competencia imperfecta, no-lineal por naturaleza, las empresas tienen la propiedad de desarrollar formas de retroalimentación positiva en la forma de economías de aglomeración y rendimientos crecientes. Las empresas reconocidas como heterogéneas tienden a tomar decisiones, aunque pueden aprender con el tiempo, en un entorno de incertidumbre, imprevisibilidad e información incompleta.

En la economía compleja, los patrones macroeconómicos son una propiedad emergente de las interacciones que tienen lugar en los niveles microeconómicos del sistema económico. En los *clusters* los procesos evolutivos de cambio, adaptación y diferenciación son una fuente de innovación tecnológica que proveen de forma endógena orden y complejidad a esta particular forma de organización de la producción.

En los territorios donde las pequeñas empresas forman redes o *clusters* alrededor de una actividad económica, la proximidad espacial tiene la propiedad de favorecer la aparición de economías de aglomeración y rendimientos crecientes, la estructura de mercado subyacente

a estas formas de autoorganización de la producción la denominamos competencia imperfecta. En ese entorno, las pequeñas empresas liberadas de las amarras que les imponen las economías de escala internas, pueden ahora movilizar y canalizar sus recursos y capacidades locales para operar de manera eficiente y competitiva tanto en mercados nacionales como globales (Acuña, 2012).

En efecto, las economías de escala externas y los rendimientos crecientes permiten a las empresas crear mercados conjuntos y especializados de mano de obra, insumos y servicios; así como reducir los costos de transporte y transacción, y eventualmente apropiarse de las externalidades pecuniarias y tecnológicas, disponibles solo en mercados geográficamente cercanos (Acuña, 2011).

En otros términos, la aglomeración produce una fuerte atracción y localización de nuevas empresas –*causación circular acumulativa*–, lo que refuerza en forma ampliada la base de innovación, conocimiento y competitividad de las empresas que operan en ese territorio (Acuña, 2011). La causación circular acumulativa que genera *el efecto cerrojo* de la aglomeración alrededor de la empresa líder que opera con tecnologías de rendimientos crecientes –Silicon Valley– puede ser causada por acontecimientos casuales o históricos (Tello, 2010).

La organización espacial de la producción conduce necesariamente a considerar la innovación y el conocimiento como las fuerzas motrices de la aglomeración de empresas, es decir, de la formación de *clusters*. Los *clusters* emergen de las ventajas que la generación de conocimiento aporta a las empresas en un entorno innovador. Basta que una empresa innovadora logre desarrollar un nuevo producto exitoso en el mercado, para que otras empresas a través de un proceso continuo y acumulativo sean atraídas a ese mercado, dando lugar a la formación de un *cluster*. El *cluster* produce una fuerte atracción entre las nuevas empresas, empresas que a su vez atraen a otras fortaleciendo al *cluster* y haciendo crecer de forma ampliada su base de innovación, conocimiento y competitividad. Entre los factores de atracción y localización que despiertan el interés de

las empresas innovadoras destacan: la disponibilidad de servicios públicos, infraestructura física y conectividad, recursos humanos calificados, conocimiento tecnológico, acumulación originaria de capital de actividades productivas agrícolas y/o comerciales y capacidades de emprendimiento acumuladas en actividades productivas previas.

La razón fundamental que lleva a la aglomeración de empresas y a la formación de un *cluster* es la vecindad geográfica, es decir, la capacidad que tiene la proximidad espacial en un mercado de generar economías externas: menores costos de transacción, un mercado de trabajo especializado, la libre circulación de ideas y conocimiento –el conocimiento como bien público– y una mayor división social del trabajo –más empresas en diferentes actividades productivas–.

Las estrategias de las empresas condicionan la aparición del *cluster*, pero son factores de atracción del territorio los determinantes. Los *clusters* expuestos constantemente a la competencia, la innovación y a las cambiantes condiciones de los mercados nacen, se desarrollan y se transforman.

En conclusión, la tecnología de rendimientos crecientes crea procesos de autoorganización en trayectorias que pueden conducir a equilibrios múltiples, donde ciertas condiciones económicas, históricas y casuales determinan que equilibrio se produce (Tello, 2010).

## V. GLOBALIZACIÓN, CLUSTERS, AUTOORGANIZACIÓN Y TERRITORIO

La globalización afecta el tamaño y la localización de las empresas de dos formas opuestas y simultáneas. Por un lado, las economías de escala internas favorecen a las empresas de gran tamaño y a su concentración territorial; por otro, las economías externas de flexibilidad y diferenciación estimulan a las pequeñas empresas y contribuyen a su dispersión, no obstante, la alta tasa de mortalidad de las empresas aisladas, también hace que las economías de escala externas y los rendimientos crecientes contribuyan a la creación de redes de empresas (Bosier, 2005).



Los *clusters* o redes de empresas representan un nuevo tipo de organización espacial de la producción, una forma intermedia entre los mercados competitivos y los sistemas productivos jerárquicos, y por su clara inserción territorial, tienen una fuerte incidencia en el desarrollo local (Acuña, 2011).

El desarrollo local dependiente de las condiciones iniciales y de la trayectoria en el tiempo de esas comunidades, es un proceso de cambio estructural, histórico irreversible y evolutivo, esencialmente endógeno, a pesar de que una parte importante de su base material pueda ser exógena, y finalmente, puede tener lugar en uno o varios territorios como un hecho singular e irreplicable (Boisier, 2005).

Los territorios donde los cambios estructurales dan origen a la formación de redes de empresas o *clusters*, alrededor de una actividad económica particular, por ejemplo, el ecoturismo, tienen la propiedad de generar procesos de desarrollo económico local, mediante la movilización de los recursos y capacidades locales. En esas condiciones, el desarrollo económico local bien puede ocurrir sin problema en territorios de menor jerarquía.

*El territorio se transforma en una suerte de variable dependiente en la función de crecimiento innovador. Por lo tanto, las localidades y los territorios están siendo más y no menos importantes en su contribución a la innovación y cambio tecnológico* (BOSIER, 2005).

La competencia si bien es un atributo de las empresas y/o de su accionar conjunto, dicha capacidad se ve reforzada en territorios competitivos e innovadores, donde las interacciones público-privado y la calidad de las instituciones y las organizaciones, tienden a favorecer el desarrollo de sistemas locales de innovación (Lundvall, 1992).

De esta forma, las economías de aglomeración son externas a las empresas pero internas a los territorios. La atracción y localización de empresas en un territorio se ve favorecida también por la disponibilidad de servicios públicos, la calidad de la infraestructura física, la

conectividad, los recursos humanos calificados, el conocimiento tecnológico y el clima de innovación (Acuña, 2011).

Por ejemplo, los factores que hacen a las ciudades crisoles del desarrollo económico se relacionan con la capacidad de los núcleos urbanos de crear externalidades, diversificar la producción, fomentar la interacción y la formación de redes de empresas, y finalmente, constituir un espacio de encuentro de diversos actores y formas de emprendimiento, que favorecen e incentivan la innovación. En las ciudades, las empresas ahí localizadas tienden a favorecerse tanto de la formación de mercados de trabajo conjuntos y factores de producción calificados, especializados y predecibles, así como de proveedores y clientes diversos y sofisticados. Además, las empresas terminan beneficiándose también de las externalidades tecnológicas que la aglomeración urbana genera, dada la facilidad con la que ocurre el intercambio de ideas y conocimientos (Acuña, 2011).

Los procesos de desarrollo urbano se autogeneran a una escala ampliada económica y territorialmente, en la medida que más empresas son atraídas y localizadas en la ciudad y a su región circundante, buscando capturar las externalidades tecnológicas y/o de mercado, que la propia aglomeración urbana genera. Las pequeñas empresas aglomeradas y liberadas de las barreras de entrada que imponen las economías de escala, sujetas a menores costos de producción, coordinación y transacción, pueden ahora capturar las nuevas oportunidades de negocios que los mercados urbanos generan, atendiendo a criterios de rentabilidad y eficiencia.

#### IV. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA ECONÓMICA

Este artículo nos ha permitido concluir que la ciencia compleja con su visión de la realidad como un sistema múltiple, evolutivo y complejo no solo ha contribuido a falsear las bases epistemológicas de la ciencia clásica con su ideas de leyes naturales e inmutables, sino que también ha abierto a otras disciplinas científicas -como la economía- una nueva frontera

de posibilidades de conocimiento, planteando la posibilidad de capturar la realidad: biológica, física o social, como un sistema no lineal en desequilibrio que coevoluciona y se auto-organiza en el tiempo. Fue en efecto, la presencia de la fecha del tiempo en la biología darwinista y en la termodinámica lo que introdujo, en el ámbito de la ciencia, principios tan fundamentales como la irreversibilidad y el azar, y lo que socavó las bases del paradigma newtoniano. La ciencia compleja ha hecho evidente una premisa fundamental: entre más estrecha sea la relación entre irreversibilidad y complejidad, más claro e irrefutable es el papel constructor y organizador del tiempo.

A lo largo de este artículo he señalado mediante diversos argumentos que la autoorganización es, ante todo, una propiedad general de los sistemas abiertos, los cuales intercambian información, materia y energía con su entorno y evolucionan con la flecha del tiempo, en trayectorias donde el *no equilibrio* constituye la principal fuente de ordenación. Esta idea fundamental fue la que me motivó a asumir el reto de repensar, mediante este modesto aporte, el sistema económico como un sistema complejo. Para ello, basta que la economía pase de lo lineal a lo no lineal, para que la *unicidad del equilibrio* desaparezca, y mínimos cambios en las condiciones iniciales lleven al sistema económico por los senderos de la inestabilidad, la imprevisibilidad y la crisis.

La economía nacida en el siglo XVIII, en cuanto pudo, adoptó los mismos propósitos de la mecánica determinista: búsqueda de leyes económicas naturales e inmutables que perpetuaran el equilibrio de los mercados. Pero, tan pronto como la retracción positiva, la coevolución y la fecha del tiempo hicieron de las crisis económicas un fenómeno recurrente, el equilibrio de los mercados resultó una quimera. Esto ha inhabilitado a la economía convencional a comprender cuestiones tan fundamentales como: la irreversibilidad del tiempo, el carácter histórico, coevolutivo e imprevisible de los sistemas económicos.

Prigogine, en una dura crítica a la economía convencional, concluye al respecto: *“la economía todavía se encuentra en tiempos de*

*Galileo, hipotecada de una visión mecanicista, laplaciana y equilibrista de la realidad, por lo tanto, limitada para alcanzar una comprensión más rica y compleja de la realidad que la faculte para dar solución a los problemas fundamentales”* (Fernández, 1994).

No obstante, los efectos devastadores y profundos de las crisis económicas recientes han permeado a las principales corrientes, incluso las más ortodoxas, a admitir discusiones sobre cuestiones relacionadas con información imperfecta, racionalidad limitada, rendimientos crecientes, innovación endógena y competencia imperfecta, aunque muchas de estas tiendan a socavar algunos de sus supuestos fundamentales.

En la economía compleja, como hemos demostrado, los procesos de retroacción positiva no lineal amplifican y propagan las perturbaciones, causando que las economías y los mercados sigan trayectorias de fuerte inestabilidad y pérdida de control. El sistema económico, lejos de estar en equilibrio, es estable e inestable, no por la presencia de *shocks* externos o ruidos estocásticos como plantea la economía convencional, sino por la inestabilidad del sistema mismo. La inestabilidad intrínseca del sistema es el resultado de la fuerte dependencia y alta sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales, cualidad que hace a los sistemas complejos impredecibles y caóticos.

Paradójicamente, en un entorno de economía compleja, la política económica termina siendo una práctica incierta, de dudosa efectividad y una fuente adicional de desequilibrios macroeconómicos.

La economía de la complejidad no niega que las acciones y reacciones de los agentes económicos y las estructuras de mercado que estos cocrean, puedan generar estados de equilibrio transitorios, pero rechaza que el equilibrio sea la norma, sobre todo en un sistema como el económico que coevoluciona con la fecha del tiempo. Por lo tanto, la economía de la complejidad no es un corolario de la economía convencional, representa una ruptura epistemológica de enormes consecuencias, ciertamente, es una teoría más general del equilibrio, sí, pero del equilibrio por *fluctuaciones*.

En medio de la impredecibilidad y el caos, los sistemas complejos conducen espontáneamente a la autoorganización y al orden, gracias a sus propiedades emergentes. La emergencia es la propiedad de un sistema de crear un comportamiento adicional -creativo e innovador-, capaz de agregar una nueva característica funcional al sistema, que no emerge de la simple agregación de sus partes constituyentes.

En economía, la no linealidad en la forma de retroalimentación positiva surge de *los rendimientos crecientes*, los cuales, en virtud de sus propiedades emergentes, son capaces de crear una estructura de mercado organizada de no equilibrio, a la que denominamos competencia imperfecta. La economía en presencia de rendimientos crecientes puede ahora comportarse como un sistema que coevoluciona y se autoorganiza con *la fecha del tiempo*, mediante fluctuaciones y retroalimentaciones positivas no lineales, es decir, como un *sistema complejo*. En otro sentido, podemos concluir que los entornos económicos complejos con frecuencia presentan rendimientos crecientes, coevolucionan y se autoorganizan en el tiempo.

Ahora bien, si las redes de empresas o *clusters* constituyen una forma de autoorganización de la producción que aparece en los mercados de competencia imperfecta, gracias a las propiedades emergentes que se le atribuyen a los rendimientos crecientes, podemos inferir que los entornos económicos complejos tienen la propiedad de formar *clusters* o redes de empresas, libre de las barreras que imponen economías de escala.

Además, los *clusters* por sus propiedades complejas no son plenamente comprensibles en su totalidad mediante un simple ejercicio de agregación y conocimiento de las empresas constituyentes. El sistema económico, dinámico por naturaleza, que emerge de esa particular forma de organización de la producción, sensible a cambios en las condiciones iniciales, tampoco permite que del conocimiento de sus partes se pueda anticipar su evolución futura.

En efecto, en los *clusters* las empresas reconocidas como heterogéneas, toman decisiones en un entorno de incertidumbre, imprevisibilidad e información incompleta, aún cuando

puedan aprender con el tiempo; sin embargo, son los procesos evolutivos de cambio, adaptación y diferenciación la fuente principal de innovación que provee de forma endógena orden y complejidad a esta particular forma de organización de la producción. Aún más, en ese entorno las pequeñas empresas liberadas de las amarras que imponen las economías de escala internas, pueden ahora movilizar y canalizar los recursos y capacidades locales, para operar de manera eficiente y competitiva, tanto en mercados nacionales como globales y ,por su clara inserción territorial, tener una fuerte incidencia en el desarrollo local (Acuña, 2012).

La aglomeración de empresas, las economías de escala externas: tecnológicas y pecuniarias, los rendimientos crecientes, los menores costos de transacción, la formación de un mercado de trabajo especializado y la libre circulación de ideas y conocimiento no serían posibles de no existir la proximidad espacial de la empresas.

Finalmente, los territorios influyen, aunque la competitividad sea un atributo de las empresas y de su accionar conjunto, los territorios competitivos e innovadores no hacen más que reforzar esa capacidad. Las economías de aglomeración son externas a las empresas pero internas a los territorios. La disponibilidad en cantidad y en calidad de servicios públicos, infraestructura física, conectividad, recursos humanos calificados, conocimiento tecnológico y clima organizacional y de innovación favorece la atracción y localización de empresas a ese territorio.

En conclusión, si la aglomeración es el corolario de los rendimientos crecientes, la competencia imperfecta es la estructura de mercado, que subyace en el origen, dinámica y funcionamiento de los *clusters*.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, Marvin. y Brugnoli, Alberto. (2007). "Innovación en el cluster Ecoturístico de Monteverde: un Estudio del Sistema de Innovación Regional". *Revista Centroamericana de Ciencias Sociales* Vol. IV, No. 1

- Acuña, Marvin. y Cordero. (2009). "Cluster ecoturístico, competencia imperfecta y desarrollo local en La Fortuna de San Carlos". *Revista Abra*.
- Acuña, Marvin. et al. (1999). "El cluster ecoturístico de Monteverde/Costa Rica". *CEPAL Seminarios y Conferencias* No. 17
- Acuña, Marvin et al. (1999): "El cluster ecoturístico de Monteverde/Costa Rica": *Posibilidad y Realidad de la relación Turismo-Ambiente y Desarrollo local*. CINPE-UNA/Escuela de Administración y Empresa de Bergen-Noruega, Heredia, Costa Rica.
- Arthur, W. Brian (1999). "La complejidad y la economía". *Revista Science* 284.
- Arthur, W. Brian (1997). *The Economy as an Evolving Complex System II*. Santa Fe Institute. Paperback.
- Baker, Joanne. (2010). *50 cosas que hay que saber sobre Física*. (5ta Ed.) Barcelona: Ariel
- Boisier, José (2005): "¿Hay un espacio en el desarrollo local para la Globalización?" *Revista de la CEPAL*. No. 86.
- Braun, Eliezer (2009). *Caos, fractales y cosas raras*. (3ra Ed.), DF, México: FCE.
- De Paz, Manuela y Miedes, Blanca (2007). "Complejidad y Ciencia Económica". *Foro de Economía Política -Tenencias-*. España: Universidad de Huelva.
- Durlauf, Steven (1997). *¿Qué deberían saber los encargados de formular políticas sobre la complejidad económica?*. Departamento de Economía de la Universidad de Wisconsin y el Instituto Santa Fe.
- Edmonds, Bruce (1995). *What is Complexity? The philosophy of complexity per se with application to some examples in evolution*, en F. Heylighen y D. Aerts (eds.): *The Evolution of Complexity*. Kluwer, Dodrecht.
- Fernández, Andrés (1994). *La Economía De La Complejidad. Economía dinámica caótica*. España: McGraw-Hill.
- Heylighen, Francis (2008). "Complexity and Self-Organization", en: *Encyclopedia of library and information sciences*, eds. M.J.Bates & M.N. Maack(CRC Press).
- Complex System Glossary (2007) Obtenido de :<http://www.calresco.org/glossary.htm>.
- Hirschman, Albert (1957). *The strategy of economics development*. New Haven: Yale, University Press.
- Hoover, Edgar M. (1937). "Spatial price discrimination". *Review of Economic Studies*, 4
- Krugman, Paul (1997). *Desarrollo, geografía y teoría Económica*. Antoni Bosch Editor, Barcelona, España.
- Krugman, Paul y otros (2012). *Economía Internacional. Teoría y Política*. Editorial Prentice Hall, Novena Edición.
- Krugman, Paul (1997). *La organización espontánea de la economía*. Antoni Bosch Editor, Barcelona, España
- Lundvall, B.A. (1992). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publisher.
- Marshall, Alfred (1920). *Principles of Economics*.(8<sup>va</sup> Ed.), London: Macmillan
- Olmedo, Elena et al. (2004). "La Economía en el Marco de la Ciencia Compleja". *Encuentros Multidisciplinares* 17, 6: 56-61
- Osipov, Alexéi (2003). *Caos y Autoorganización*. Moscú: Editorial URSS.
- Perona, Eugenia (2005). *Ciencias de la complejidad: ¿La economía del siglo 21?* Universidad National de Córdoba, Argentina.
- Parker, David y Stacey, Ralph (1996). "Caos, Administración y Economía. Las implicaciones de un pensamiento lineal". *Revista Libertas* 24, Argentina: ESEADE.
- Prigogine, Ilya (2009). *Las Leyes Del Caos*. Barcelona: Crítica Barcelona.
- Tello, Mario (2010). "Del desarrollo económico nacional al desarrollo local". *Revista de la CEPAL* No. 103 .
- Tercero, T. Iván. *Complejidad y Economía*. COEVOLUCION.net
- Schifter, Wolf (2003). *La Ciencia del Caos*. (3ra Ed.) México: FCE.
- Solé, Ricard y Manrubia, Susanna (2003). *Orden y caos en sistemas complejos. Fundamentos*. Barcelona: Ediciones UPC.

Vázquez, Antonio (1999). *Desarrollo, redes e innovación*. Madrid: Ediciones Pirámide S.A.  
Wagensberg, Jorge. (2007). *Ideas Sobre la Complejidad Del Mundo*. (2da Ed.)  
Barcelona: Fábula Editores.

Weber Alfred (1929). *Theory of the location of Industries*. University of Chicago Press.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a [revista.ice@ucr.ac.cr](mailto:revista.ice@ucr.ac.cr)

