

## BIOECONOMÍA: UNA EXPERIENCIA MULTIDISCIPLINAR EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO (\*)

*Eduardo Bueno Campos*

*Catedrático. Instituto Universitario de Investigación en  
Administración del Conocimiento e Innovación de Empresas de la UAM*

### RESUMEN

El presente trabajo propone una nueva perspectiva multidisciplinar que se lleva a cabo con la simbiosis de la Biología y la Economía, en un ejercicio metodológico de naturaleza interdisciplinar para responder con esta “ciencia mixta” al reto de las últimas décadas del siglo XX y primera del actual relativo a la nueva “metamorfosis” de la ciencia moderna nacida del pensamiento sistémico y afianzada gracias al pensamiento complejo, planteamiento de carácter trasdisciplinar que ofrece un claro “biomimetismo” que facilita la convergencia del pensamiento económico para integrarse en la nueva realidad de la tecnociencia o disciplinas mixtas, en la que Biotecnología, entre otras, aparece con luz propia.

Esta propuesta bioeconómica basada en modelo y método biológico del análisis económico de la empresa integra, con una lógica propia de la “filosofía de la naturaleza”, tres conceptos fundamentales derivados de las tres aportaciones básicas del pensamiento económico moderno como son: *organismo*, *comportamiento* y *complejidad*. Perspectivas conceptuales que con evidente lógica analítica convergen de forma natural para construir la propuesta de Bioeconomía, la cual ha sido refutada positivamente gracias a la experiencia multidisciplinar que se está llevando a cabo en el Master en Biotecnología de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM).

### 1. INTRODUCCIÓN

El nacimiento y evolución de la sociedad del conocimiento a lo largo del siglo XX y en el inicio del actual ha puesto de manifiesto la nueva perspectiva del desarrollo científico basada en la presencia de la *Tecnociencia*, como expresión postmoderna de la llamada “ciencia nueva”, según la propuesta de Prigogine y Stengers (1979). Planteamiento que se fundamenta en el pensamiento sistémico, en el enfoque trasdisciplinar y en el pensamiento complejo (Morin, 1990). En consecuencia, en las últimas décadas del siglo pasado se incorpora a la ciencia moderna la perspectiva interdisciplinar, superado el intento de los científicos hasta el siglo XIX del ansia de la especialización disciplinar y de establecer fronteras entre las diferentes ciencias. Como indica Sánchez Ron (2001) una de las causas del gran avance de la ciencia durante la centuria pasada ha sido el derrumbamiento de esas barreras, artificiales y provocadas, para que el desarrollo científico actual se apoye, cada vez más, en las disciplinas “mixtas”, caso de la bioquímica, químico-física, biofísica o electroquímica y sin olvidar a las “tecnocientíficas”, como biotecnología, nanobiotecnología y nanotecnología, entre otras.

\* Este trabajo está basado, como versión preliminar, en el de: Bueno (2006): “Bioeconomy. Scientific symbiosis of Complexity, Organisms and Behaviour”. En Del Val, M.T.; Sánchez, Y.M.; García-Grewe, C. (Eds.): *Economy, Entrepreneurship, Science and Society in the XXI Century*, Universidad de Alcalá de Henares (Madrid): 31-40.

Esta nueva realidad de la ciencia moderna, se vio facilitada con la aparición de la Teoría General de Sistemas a mediados del siglo pasado, tal y como expresa acertadamente Boulding (1956) al hablar del “esqueleto de la ciencia”, como metáfora para propiciar la explicación de la importancia efectiva de la interdisciplinariedad científica; argumento recogido en una “nueva alianza científica”, según los citados Prigogine y Stengers, que construye el conocimiento científico y lógicamente humano gracias a la convergencia de ciencias conectadas en una nueva concepción sistémica de la ciencia (Bueno, 2011), por lo que siguiendo con palabras del trabajo citado de Sánchez Ron, “*el caos, esa sensibilidad externa a las condiciones iniciales que hace que sea imposible predecir la evolución de un sistema, constituye un buen ejemplo*”.

Es evidente que esta “nueva alianza científica” incorpora el pensamiento complejo y el método biológico de relaciones “causa-efecto” para estudiar el desarrollo de todo tipo de organismos naturales y sociales (Lewontin, 1998), como modelo de análisis que permitirá profundizar en el conocimiento de los “sistemas emergentes” que caracterizan la nueva concepción científica inter y multidisciplinar (Johnson, 2001). Metamorfosis de la ciencia en las últimas décadas que, en una explicación metafórica, permite el uso de ejemplos de “simbiosis” y de “biomimetismos” para integrar conocimientos y disciplinas en una nueva lógica que permite relacionar e integrar las ciencias sociales y en particular la ciencia económica con las ciencias naturales (Aurifeille y Deissenberg, 1998).

Este nuevo análisis económico en la moderna Teoría de la Organización, tiene una presencia creciente en su producción científica, si bien no es nuevo para la economía, dado que el citado “biomimetismo” se remonta a Alfred Marshall (1890) cuando alertaba sobre la conveniencia del uso del método biológico, dada la naturaleza de los agentes, relaciones y conductas que componen la disciplina económica, más cercana en su objeto al citado método. Estas razones son las que han justificado la propuesta de la expresión de *Bioeconomía*, como “ciencia mixta” que va a permitir relacionar tres conceptos fundamentales, como se verá más adelante, y que caracterizan a la sociedad y a las economías del conocimiento como son: *Organismos, Comportamiento y Complejidad* (Bueno, 2006).

En suma, para corroborar el interés y validez de dicha propuesta se presentará más adelante la experiencia de la misma en el seno del Módulo BT2 sobre “*Aspectos Económicos y Legales de la Biotecnología*”, materia obligatoria en el Master en Biotecnología que se integra en el Programa de Postgrado en Biología Molecular y Celular, Biomedicina Molecular y Biotecnología de la UAM, iniciado en el curso 2008-2009; ejemplo de programa multidisciplinar y basado en un enfoque interdisciplinar propio de la actual *Tecnociencia* o de las “ciencias mixtas”, que contribuye a afianzar y dar prestigio al *Campus de Excelencia Internacional UAM + CSIC* en el área de las Biociencias, cuando, además, dicho Postgrado obtuvo en 2008 la Mención de Calidad del MCINN.

## **2. BIOMIMETISMO EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO**

Como se ha indicado en la Introducción desde la última década del siglo pasado surge un nuevo enfoque en el análisis económico y organizativo basado en el pensamiento sistémico y complejo y en una perspectiva biológica, como referencia científica y como método de investigación, dado que el conocimiento se relaciona con las personas y los organismos sociales, es decir, con lo vivo, con su complejidad, comportamiento y evolución.

Este enfoque tiene su génesis, como se ha señalado, con la aportación de Marshall en el siglo XIX y poco secundada en las décadas iniciales del XX, salvo por Schumpeter (1954), cuando indica que la economía se entronca con la filosofía para el estudio de la sociedad y para reflexionar sobre el papel del ser humano en la misma, con sus aspectos psicológicos y sociológicos. En consecuencia, emerge una perspectiva que se centra en el análisis de la creación y desarrollo de los organismos

económicos, como agentes sociales, y que observa de forma mimética como es su génesis y su evolución, como si se tratara de seres vivos.

Aunque estas organizaciones u organismos sociales son artificiales, es decir son creados por el hombre, la naturaleza humana está en ellos, como recuerda el anterior economista austriaco al citar a Hume. Postura seguidora de la de Marshall, cuando éste decía que la economía se ocupa, como ciencia moral, “básicamente al estudio de la humanidad y del hombre (tal y como es)”. Este planteamiento “biomimético” de la economía representa la génesis del enfoque de la *Bioeconomía* como “ciencia mixta”, por lo que a continuación se presentan las aportaciones más relevantes en el pensamiento económico sobre el citado “biomimetismo” a partir de la segunda mitad de la centuria pasada.

## **2.1. El pensamiento sistémico. Organismos económicos y “ecología empresarial”**

El enfoque de sistemas facilita la creación del nuevo paradigma de la economía del conocimiento, con su vinculación a la propuesta marshalliana, gracias a la aportación de los trabajos de Boulding (1941, 1950 y 1956), debido a la incorporación de la perspectiva “bioeconómica” en su primera obra, *Economic Analysis*, en la que desarrolla su teoría de los organismos económicos, con su enfoque sistémico influenciado por los autores de la Teoría General de Sistemas, de formación biológica, caso de Bertalanfy (1968). Organismos que estudia con detalle en su naturaleza, taxonomía y evolución. Siguiendo con este “biomimetismo” y con el papel del conocimiento para desarrollar el valor en la economía moderna, Boulding en su segundo trabajo, *Reconstruction of Economy* introduce los conceptos biológicos cuando referencia la “ecología económica” como un “sistema de poblaciones” de empresas y de organismos sociales o cuando explica las conocidas relaciones marshallianas entre industria y empresas (metáfora del bosque y de los árboles) y así entender los organismos económico-sociales bajo una perspectiva genética; es decir, cuando afirma que metafóricamente los genes son las mentes humanas o el conocimiento poseído por dichos organismos o por las empresas.

Finalmente, Boulding en el tercer trabajo reseñado, *General Systems Theory. The Skeleton of Science*, fundamenta su planteamiento ecológico característico del pensamiento sistémico, con una primera idea de lo bioeconómico. Planteamiento resultante de las aportaciones de científicos procedentes de diversas disciplinas, biólogos, matemáticos y psicólogos, entre otros, que construyeron la citada Teoría General de Sistemas, a la que se fueron sumando, poco a poco, otros economistas (Bueno, 1974). Enfoque nuevo para la ciencia y para la economía que explica magistralmente el mismo Boulding cuando propone “el esqueleto de la ciencia” como un “sistema de sistemas científicos y de teorías”, lo cual lleva a la necesidad de construir una teoría general de los sistemas (naturales y sociales) para explicar la actual situación de la sociología de la ciencia y resaltar el papel de cómo se reorganiza el conocimiento en la sociedad, sobre todo su presencia económica, en el seno de las organizaciones o de los organismos sociales que componen aquélla, es decir, de los agentes sociales u organismos económicos que integran la economía desde una perspectiva de sistema.

Aportaciones más recientes se han ido alineando con la escuela de sistemas de la Teoría de la Organización (Bueno, 1997) y han seguido el planteamiento anteriormente expuesto, como es el caso, entre otros de Kast y Rosenzweig (1974) que proponen un análisis de la evolución de la organización, como un caso “biomimético” que representa un sistema de gran complejidad, el cual debe ser explicado con el modelo y lenguaje biológicos. Propuesta que es ampliada por Hannan y Freeman (1977), con su teoría sobre la “ecología de las poblaciones”.

Esta propuesta, como se recogerá más adelante, permite su relación lógica con la incorporación del pensamiento complejo, de la mano de la incorporación del análisis de los procesos de selección natural, de adaptación y de co-evolución entre las organizaciones.

## **2.2. La aportación del pensamiento sobre el comportamiento psicosocial**

En este punto hay que recordar las aportaciones que a lo largo del siglo pasado y primeros años del actual se han producido en torno a la “conducta” o al “comportamiento psicosocial” del sujeto económico, tanto a nivel individual (perspectiva psicológica o humana) como a nivel social u organizativa (perspectiva microeconómica). En este sentido cabe destacar la aportación de Simon (1947), Premio Nobel de Economía de 1978, que presenta su teoría de la “racionalidad limitada” como base para explicar el comportamiento administrativo y como fundamento de la teoría de las decisiones de los sujetos económicos, representando a las organizaciones como sistemas sociales. Teoría basada en la satisfacción del sujeto en la lógica psicosocial del comportamiento humano frente a la conducta de “optimización racional” propia de la “teoría de la firma”, basada en la perspectiva monetarista y mecanicista de la teoría del mercado neoliberal.

También en esta línea hay que recordar la aportación de Mises (1949), economista criticado en su tiempo como de “psicólogo”, cuando razona, siguiendo la herencia del “vitalismo” alemán, que la economía es una ciencia de la acción humana, de su práctica en la sociedad y que tiene que buscar su explicación en la relación entre la ciencia y la vida por lo que se preocupó en buscar respuestas entre la lógica de la actividad económica y los juicios de valor de los agentes sociales que intervienen en aquella; siendo este razonamiento la base de la actual lógica deóntica. En definitiva, Mises buscó una explicación en la relación lógica entre el conocimiento económico y la emergencia de la economía del conocimiento, como una primera aproximación a la expresión del nuevo paradigma económico.

Finalmente, en esta línea de pensamiento justificadora del surgimiento de la concepción de *Bioeconomía*, se puede hacer la referencia de Kahneman (2002), también Nobel de Economía de 2002. Este economista ha desarrollado el análisis de los mapas de racionalidad cognitiva y la prospectiva de los juicios de valor, antes expuestos, así como de la intuición en la elección económica. Razón e intuición, que explica la actual neurociencia y que viene siendo fundamento del nuevo enfoque de la Dirección Estratégica basada en el conocimiento o de la emergente teoría del Gobierno del Conocimiento en las organizaciones (Bueno, 2005), en la que hay que integrar efectivamente los procesos de conocimientos explícitos y tácitos, junto a los individuales y colectivos que se identifican en la organización para crear valor en la economía actual.

## **2.3. El pensamiento complejo como nuevo análisis económico de la empresa en la sociedad del conocimiento**

Como se indicaba en el epígrafe 2.1. anterior, las aportaciones del pensamiento sistémico conducen al análisis de los procesos de selección natural y de adaptación de las organizaciones, según Levinthal (1991), junto a planteamientos de la “teoría de la co-evolución” de las mismas de Lewin y Volberda (1999), así como de Murmann (2003). Propuestas que permiten estudiar el proceso de formación de las estrategias y las nuevas formas estructurales en la dirección de los citados organismos económicos.

La aplicación de la teoría de la complejidad en el estudio de la organización y dirección de empresas en estos últimos años ha tenido un gran desarrollo. Biomimetismo que postula Anderson, Arrow y Pines (1988) y Anderson (1999), y desarrollan además de los autores ya citados, entre otros, Holland (1988); McKelvey (1997); McKelvey, Lichtenstein y Andriani (2011); Bueno (2011) y López Moreno (2011).

Este planteamiento parte de la observación y del necesario análisis de la complejidad existente en la economía global actual (complejidad externa o del entorno del organismo) y la propia complejidad de la organización o interna que lleva a identificar la situación de ésta, siguiendo la terminología del biólogo Holland (1992), como un “sistema complejo adaptativo” de nivel IV o “al borde del caos”. En definitiva se observa que la actividad empresarial en el mundo real es

necesariamente compleja, donde el azar y el desorden pueden conducir al caos, complejidad que es tanto interna como existente en su entorno. Empresa y entorno complejos que implica en una perspectiva bioeconómica saber entender y dirigir dicha complejidad. En este “biomimetismo” se puede referenciar el trabajo de Bueno et al. (2006) que desarrollan un modelo de capital intelectual para analizar su estructura lógica con una perspectiva biológica basada en una metáfora de “neurona creativa”.

### **3. ORGANISMOS, COMPORTAMIENTO Y COMPLEJIDAD. CONCEPTOS “SIMBIÓTICOS” DEL ENFOQUE “BIOECONÓMICO”**

De las ideas expuestas se deduce que la ciencia moderna presenta una naturaleza de método interdisciplinar y contenido multidisciplinar, de la mano del desarrollo de una “metamorfosis” y “nueva alianza científica”, partiendo de la influencia de la “filosofía de la naturaleza” (Prigogine y Nicolis, 1977) del pensamiento complejo actual que busca una dialéctica lógica entre ciencia y naturaleza o, en otras palabras, una nueva forma de pensar y de investigar con la inserción coherente del ser humano en la naturaleza con su aportación del actual conocimiento tecnocientífico, tal y como postula la nueva perspectiva del presente y futuro de la ciencia en propuesta de Prigogine y Stengers (1979). “Ciencia Nueva” que se ha venido construyendo, primero, por la aceptación de la filosofía de la ciencia y después a lo largo del siglo XX y hasta el presente por las teorías de la biología, neurociencia, psicología y el papel relevante de las “ciencias mixtas”, como la bioquímica, biotecnología, nanotecnología, etc.

En definitiva, esta “metamorfosis” de la ciencia facilita un análisis dinámico de la actual “epistemología del conocer”, propia de la sociedad del conocimiento (Cook y Brown, 1999), con una nueva aceptación de la lógica dialéctica y del diálogo experimental (Koyré, 1968), debido a que el desarrollo del conocimiento depende de la acción de conocer, dado que está sometido a la continua relación con su realidad, con sus diferentes aspectos y formas diversas de percepción por los atractores y facilitadores que intervienen entre los elementos del sistema observado; relaciones que por su no linealidad y aleatoriedad sitúan a los organismos, por su estructura y comportamiento, en situaciones de doble complejidad (interna y externa).

Situación que lleva a la necesidad de aplicar el paradigma de la complejidad para entender el qué y para qué de los sistemas físicos, naturales y artificiales y de los sistemas sociales que caracterizan al universo. Cuestión central de la ciencia moderna en la que complejidad y caos se instalan en este planteamiento como lógica científica que permita entender la paradoja del “orden-desorden” que cohabitan en el universo. Como síntesis, en palabras de Prigogine (*El Fin de las Certidumbres*, Taurus, Madrid, 1997: 12-13) se puede afirmar que: *“Asistimos al nacimiento de una ciencia que ya no se limita a situaciones simplificadas, idealizadas, sino que nos instala frente a la complejidad del mundo real, una ciencia que permite a la creatividad humana vivenciarse como la expresión singular de un rasgo fundamental común en todos los niveles de la naturaleza”*.

Esta concepción científica del paradigma de la complejidad o del pensamiento complejo (Morín, 1990), definida como método de análisis interdisciplinar, permite entender el funcionamiento y finalidad de las organizaciones económicas y sociales de forma “biomimética” a como se viene haciendo con los organismos vivos. De manera que en perspectiva multidisciplinar se pueden analizar las relaciones “causa-efecto” entre los elementos del sistema y su entorno, lo cual permitiría entender sus procesos evolutivos, coevolutivos y autopoieticos, junto a sus funciones homeostáticas y autorreguladoras, propias del comportamiento de dichos organismos.

Con estas reflexiones se inicia un proceso de refutación y diálogo experimental que abre la puerta a un nuevo enfoque de “ciencia mixta”, relacionando la “epistemología clásica” con la “epistemología del conocer”, coherente con la “Nueva Ciencia” o con el nuevo sistema de conocimiento tecnocientífico que, de manera inter y multidisciplinar vienen interpretando las

disciplinas emergentes en la primera mitad del siglo XX y que han ido madurando hasta la fecha en una dinámica cognitiva que protagoniza la actual ciencia de la complejidad y teoría del caos (Gleick, 1987; Cambel, 1993 y Lorenz, 1995). Evolución científica que, para la economía tuvo su génesis en Marshall (1890) pero no ha sido hasta décadas cercanas, cuando ha tenido reconocimiento suficiente en su contenido “bioeconómico”, como se ha indicado anteriormente (Holland, 1988; McKelvey, 1997 y Bueno, 2011).

#### **4. LA EXPERIENCIA DEL MASTER EN BIOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

Con el fin de llevar a cabo una refutación sobre el interés de la propuesta de *Bioeconomía*, a la vez que para analizar el alcance y limitaciones de la misma, se decidió por las instancias participantes, representadas desde el año 2004 por docentes e investigadores vinculados a diversos Departamento, Institutos Universitarios de la UAM y Centros Asociados, incorporar aquella de alguna manera en el proyecto de creación de un Programa de Postgrado que incluía tres Másteres y un Doctorado. Programa que se diseñaba para la formación de científicos y biotecnólogos innovadores y creativos que puedan desarrollar su actividad profesional en el ámbito de la investigación, contribuyendo a ampliar las fronteras del conocimiento, a la transferencia del mismo a la sociedad, para idear y poner en práctica nuevas soluciones a problemas complejos que mejoren la salud y el bienestar de los ciudadanos. Además este Programa de Postgrado, de naturaleza multidisciplinar, pretendía ser innovador, a la vez que renovador, con el fin de contribuir a consolidar el prestigio del nuevo *Campus de Excelencia Internacional UAM+CSIC* en el área de las Biociencias.

En consecuencia, el nuevo Programa de Postgrado de Biología Molecular y Celular, Biomedicina Molecular y Biotecnología de la UAM, constituido por tres Másteres y un Doctorado comenzó su andadura en el curso 2008-2009. Programa patrocinado por la Fundación Ramón Areces y que obtuvo en 2008 la Mención de Calidad del MCINN. A estos efectos, en este Programa Oficial de Postgrado se han integrado, hasta la fecha, cuatro Departamentos de la Facultad de Ciencias, tres de la Facultad de Medicina y uno de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, además del Instituto Universitario de Investigación en Administración del Conocimiento e Innovación de Empresas (IADE); así como dos Centros mixtos UAM-CSIC, cinco Centros del CSIC, dos Centros del Instituto de Salud Carlos III, siete Hospitales de la Comunidad de Madrid y dos OPIs, como el CIEMAT y el INIA, tal y como se recoge en el Informe de Coordinación de Master en Biotecnología (Fernández-Lobato, 2012).

En concreto, con el fin de responder a la misión del Master en Biotecnología, muy enfocado a la *transferencia del conocimiento al sector productivo* para lo que hay que proporcionar a los participantes unas capacidades y una experiencia práctica que les permita adquirir las destrezas y competencias necesarias para el trabajo de investigación o la actividad profesional en empresas biotecnológicas; este planteamiento exigía la incorporación de un Módulo Obligatorio (BT2) denominado: “*Aspectos económicos y legales de la Biotecnología*”, con 6 créditos ECTS y compuesto por las asignaturas o bloques siguientes: I) Economía y Gestión de Empresas (3ECTs); II) *Bioeconomía* (1ECTs) y III) Propiedad Industrial o Intelectual (2ECTs). En esta propuesta innovadora la materia de *Bioeconomía* durante los cinco cursos académicos que se ha venido impartiendo ha respondido a los contenidos “biomiméticos” antes expuestos, presentando la simbiosis de economía y biotecnología, como método y objeto de análisis, para entender y explicar el papel que tiene en la sociedad y economía del conocimiento la propuesta bioeconómica para desarrollar el sector biotecnológico y afianzar el crecimiento del mercado biotecnológico en la economía española y en la Unión Europea. El Módulo BT2 fue diseñado y es coordinado por el autor de este trabajo durante los cinco años que se viene desarrollando; contando con la colaboración de cinco profesores pertenecientes al Departamento de Organización de Empresas de la UAM, Parque Científico de Madrid y Clarke, Modet, & C°.

La experiencia del Módulo BT2 se ha impartido a cerca de ciento setenta y cinco alumnos, procedentes de diferentes países, aunque con presencia mayoritaria de la Comunidad de Madrid (España) y poseyendo diferentes licenciaturas o grados, ejemplo de multidisciplinariedad del Master, aunque con mayoría de titulaciones relacionadas con las ciencias de la vida. Dicha experiencia bioeconómica ha sido refutada positivamente, sobre todo si se tiene en cuenta el proceso de evaluación de los materias componentes del Módulo, centrada en la presentación de proyectos y de planes de negocio para la creación de empresas biotecnológicas, algunas de las cuales han ido concretándose para su posible incorporación en el Parque Científico de Madrid, para el proceso de desarrollo de su innovación y de su consolidación como organización económica.

## 5. CONCLUSIONES

Con esta perspectiva “biomimética” y propuesta de *Bioeconomía*, como “ciencia mixta”, desde un enfoque interdisciplinar y de claro contenido multidisciplinar se ofrecen nuevas bases metodológicas para seguir avanzando en la teoría del conocimiento, como recurso y capacidad que protagoniza la actual sociedad y economía que lleva el calificativo de aquél y como expresión de la forma de crear valor en la época actual de los intangibles.

En consecuencia, se ha puesto de manifiesto cómo el sistema científico renovado o la actual “metamorfosis” de la ciencia se ha articulado a través de la convergencia de diversas disciplinas y teorías como la Teoría General de Sistemas, Cibernética y Teoría de la Información (Ashby, 1952; Bertalanfy, 1968; Boulding, 1956; Bueno, 1974) y se ha desarrollado con los nuevos planteamientos de “ciencia mixta”, de la Tecnociencia, como es el caso, entre otras, de la Biotecnología, Nanobiotecnología, Antropología social, Antropopaleontología, Neurociencia y otras ciencias de la vida.

En conclusión, el paradigma de la complejidad junto al enfoque basado en el conocimiento humano y organizativo de la mano de la incorporación del pensamiento sistémico y del comportamiento administrativo representa la triada “organismo-comportamiento-complejidad” que facilita la relación disciplinar entre biología, psicología y economía, con el objeto de fundamentar el sentido de la *Bioeconomía*. Dicha relación desarrolla una nueva perspectiva epistemológica que siguiendo a Morin (1990) se basa en tres principios:

- a) *Dialógico* (asociación entre lo que es complementario y es antagonista, como es el caso de las categorías conceptuales que definen orden y desorden)
- b) *Recursividad organizativa* (productor y producido)
- c) *Hologramático* (no solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte).

Estos principios intentan centrar el devenir científico en la nueva perspectiva epistemológica indicada de los organismos económicos o en el ámbito de las organizaciones en las que la creación, desarrollo y medición de su conocimiento es clave para explicar el sentido de la actual economía del conocimiento. En esta situación de la “nueva ciencia” es momento de recordar la “metáfora de la máquina” de Descartes como expresión de la concepción del universo funcionando como tal o de forma determinista perfecta. Metáfora hoy superada con la “nueva alianza” de la ciencia, apoyada en la “biología del desarrollo”, entendida en sentido dinámico y evolutivo, de naturaleza compleja, dados sus procesos cognitivos y de comportamientos propios de todo sistema complejo (Lewontin, 1998). Procesos naturales que explican la complejidad del mismo proceso de conocer o de actuar el sistema de conocimiento que puede representar un organismo vivo o social.

En consecuencia, la “metáfora de la máquina” ha sido superada por la imagen o alegoría del organismo que puede ser el gen, la célula o la neurona. En el caso de la Teoría de la Organización o de la Economía de las Organizaciones esta situación puede ser “biomiméticamente” recogida para observar y analizar los organismos económicos y sociales, para que apoyados en las perspectivas

científicas del comportamiento y de la complejidad, como enfoque interdisciplinar se pueda avanzar en la comprensión de la estructura y funcionamiento del sistema económico global en su taxonomía definida como un sistema complejo adaptativo “al borde del caos”.

En definitiva, esta reflexión metodológica, así como de “ciencia mixta”, se apoya en los enfoques de las Teorías de Sistemas y del Comportamiento y del pensamiento complejo, lo que permite una adecuada simbiosis científica en esta época tecnocientífica, de carácter interdisciplinar y, a la vez, de convergencia multidisciplinar, para fundamentar la propuesta de *Bioeconomía* como idea integradora de conceptos, teorías y modelos que permite un nuevo análisis de la estructura y comportamiento de las organizaciones económicas como sistemas complejos, para observar y explicar su evolución, convolución, autoorganización y desarrollo en el seno de la economía del conocimiento.

Este planteamiento metodológico, además, se ha visto corroborado en su sentido y en su desempeño, gracias a la función desplegada en su contenido docente e investigador como Módulo BT2, relativo a los “*Aspectos Económicos y Legales de la Biotecnología*”, en el Master de igual nombre, que desde el curso 2008-2009 se viene impartiendo en la UAM. Propuesta que, así mismo, viene justificada desde la perspectiva tecnocientífica, dado que en estos últimos años se viene identificando la emergencia de sectores y de empresas de éxito, cuyo crecimiento está basado en procesos de innovación que combinan tecnologías transversales, caso de las *bio* y las *nano*, junto a los TICs para innovar y renovar las industrias tradicionales, con nuevos modelos de negocio y nuevas formas de actuar, gracias al papel de la “nueva ciencia” de lógica interdisciplinar y con contenido multidisciplinar.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, P.W. (1999): “Complexity theory and Organization Science”, *Organization Science*, 10, 3, may-june: 216-232.
- ANDERSON, P.W.; ARROW, K.J.; PINES, D. (Eds.) (1988): *The Economy as a Evolving Complex System*, Proceedings of the Santa Fe Institute, Vol. V, Addison-Wesley, Reading, MA.
- ASHBY, W.R. (1952): *Design for a brain*, John Wiley & Sons, New York.
- AURIFEILLE, J.M.; DEISSENBERG, G. (1988): *Biomimetic approaches in Management Science*, Kluwer Academic Publs., Boston, MA.
- BERTALANFY, L.VON (1968): *General Systems Theory*, John Wiley & Sons, New York.
- BOULDING, K.E. (1941): *Economic Analysis*, Harper & Row, New York.
- BOULDING, K.E. (1950): *A reconstruction of Economics*, John Wiley & Sons, New York.
- BOULDING, K.E. (1956): “General Systems Theory: The Skeleton of Science”, *Management Science*, april: 197-208.
- BUENO, E. (1974): *El sistema de información en la empresa*, FIES, Madrid.
- BUENO, E. (1997): *Organización de Empresas (Estructuras, Procesos y Modelos)*, Pirámide, Madrid.
- BUENO, E. (2005): “Fundamentos epistemológicos en Dirección del Conocimiento Organizativo: Desarrollo, medición y gestión de intangibles en las organizaciones”, *Economía Industrial*, 357: 1-14.
- BUENO, E. (2006): “Bioeconomy: Scientific Symbiosis of Complexity, Organisms and Behaviours”, en Del Val, M.T.; Sánchez, Y.M.; García-Grewe, C. (Eds.): *Economy Entrepreneurship*, *Science and Society in the XXI Century*, Universidad de Alcalá de Henares (Madrid): 31-40.
- BUENO, E. (2011): “Complejidad y Caos. Un nuevo enfoque de análisis económico de la empresa en la sociedad del conocimiento”. En López Moreno, M.J. (Dir.): *La empresa en el dominio de la complejidad*, UNESA-Cinca, Madrid: 123-152.
- BUENO, E.; MARTÍN, G.; SALMADOR, M.P.; RODRÍGUEZ, D. (2006): “Internal logic of intellectual capital: A biological approach”, *Journal of Intellectual Capital*, 7-3: 394-405.
- BUENO, E.; SALMADOR, M.P. (2003): “Knowledge Management in the Emerging Strategic Process: Information, Complexity and Imagination”, *Journal of Knowledge Management*, 7, 3: 5-17.

- CAMBEL, A.B. (1993): *Applied Chaos theory: A paradigm for complexity*, Academia Press, London.
- COOK, S.D.N.; BROWN, J.S. (1999): "Bridging Epistemologies: The Generative Dance between Organizational Knowledge and Organizational Knowing", *Organization Science*, 10, 4, July-August: 381-400.
- FERNÁNDEZ-LOBATO, M. (2012): *Informe de Coordinación del Master en Biotecnología*, Programa de Postgrado en Ciencias de la Vida, UAM, Madrid.
- GLEICK, J. (1987): *Chaos: Making a New Science*, Viking Penguin, New York.
- HANNAN, M.T.; FREEMAN, J. (1977): "The population ecology of organizations", *American Journal of Sociology*, 82: 929-960.
- HOLLAND, J.H. (1988): "The global economy as an adaptive system". En ANDERSON, P.W.; ARROW, K.J.; PINES, D. (Eds.): *The Economy as an Evolving Complex System*, Proceedings of the Santa Fe Institute, Vol. V., Addison-Wesley, Reading, MA: 117-124.
- HOLLAND, J.H. (1992): *Adaptation in natural and artificial systems*, The MIT Press, New York.
- JOHNSON, S. (2001): *Emergence, the connected lives of ants, brains, cities and software*, The Free Press, New York.
- KAHNEMAN, D. (2002): "Maps of Bounded Rationality: A Prospective of Intuitive Judgement and Choice", *Prize Lecture, Nobel Economy*, December, 8: 449-489.
- KAST, F.E.; ROSENWEIG, J.E. (1974): *Organization and Management: A systems approach*, McGraw-Hill, New York.
- KOYRÉ, A. (1968): *Etudes Newtoniennes*, Gallimard, Paris.
- LEVINTHAL, D.A. (1991): "Random Walks and organizational mortality", *Administrative Science Quarterly*, 36, 3: 397-420.
- LEWIN, A.; VOLBERDA, H.W. (1999): "Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organizational Forms", *Organization Science*, 10, 5: 519-534.
- LEWONTIN, R.C. (1998): *Gene, organismo e ambiente*, Gins. La Teza & Figli, Roma.
- LORENZ, E.N. (1993): *The Essence of Chaos*, University of Washington Press, Washington.
- MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, Mac Milland and Co., London.
- MCKELVEY, B. (1997): "Quasi-natural organization science", *Organization Science*, 8: 351-381.
- MCKELVEY, B.; LICHTENSTEIN, B.B.; ANDRIANI, P. (2011): "Cuando las organizaciones y los ecosistemas interactúan: Hacia una ley de fractalidad requerida en la empresa". En López Moreno, M.J. (Dir.): *La empresa en el dominio de la complejidad*, UNESA-Cinca, Madrid: 153-191.
- MISES, L.VON (1949): *Human Action*, New York University Press, New York.
- MORIN, E. (1990): *Introduction À le pensée complexe*, ESPF Editeur, Paris.
- MURMANN, P. (2003): *Knowledge and Competitive Advantage: The Coevolution of Firms, Technology and National Institutions in the Synthetic Dye Industry, 1850-1914*, Cambridge University Press, New York.
- PRIGOGINE, I. (1997): *El Fin de las Certidumbres*, Taurus, Madrid.
- PRIGOGINE, I.; NICOLIS, G. (1977): *Self-organizations in Non-Equilibrium Systems*, Wiley Interscience, New York.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. (1979): *La nouvelle alliance. Metamorphose de la science*, Editions Gallimard, Paris.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2001): *El jardín de Newton. La ciencia a través de la historia*, Crítica, Barcelona.
- SCHUMPETER, J.A. (1954): *History of Economics Analysis*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- SIMON, H.A. (1947): *Administrative Behaviour*, MacMillan, New York.