



Revista Galega de Economía

ISSN: 1132-2799

mcarmen.guisan@gmail.com

Universidade de Santiago de Compostela
España

MIEDES UGARTE, BLANCA
COMPLEJIDAD Y ECONOMÍA: DISTINTAS CORRIENTES DE PENSAMIENTO, DIVERSAS
LECTURAS

Revista Galega de Economía, vol. 21, núm. 1, 2012, pp. 1-35

Universidade de Santiago de Compostela

Santiago de Compostela, España

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39123194014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

COMPLEJIDAD Y ECONOMÍA: DISTINTAS CORRIENTES DE PENSAMIENTO, DIVERSAS LECTURAS

BLANCA MIEDES UGARTE¹
Universidad de Huelva

Recibido: 23 de febrero de 2012

Aceptado: 7 de mayo de 2012

Resumen: La emergencia de la física de los fenómenos complejos durante la segunda mitad del siglo XX trajo consigo transformaciones ontológicas, heurísticas y metodológicas que permeabilizaron todos los campos del saber, provocando la aparición de lo que se conoce como “ciencias de la complejidad”. Esta denominación pretende hacer referencia a un proceso y no a una realidad acabada y estática. No solo es el cúmulo de novedades conceptuales y metodológicas, sino que también es el modo en que se producen en cada disciplina concreta y la forma en que se manifiesta en los terrenos transdisciplinares comunes que van conformando esas evoluciones. Este artículo pretende dar cuenta de los rasgos más característicos de esta renovación, de la forma en que ha permeabilizado el pensamiento económico en las tres últimas décadas, así como de sus principales implicaciones en las características de la producción científica tanto en la economía convencional como en las corrientes heterodoxas.

Palabras clave: Complejidad / Autoorganización / Reflexividad / Transdisciplinariedad / Pensamiento económico / Institucionalismo evolutivo.

ECONOMICS AND COMPLEXITY: DIVERSE SCHOOLS OF THOUGHT, DIFFERENT READINGS

Abstract: The emergence in the field of physics of complex phenomena during the second half of the twentieth century brought about ontological, heuristic and methodological transformations through main fields of knowledge, leading to the emergence of what has been coined as sciences of complexity. This name refers to a process and not to a determined finished and static reality. It consists not only of the accumulation of conceptual and methodological developments, but also of the way in which it is performed in each specific discipline and the way in which it manifests itself in the common transdisciplinary field shaped by these developments. This article aims at giving an account of the most characteristic features of this renewal, the way it has permeated the economic thinking in the last three decades as well as its main implications on the characteristics of the scientific production, both in conventional economics and heterodox economic thought.

Keywords: Complexity / Autoorganization / Reflexivity / Transdisciplinarity / Economic thought / Evolutionary institutionalism.

1. INTRODUCCIÓN

En la segunda mitad del siglo XX, y especialmente en su último tercio, la actividad científica dio un giro conceptual y metodológico de gran importancia. Este cambio afectó –y podría decirse que sigue afectando– prácticamente a todos los campos del saber, trayendo consigo una “nueva alianza entre la naturaleza y el hombre” (Morin, 1981; Prigogine y Stengers, 1990) y suscitando un renovado diálogo entre las ciencias naturales y sociales (Balandier, 1989). Las tradicionales

¹ Quiero agradecer a Carlos Ricoy y Luis Miguel Varela, de la Universidad de Santiago de Compostela, sus valiosos comentarios a la primera versión de este artículo. Ni que decir tiene que la autora se hace responsable de los errores y omisiones.

ciencias *duras* y ciencias *blandas* empezaron a encontrar no solo nuevas formas, sino también nuevos espacios de comunicación, aunque esta, incluso hoy en día, no sea tan fluida como algunos trabajos llegaron a exponer (Von Foerster, 1991).

Muchos conocemos esta transformación como *ciencias de la complejidad* (De Paz, 1989, 1995; Miedes, 1993, 1998). Esta denominación pretende hacer referencia a un proceso y no a una realidad acabada y estática. No solo es el cúmulo de novedades conceptuales y metodológicas, es además el modo en que se producen en cada disciplina concreta y la forma en que se manifiesta en los terrenos transdisciplinarios comunes que van conformando esas evoluciones.

Este artículo pretende dar cuenta de los rasgos más característicos de esta renovación, de la forma en que ha permeabilizado el pensamiento económico en las tres últimas décadas, así como de sus implicaciones en las características de la producción científica tanto en la economía convencional como en las corrientes heterodoxas. Para ello, este trabajo se estructura en siete secciones, que describimos brevemente.

En la sección 2 se explica cómo emerge la cuestión de la complejidad en las ciencias de la naturaleza, así como la introducción de dos importantes conceptos: el de *autoorganización* y el de *reflexividad*. En la sección 3 se presentan las tres tentativas de articulación de las nociones de orden y desorden que más trascendencia han tenido en la actividad científica, y que permitieron una reinterpretación del significado de equilibrio, de la relación entre los estados micro y de la observación macro, así como de la propia idea de dinámica: el concepto de *orden a partir del ruido*, el concepto de *orden por fluctuaciones* y la idea matemática de *orden en el caos*. En la sección 4 se describe cómo estos nuevos enfoques se traducen en un enfoque de la evolución como una mezcla de azar y necesidad que supera la dicotomía determinismo-indeterminismo. En la sección 5 se explica cómo la introducción de las ciencias de la complejidad lleva a una nueva forma interdisciplinaria de producción científica, de la cual la ciencia *cyborg* (Mirowski, 1996) es una expresión paradigmática.

La sección 6 da cuenta de cómo todas estas renovaciones en los planos ontológico, heurístico y metodológico permeabilizan, por un lado, la economía convencional y, por otro lado, las corrientes más heterodoxas. En el primer epígrafe de esta sección se analizan las principales implicaciones en el terreno de la economía convencional, y se argumenta que la principal renovación se plantea en el propio concepto de equilibrio económico, así como en la introducción del supuesto de racionalidad limitada; se verá también cómo el cambio se traduce en una importante renovación de instrumental matemático y en un mayor protagonismo de los métodos experimentales, pero sin que ello implique un abandono del tradicional planteamiento axiomático. Por otro lado, en el segundo epígrafe de la sección 6 se analizará el impacto que el enfoque de la complejidad tiene en dos corrientes heterodoxas –el estructuralismo y el institucionalismo evolutivo–, así como la renovación conceptual que estos planteamientos traen consigo, especialmente a través del trabajo

de dos de sus principales exponentes: Perroux (1984) y Hodgson (1995), respectivamente. Se argumentará que, en este caso, la transformación conceptual alcanza raíces más profundas; no obstante, también se señala que la principal debilidad de estos enfoques son las dificultades de operativización metodológica.

A modo de epílogo, y dado que las principales conclusiones de cada sección se presentan en sus párrafos finales, la sección 7 tratará brevemente las implicaciones metodológicas que supone tener en cuenta la reflexividad, que es la otra gran característica de la realidad social que pone de manifiesto el enfoque de la complejidad, y que la profesión normalmente deja al margen o relega a los pies de página.

2. LA EMERGENCIA DE LO COMPLEJO

Los orígenes de las ciencias de la complejidad se plantean en varios frentes ya que, como es generalmente aceptado, el desarrollo de la ciencia no es ni mucho menos lineal. La teoría general de sistemas de Von Bertalanfy (1968 [1937]), la cibernética de Norberto Wiener (1948), la teoría de la información de Shannon y Weaver (1949), la termodinámica de no equilibrio de Prigogine y de Nicolis (1977, 1997 [1987]), el concepto de sistemas autopoieticos en biología de H. Maturana y F. Varela (1973), los posteriores desarrollos de las ciencias cognitivas de estos mismos autores (1984), así como los trabajos pioneros en ese mismo campo de Von Foerster (1991[1960]), los trabajos matemáticos de los fractales (Mandelbrot, 1987 [1977]), la teoría del caos de Gleik (1994 [1988]), la teoría de las catástrofes de Thom (1987 [1977]) y la teoría sinérgica de Haken (1983 [1977]) son algunas de las elaboraciones más notables que, sin agotarla, nutren y constituyen esta transformación.

A su vez, y dado que mediante estos trabajos se abren nuevos horizontes para las posibilidades del conocimiento humano, el diálogo entre ciencia y filosofía se vigoriza, adquiere una mayor profundidad; el pensamiento complejo de Edgar Morin (1978 [1973]) da cuenta de la insuficiencia de cualquiera de estos dos campos aislados para la comprensión de la realidad en la que vivimos².

Este último autor ha trabajado profusamente la noción de complejidad, mostrando que los caminos por los que se alcanza esa complejidad son muchos y diversos, ninguno de ellos es lineal ni aislado, sino todos enlazados en cruces y glorietas que los relacionan en varios niveles. Es difícil explorar alguno de ellos sin encontrarse de alguna manera con algunos de los otros.

Fernández Díaz (1994, p. 10) recoge las vías expresadas por Morin: “a) *El de la irreductibilidad del azar o del desorden; el azar es así definido como una incomprendibilidad algorítmica, es decir, como «irreductibilidad» e «indeductibilidad» a*

² En estas referencias, por tratarse de trabajos seminales, hemos señalado entre corchetes las fechas de la primera publicación con el propósito de ofrecer así una mejor aproximación al horizonte temporal en el que se van gestando las ideas.

partir de un algoritmo, de una secuencia de números y sucesos. b) El de la complicación surgida como consecuencia del número incalculable de interacciones, fundamentalmente en los fenómenos biológicos y sociales. c) El de la relación complementaria y, sin embargo, lógicamente antagonista, entre las nociones de orden, desorden y organización. El principio «order from noise» se opone al principio clásico de «order from order», y al principio estadístico de «order from disorder». d) El de la transgresión en las ciencias naturales de los límites de lo que se podría llamar abstracción universalista, que eliminaba la singularidad, lo local y la temporalidad. Se da así el predominio y la resurrección de las singularidades como fuente de otras singularidades en el cosmos y en la vida misma. e) El de la organización como sistema a partir de elementos diferentes, como unicidad y multiplicidad simultáneamente. Un sistema que es al mismo tiempo más y menos que la suma de sus partes integrantes. f) El de la pérdida de autosuficiencia conceptual del objeto, y del principio de demarcación popperiano. g) El de la incorporación del observador en su observación, como una vuelta a la aspiración auténtica a la verdad y a la reintroducción del hombre en la cosmología a través del denominado principio «antrópico». h) El problema de la contradicción, que hay que entender no como señal indicadora de error, sino como importante instrumento epistemológico de gran capacidad creadora”.

Un indicador de la riqueza de estos desarrollos es el gran número de conceptos que emergen en el proceso –o que cobran un sentido diferente al que tenían tradicionalmente–, destacando, además, que muchos de ellos son de uso multidisciplinar: autoorganización, autopoiesis, autosemejanza, borrosidad, conectividad, caos, catástrofes, constructivismo, creatividad, criticabilidad, emergencia, estructuras disipativas, flecha del tiempo, impredecibilidad, irreversibilidad, no linealidad, orden por fluctuaciones, u orden a partir del ruido.

En líneas generales, el aspecto más destacado de estos trabajos es que generan un cambio sustancial en cómo la ciencia percibe la realidad, cómo van creando una nueva visión del mundo (Ibáñez, 1993). El cambio de óptica se produce de manera muy diferente en cada disciplina –e, incluso, algunas como la cibernética nacen por el camino–, pero podría afirmarse que los investigadores de estas corrientes tienen en común tanto una visión sistémica de la realidad como el hecho de que de una manera u otra se han enfrentado directamente con la complejidad de sus objetos de estudio, eludiendo las simplificaciones tradicionales del método científico en sus respectivas disciplinas.

Desde nuestro punto de vista, dos son los rasgos más significativos de este enfoque. En primer lugar, ponen el acento en el estudio de los fenómenos de organización o, si se prefiere, de *auto-eco-organización*³, que tienen lugar en la naturaleza en los sistemas vivos y en los sistemas sociales. Como dice Wagensberg en su

³ Utilizamos este concepto para designar la capacidad de un sistema para organizarse a sí mismo (auto) en permanente intercambio con su entorno (eco). Se encontrará un amplio desarrollo de este concepto en Morin (1983, p. 58 y ss.).

obra *Ideas sobre la complejidad del mundo* (1994, p. 12), “la noción de «complejidad» tiene que ver sobre todo con dos problemas fundamentales: «el cambio», que atañe a la estabilidad y la evolución, y «las relaciones del todo con las partes», es decir, la estructura y la función”. Es intentando comprender los fenómenos de organización y desorganización o, lo que es la otra cara de la misma moneda, de la relación entre el orden y el desorden, cuando la ciencia se enfrenta de lleno con la complejidad de lo real.

En segundo lugar, y en relación con los puntos f) y g) de Morin, la complejidad vuelve a poner en primer plano la vieja cuestión de la interacción entre el objeto investigado y el sujeto que investiga, puesta ya de manifiesto por Heisenberg en el plano material (óptico) y por Gödel en el plano lógico, mostrando que sigue vigente (Ibáñez, 1994, p. XII y ss.)⁴. Al investigar modificamos el objeto de estudio, de manera que la propia actividad investigadora contribuye a crear en mayor o menor grado la realidad investigada. Esto, que para algunos es una situación epistemológica insalvable, para otros, lejos de representar un obstáculo a la actividad científica, ha supuesto una oportunidad para elaborar teorías cada vez más complejas⁵.

Todo esto ha traído consigo una evolución del presupuesto de objetividad (el sujeto está separado del objeto, y en la investigación del objeto no puede quedar ninguna huella de la actividad del sujeto al investigarlo) al *presupuesto de reflexividad* (el sujeto no está separado del objeto, y en la investigación del objeto quedan siempre necesariamente huellas del sujeto, porque el objeto es producto de la actividad objetivadora del sujeto). En las ciencias sociales, donde los objetos estudiados también son sujetos que se hacen sus propias representaciones, y donde los sujetos investigadores forman parte como objetos de los sistemas que estudian, esta reflexividad alcanza el máximo nivel, aportando otro tipo de complejidad adicional a la que se deriva de las propias características del objeto, y que no puede permanecer ignorada por cualquier intento investigador⁶.

⁴ Véase también, desde una perspectiva más convencional, Sheurer (1982).

⁵ “Precisamente como la verdad no es algo por descubrir o desvelar, sino a construir, gracias a estos principios podemos ir construyendo verdades cada vez más complejas, sin que ese proceso pueda tener nunca fin. Si ambas pruebas científicas son paradójicas por autorreferentes (la prueba empírica exige medir la materia con instrumentos hechos de materia, la teoría exige hablar del habla o hablar del pensamiento), ¿qué hacemos? Pues fácil: como al investigar empíricamente el objeto lo alteramos, tenemos que investigar la investigación del objeto, la que a su vez alteramos, por lo que habrá que investigar la investigación de la investigación del objeto [...] Nos metemos en una cascada infinita de reflexividades. Y en la prueba teórica, si hay una sentencia verdadera que no es demostrable, se introduce como axioma en una metateoría, que a su vez origina una meta-sentencia gödeliana que exigirá meterla como meta-meta-axioma en una meta-meta-teoría, y así entramos en un proceso recursivo transfinito en cascada de teorías cada vez más complejas” (Ibáñez, 1994, p. XIV).

⁶ El intento de solución a estas cuestiones y las sorprendentes respuestas provisionales que se van encontrando hacen surgir otros interrogantes: ¿podemos conocernos a nosotros mismos? o, más exactamente, ¿puede el conocimiento conocerse a sí mismo? Y si es así, ¿con qué reglas lo hace? No podremos detenernos en ellos porque se alejan bastante de nuestros propósitos en este trabajo y, por lo tanto, remitimos a la bibliografía especializada (Ibáñez, 1994; Foerster, 1991; Maturana y Varela, 1973, 1984; Morin, 1978, 1981, 1988, 1992; Navarro, 1998; Watzlawick *et al.*, 1993). Peter Watson en su obra *Historia intelectual del siglo XX* (2002), señala que quizás sea este el principal desafío al que la ciencia no consigue responder.

Así pues, los aspectos de lo que hemos llamado ciencias de la complejidad –que a los efectos de este trabajo resultan particularmente interesantes– se articulan en torno a las nociones de *(auto)organización*, por un lado, y de *reflexividad*, por otro. Ambos son conceptos interdependientes, pues uno no puede ser correctamente entendido sin el otro. Después de todo, la noción de sistema y, por lo tanto, la de organización no pueden concebirse si no es con la presencia de un sujeto que al observar una determinada realidad establezca el nexo organizacional entre sus componentes. La complejidad de lo real no puede separarse del observador que la concibe.

3. UNA NUEVA COMPRENSIÓN DE LA RELACIÓN ORDEN-DESORDEN Y DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO

El protagonismo adquirido por las cuestiones relacionadas con los fenómenos (auto)organizativos puso en el centro de la discusión científica la relación entre el orden y el desorden, y las formas en que estas dos nociones se vinculan en un contexto evolutivo. Esta relación es uno de los problemas más antiguos a los que se enfrenta el saber científico desde sus orígenes⁷, y se ha ido resolviendo en cada momento en función de los temas que estuvieran siendo predominantemente tratados como objeto de estudio.

Así, la ciencia de los siglos XVII y XVIII había entendido tradicionalmente los estados ordenados y desordenados como mutuamente excluyentes. Además, centrada en el estudio del equilibrio en sistemas dinámicos, identificaba el estado de equilibrio con el de máximo orden posible. Esta equivalencia entre la noción de equilibrio y la noción de orden se rompió con la irrupción de la termodinámica en el siglo XIX que, a través de su segundo principio, introdujo el concepto de *entropía*⁸. A partir de aquí, el equilibrio ya no es sinónimo de orden, sino de desorden; se trata, además, de un desorden asociado a la idea de *degradación*, sobre todo desde que Boltzman demostró con la elaboración de una fórmula universal que la evolución de un sistema hacia el equilibrio, hacia su muerte térmica, era la evolución hacia el máximo desorden del sistema. Desde entonces para la ciencia *la evo-*

⁷ Para una amplia discusión de esta cuestión, véanse, entre otros, Balandier (1989), Morin (1981), y especialmente Prigogine y Stengers (1990).

⁸ “El segundo principio, esbozado por Carnot y formulado por Clausius (1850), introduce la idea no de disminución –lo cual contradiría el primer principio–, sino de degradación de la energía. Mientras que todas las demás formas de energía pueden transformarse íntegramente una en otra, la energía que toma la forma calorífica no puede reconvertirse enteramente, y pierde por lo tanto una parte de su aptitud para efectuar un trabajo. Ahora bien, toda transformación, todo trabajo, libera calor y, por lo tanto, contribuye a esta degradación. Esta disminución irreversible de la aptitud para transformarse y efectuar un trabajo, propia del calor, ha sido designada por Clausius con el nombre de «entropía». Desde ahora, si consideramos un sistema que no esté alimentado con energía exterior, es decir, un sistema cerrado, toda transformación se acompaña necesariamente de un incremento de entropía y, según el segundo principio, «esta degradación irreversible no puede más que aumentar hasta un máximo, que es un estado de homogeneización y equilibrio térmico», donde desaparecen la aptitud para el trabajo y las posibilidades de transformación” (Morin, 1981, p. 51). Los signos « » son nuestros.

lución más probable es la que lleva del orden al desorden, de la organización a la desorganización, pues la inversa es altamente improbable (Balandier, 1989, p. 51).

Junto a la constitución de esta tríada *equilibrio-desorden-degradación*, otra consecuencia importante del estudio de la termodinámica es que por primera vez la física ha de enfrentarse al estudio de los fenómenos *irreversibles*. El segundo principio hace una distinción entre pasado y futuro en la evolución de los sistemas. A partir de ese momento hay que considerar la *flecha del tiempo*, que nos muestra la dirección en la que la entropía aumenta (Prigogine y Stengers, 1990, p. 162).

Estos cambios no tuvieron un efecto revolucionario en el quehacer científico, ya que durante el siglo XIX y principios del XX la descripción estadística de los sistemas desordenados permitía su control, lo que significaba más o menos restaurar el orden. Sin embargo, no tardaron en surgir nuevos interrogantes sobre la presencia del orden en una naturaleza en la que lo más probable es el desorden. Dicho con otras palabras, la ciencia comenzó a preguntarse: *si el desorden es la situación más probable en la naturaleza, ¿por qué observamos a nuestro alrededor materia ordenada, organizada?, ¿cómo es posible la vida en un universo en el que la degradación de la energía, y con ella de toda la organización posible, es una ley inexorable marcada por el segundo principio de la termodinámica?* Los intentos de respuesta han surgido de forma independiente en terrenos muy dispares y, por lo tanto, son bastante diferentes, aunque tienen cierta conexión a través del concepto de *autoorganización* de los sistemas y de la idea de que si esta última es posible es porque *los sistemas tienen un entorno con el que pueden intercambiar entropía*. De esta forma, es posible que en *condiciones determinadas* estos sistemas consigan mantenerse ordenados e, incluso, reordenarse (reorganizarse); en definitiva, constituirse en *islas locales de orden* a costa de la degradación energética de su entorno más inmediato, es decir, del *desorden global*.

A continuación se presentan las tres tentativas de articulación de las nociones de orden y desorden que más trascendencia han tenido en la actividad científica en general, y en cuyo desarrollo pusieron totalmente en cuestión el enfoque económico convencional: el concepto de *orden a partir del ruido*, el concepto de *orden por fluctuaciones* y la idea matemática de *orden en el caos*.

◆ *Orden a partir del ruido*. El principio que explica esta idea de auto-eco-organización, según la cibernética, es el principio de *orden a partir del ruido* acuñado por Von Foerster (1960), que se fundamenta en la idea de que el sistema selecciona del desorden que existe en el entorno –del ruido de fondo– los elementos que contribuyen a aumentar el orden en el interior del sistema (Von Foerster, 1991, p. 39). El mecanismo por el que esto se produce queda oculto al observador, que lo único que puede ver es una emergencia de orden en un entorno muy desordenado.

Esta idea ha sido utilizada en la biología por la escuela cibernética chilena –cuyos principales exponentes fueron Maturana y Varela (Balandier, 1989, p. 53)– para explicar el concepto de sistemas autopoieticos. Estos sistemas son capaces de

organizarse de tal manera que su único producto son ellos mismos, son sistemas en los que su ser y su hacer son inseparables, y eso constituye su modo específico de organización (Ibáñez, 1993). Y esa auto-eco-organización se produce a través de una *selección* por parte del sistema de los elementos de su entorno desordenado que le permitan conservarse a sí mismo como sistema.

La relación de la idea cibernética de autoorganización con la disminución de entropía viene de la mano de la teoría matemática de la *información* elaborada por Shanon. Como se sabe, el concepto de información es de vital importancia para la cibernética por cuanto esta pretendía encontrar una concepción teórica de máquinas capaces de tener un propósito u objetivo, así como de corregir su propio funcionamiento para llegar a alcanzarlo. Se quería diseñar un sistema finalista autorregulado, y para ello era de crucial importancia que este supiera captar las informaciones del entorno (Von Foerster, 1991, p. 21).

Por otro lado, la teoría de Shanon⁹ considera la información como una medida de la incertidumbre de un observador ante un mensaje, y la cuestión es que su formulación es idéntica, aunque con sentido negativo, a la de Boltzman, quien relacionaba entropía con desorden en un sistema. Esta analogía ha llevado a varios intentos de establecer alguna relación entre ellas¹⁰. Una aproximación intuitiva de esta relación puede consistir en observar el hecho de que cuanto más ordenado –mínima entropía– esté un sistema, más información nos ofrecerá como observadores externos; por el contrario, si está desordenado –máxima entropía– nos proporcionará ninguna o una mínima información (Gómez-Pallete, 1995, p. 72 y ss.).

Así pues, a partir de esta equivalencia inversa entre entropía e información, el principio de orden a partir del ruido puede ser entendido tanto como el trasiego de un flujo de información como el de entropía entre el sistema y el entorno.

Usando este concepto de información y considerando un comportamiento de los sistemas vivos análogo al de los sistemas cibernéticos, los biólogos han ido perfilando un concepto de evolución de los sistemas autoorganizativos hacia una mayor complejidad¹¹ (Brockman, 1996). Así, el desorden del entorno aumenta la complejidad del sistema al menos en dos sentidos: en el que propone Atlan, que cree que el ruido, los errores de transmisión de información entre el sistema y su ambiente pueden provocar en algunos casos –contraviniendo la tendencia más probable de degradación en la organización del ser vivo– una mutación biológica evolutiva que aumente la complejidad organizacional (Morin, 1981, p. 349); y en el que postula Wagensberg, que afirma que la incertidumbre en el ambiente –el desorden– obliga al sistema a aumentar su complejidad. Lo que formula es que cuanto más incierto

⁹ Esta elaboración no hace referencia al contenido semántico de la información, sino que la mide sobre la base del cálculo binario a partir de la probabilidad de ocurrencia de un evento en relación con el número total de posibilidades. Véase Morin (1981, p. 345).

¹⁰ Son muchos los autores que han quedado fascinados por este asunto, aunque se entiende que “*es una idea extraordinariamente fecunda, pero que puede dar lugar a generalizaciones o asimilaciones imprudentes*” (Monod, 1984, pp. 203-204, citado en Gómez-Pallete, 1995, p. 72).

¹¹ Este es uno de los principales trabajos del biólogo francés Atlan (1972, 1990).

sea el entorno, más ha de *complejizarse* el sistema, más ha de diversificarse para poder mantener su régimen de funcionamiento.

Según Wagensberg (1994, p. 68)¹², “*Los sistemas que vemos a nuestro alrededor gozan de cierta estabilidad –por eso podemos verlos–. Eso significa que son capaces de defenderse de la contingencia, del azar, ruido y de las fluctuaciones propias y de su entorno. Adaptarse significa amortiguar las sorpresas que el mundo depara, hacerse insensible a ellas. La ignorancia del sistema con respecto al entorno es un reto para el sistema, de modo que este se ve obligado a aumentar su complejidad para hacer frente a tal ignorancia. Evolucionar es superar una adaptación y asumir la siguiente. La otra alternativa sería, claro, desaparecer. Por ello, todo lo que vemos es complejo. Complejizarse o morir, sería la frase. El hombre –una de las complejidades más interesantes– es un buen ejemplo de ambas alternativas. Está claro que, desde los tiempos de las cavernas hasta hoy, el hombre se ha ido independizando del azar con el que el entorno le mortifica. Teme menos las condiciones climáticas adversas, no depende tanto de los golpes de la fortuna para alimentarse, ha inventado el dinero para amortiguar las oscilaciones de la desventura local y el crédito para amortiguar las oscilaciones del dinero*”.

En cualquiera de los dos casos, el desorden, el ruido y la incertidumbre se presentan aquí como principios de orden, de organización y de complejidad creciente.

♦ *Orden por fluctuaciones.* Paralelamente a los trabajos de la cibernética, y de forma independiente, el desarrollo de la termodinámica no lineal trata de buscar su propia respuesta a las preguntas de por qué y cómo hay orden en un mundo que debería estar, de acuerdo con el segundo principio de la termodinámica, totalmente desorganizado. La escuela de Bruselas –fundada por Theophile de Donder y continuada por su discípulo Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química en el año 1977– lleva años investigando esta cuestión a través de los conceptos de orden *por fluctuaciones* y de *estructuras disipativas*.

La idea de partida de Prigogine fue establecer que las leyes de la termodinámica clásica funcionan en los sistemas disipativos¹³ aislados y en los cerrados, pero no así en los sistemas disipativos abiertos en los que hay intercambio de materia y energía con el entorno. En los primeros, el equilibrio se produce cuando el sistema alcanza el máximo entrópico (máximo desorden, muerte térmica); en los cerrados, el equilibrio tiene lugar cuando la energía libre del sistema es mínima (un ejemplo de esto es la formación de cristales). Prigogine descubrió en el año 1945 que en los sistemas abiertos el potencial (lo que marca la dirección del equilibrio) es la *producción mínima de entropía* por parte del sistema, es decir, que el sistema produce entropía, pero no llega a un máximo porque puede “expulsarla” al entorno. Mien-

¹² Sobre este punto, véase también Wagensberg (1998).

¹³ Los sistemas disipativos son aquellos en los que la actividad del sistema provoca que la energía, aunque conservándose, se disipe. Se oponen a los conservativos, que son sistemas ideales en los que no se produce esa “degradación” de la energía. La economía neoclásica convencional formaliza inspirándose en este último tipo de sistemas. Véase Mirowski (1996).

tras la producción de entropía sea mínima, el sistema permanecerá en equilibrio manteniendo el orden que le sea aferente.

Pero, ¿qué ocurre en el no equilibrio? En las inmediaciones del equilibrio no ocurre, pues, nada especial: las relaciones entre las causas y los efectos que intervienen en la producción de entropía son lineales, de manera que las pequeñas fluctuaciones que se produzcan acabarán por ser absorbidas. Es en este sentido figurado en el que se dice que el equilibrio actúa como estado “atractor”. Sin embargo, en regiones alejadas del equilibrio ya no rige el potencial de mínima producción de entropía, las relaciones aludidas entre las causas y los efectos que intervienen en la producción de entropía son no lineales (se realimentan), y estas son las que permiten que una pequeña fluctuación interna en el sistema se amplifique de forma que lo invada completamente hasta generar una nueva estructura o modificar la que tenía inicialmente (Prigogine y Stengers, 1990, cap. V-VI; Nicolis y Prigogine, 1997; Prigogine, Herman y Allen, 1977). Así pues, *es en las situaciones alejadas del equilibrio donde pueden surgir nuevas organizaciones estructuradas*. La evolución hacia la complejidad de los sistemas biológicos o sociales, cuya característica más notoria es que son abiertos, es una buena muestra de ello.

De esta manera, la disipación de la energía y de la materia, que solo es posible en un sistema abierto, puede llevar a este nuevo orden –partiendo del antiguo–, generando estructuraciones que en honor a su origen se denominan *estructuras disipativas*. Esta extensión de la fluctuación por todo el sistema se produce en unas determinadas condiciones, a partir de unos puntos críticos, de un umbral de inestabilidad, que son los llamados *puntos de bifurcación*. Es imprescindible que el sistema tenga un tamaño lo suficientemente grande como para conservar cierta autonomía con respecto a su entorno; en otro caso, el estado de ese entorno condiciona demasiado el sistema como para que puedan ampliarse las fluctuaciones que se originan a partir de su propia dinámica.

Por otro lado, la aparición de estas estructuras disipativas que, en definitiva, podrían entenderse como fluctuaciones gigantes estabilizadas por el intercambio de materia y energía, implican el desarrollo de una coherencia del comportamiento global del sistema que parte de los movimientos desordenados de los elementos que lo constituyen. La evolución de los sistemas inestables que posean las características citadas dependerá de la naturaleza de la fluctuación que lo desestabilice, y que al ampliarse acabe por dirigirlo a uno de los estados macroscópicos posibles.

El estado final de un sistema inestable será, por lo tanto, un punto al que se ha llegado siguiendo un diagrama concreto de bifurcaciones, tendrá una historia real entre todas las historias posibles (Prigogine, 1993b, p. 192). A esta creación de orden desde el desequilibrio es a la que se denomina *orden por fluctuaciones*, que se define apoyada en los conceptos de historia, estructura y actividad funcional.

Según Prigogine (1993b, pp. 265-266), “*La evolución de cada sistema se desglosa en dos fases. Primero, el régimen existente entre las inestabilidades, que es determinante en el sentido de que ecuaciones tales como las de la cinética química*

o de la dinámica de población determinan el proceso de las variables del sistema. Sin embargo, la segunda fase es el comportamiento del sistema próximo a la inestabilidad. Se trata de un fenómeno «estocástico» o «al azar», ya que la evolución del sistema está determinada por la primera fluctuación que se produzca y que conduzca al sistema a un nuevo estado estable. Recurriendo al lenguaje sociológico, la función puede considerarse como la «microestructura» del sistema, mientras que a la organización a gran escala espacial o espacio-temporal corresponde a la «macroestructura». Una fluctuación local origina una modificación local de la microestructura que, si los mecanismos reguladores resultan inadecuados, modifica la macroestructura. Esto, a su vez, determina el «espectro» de posibles fluctuaciones futuras. Por lo tanto, tenemos en ello la expresión natural de la idea de que las sociedades funcionan como una máquina, refiriéndonos a períodos deterministas entre las inestabilidades, y que la sociedad está regida por «acontecimientos críticos» –por ejemplo, «grandes hombres»–, que se producen en momentos de inestabilidad. Lejos de contraponer «azar» y «necesidad», consideramos que ambos aspectos son esenciales en la descripción de sistemas no lineales inestables».

El desorden se presenta aquí al nivel de las fluctuaciones que, en el caso de prosperar, pueden llegar a modificar la estructura, que es la manifestación del orden del sistema.

♦ *Orden en el caos.* Paralelamente, en otros campos –como los trabajos de Lorenz en meteorología, o de Smale en sistemas dinámicos diferenciables– el estudio de la dinámica de sistemas formalizables en términos de ecuaciones no lineales estaba presentando rasgos inesperados: sistemas de ecuaciones no lineales perfectamente determinados mostraban una dinámica caótica cuando su evolución era seguida en el tiempo. El atractor de estos sistemas –el tipo de equilibrio al que tienden en el tiempo– no coincidía con ninguno de los conocidos –punto fijo, ciclo límite o toro–, todos ellos predecibles. Esto hizo que se les denominara *atractores extraños*. El grupo de trabajos que los investigaba se conoce como *teoría del caos*.

Estos nuevos atractores tenían la peculiaridad de ser de bajas dimensiones¹⁴, es decir, poseían escasos grados de libertad, eran aperiódicos o, lo que es lo mismo, ni se repetían ni se cortaban a sí mismos, y su órbita seguía una línea infinitamente larga en un área finita, presentando además la propiedad de ser especialmente sensibles a las condiciones iniciales¹⁵. Esto hacía imprevisible el estado futuro del sistema, aunque se conociera la ley dinámica que regía su evolución y que esta tuviera una forma muy simple.

¹⁴ En realidad, su dimensión se corresponde con un número fraccionario respondiendo a un tipo de geometría investigada por Benoit Mandelbrot, que se conoce como geometría fractal. En su presencia es como si el sistema no ocupara todo el espacio que le corresponde, no explorara todas las posibilidades. Su dimensión es inferior al número de parámetros necesarios para especificar el sistema. Su forma geométrica permanece inalterada sea cual sea el aumento con el que los observemos, un fenómeno que se conoce como auto-similaridad. Carecen de escala. Véase Lorenz (1995).

¹⁵ De hecho, para E. Lorenz, la dependencia sensible es sinónimo de lo que se ha dado en llamar caos –de ahí la famosa metáfora del “efecto mariposa”–.

Además, las bases de atracción del sistema pueden saltar de un punto a otro en función de fuerzas de atracción y repulsión –en este sentido es en el que se dice en la bibliografía sobre el caos que existen puntos *fuelle* y puntos *sumidero*–. Si el sistema se rige por un gradiente de potencial, la separación entre dominios de atracción puede considerarse un conjunto de bifurcación o de catástrofe en términos de la teoría de las catástrofes (Thom, 1987 [1977]). Las bifurcaciones pueden presentarse en un diagrama con la forma de un árbol, en el que las bifurcaciones representarían las ramas. Si las bifurcaciones secuenciales son muy rápidas, aparece un comportamiento caótico. Sin embargo, es frecuente que en estos diagramas de bifurcación puedan aparecer *islotes de orden*, zonas en las que no se producen bifurcaciones y que, normalmente, son presentadas en estos diagramas como espacios en blanco (Gleick, 1994, pp. 69-80). Volvemos a encontrar, pues, pero esta vez en el nivel de descripción matemática, orden y desorden de nuevo unidos: comportamientos aparentemente aleatorios de un sistema pueden esconder un orden subyacente perfectamente determinado.

El desarrollo del instrumental matemático elaborado por la matemática no lineal ha contribuido a la formalización de alguno de los fenómenos estudiados por la cibernética y por la termodinámica no lineal, de ahí que se produzcan situaciones en las que los términos y conceptos de unas y otras elaboraciones aparezcan conectados. No obstante, ha de mantenerse la precaución a la hora de comparar los conceptos de orden y desorden sostenidos en unos y otros trabajos, pues a menudo se refieren a conceptos diferentes.

Pero, a pesar de sus diferencias, hay algo que todas estas elaboraciones ponen de manifiesto: que ya no existe una única relación entre el orden y el desorden, pues el uno ha dejado de ser la negación del otro, *la relación se ha revelado mucho más compleja, irreducible, no simplificable*. Ninguno de estos conceptos puede ser aislado, ni considerado sustancial o autosuficiente. Ambas nociones remiten la una a la otra, se relativizan. Estos conceptos son *a la vez complementarios* –no existe el uno sin que exista el otro–, *concurrentes* –coexisten en su origen y desarrollo– y *antagonistas* –uno excluye al otro–¹⁶.

4. NI DETERMINISMO NI INDETERMINISMO: EL AZAR Y LA NECESIDAD COMO FUENTES DE LA ORGANIZACIÓN

La compleja relación entre las nociones de orden y desorden como dos caras de un mismo fenómeno puede captarse mejor si la entendemos a través de conceptos mediadores como la *interacción* –interacciones aleatorias desencadenan en condiciones determinadas efectos necesarios–, la *transformación* –de elementos dispersivos en un todo organizado y de un todo organizado en elementos dispersivos– y la *organización*, este último como concepto fundamental que une la idea de interre-

¹⁶ Para un conjunto de sugerentes ideas y comentarios sobre la radicalidad y complejidad de la relación entre orden y desorden, véase Morín (1981, p. 94 y ss.).

lación a la idea de sistema. Parafraseando a Morin en la obra citada, *la organización sería el rostro interiorizado del sistema (interrelaciones, articulaciones, estructura) y el sistema el rostro exteriorizado de la organización (forma, globalidad, emergencia)*.

La organización es lo que hace que el todo sea *más* que la suma de las partes a través de las *propiedades emergentes*, y lo que hace además que el todo sea *menos* que la suma de las partes por los *constreñimientos* que ejerce la totalidad organizada sobre las propiedades de cada parte considerada de modo independiente. Así pues, asumir la complejidad de lo real obliga a poner el centro de la investigación en las *interacciones*, las *emergencias* y los *constreñimientos* que afecten a la diversidad de elementos y eventos que constituyen el sistema objeto de nuestro estudio, así como a la unidad del sistema como un todo.

Otra cuestión de capital importancia es el factor temporal. La organización no es desorganización a la inversa, pues no se puede volver a deshacer un grupo en cada uno de sus componentes y que estos queden inalterados, ya que los procesos organizativos se desarrollan en un *tiempo irreversible*. La organización, esto es, la relación orden/desorden, pone de manifiesto la complejidad del tiempo en el que se desarrolla.

En el siglo XIX se demostró que en el transcurso del tiempo tienen lugar dos tendencias contrapuestas que coexisten y que actúan simultáneamente: por un lado, existe una evolución temporal marcada por el segundo principio de la termodinámica, que nos dirige hacia la máxima degradación y la muerte térmica; y, por otro lado, tenemos el tiempo de la vida, el de la evolución de las especies de Darwin y el tiempo del progreso social en el que nos hizo creer la Revolución Francesa. Todas las tendencias se producen a la vez en un tiempo que es irreversible, que no es un continuo devenir, sino que como tiempo real es *sincrético* (Morin, 1981, p. 108).

Un último aspecto que queremos destacar es que la relación compleja entre el orden y el desorden propone una nueva relación entre las nociones derivadas de determinismo (orden simple y causalidad simple) y necesidad (constreñimiento ineluctable) por un lado, e indeterminismo y azar (imprevisibilidad) y libertad (posibilidad de decisión y de elección) por otro. La complejidad, al admitir que el desorden es fuente de orden, incluye el evento como generador de orden futuro, de leyes futuras. Un evento –una fluctuación, un ruido, un suceso ocasional, una idea– con su carácter no regular, no repetitivo, singular, puede provocar en circunstancias apropiadas un cambio organizativo. Una interacción casual puede provocar un nuevo modo de regulación del sistema, un nuevo modelo de interacciones regulares y permanentes entre los elementos del sistema.

Según señala Morin (1981, p. 108), “*se rompe la idea de que no hay ciencia más que de lo general*”. Lo particular, lo singular, lejos de anularse, es absolutamente relevante en la configuración de los fenómenos de la vida real. El azar, lo indeterminado –representado por el evento, por lo singular–, se mezcla así con la necesidad. Lo determinado –representado por la regularidad, la norma, la ley– y el

resultado son una realidad que está determinada solo parcialmente, que conserva intacto su potencial creativo.

De esta manera, las ciencias de la complejidad a través del estudio de los sistemas autoorganizativos presentan una naturaleza creativa en la que el “genio humano” tiene perfecta cabida sin necesidad de recurrir al dualismo cartesiano. Los seres humanos son creativos y sus destinos están en parte indeterminados porque pertenecen a la naturaleza, no porque sean seres creados de forma aislada. La libertad de elección humana encaja mucho mejor en esta visión que en la de una naturaleza automática a la que el ser humano es completamente ajeno. En este sentido es en el que se establece una “nueva alianza entre el hombre y la naturaleza” de la que forma parte (Prigogine y Stengers, 1990).

Este es un enfoque que considera que la naturaleza escribe y reescribe sus propias leyes en el transcurso de un tiempo irreversible, constituyendo una actividad en permanente creación en la que intervienen tanto elementos azarosos como los que resultan causalmente necesarios. Esta perspectiva ha parecido a un número significativo de economistas bastante más apropiada que la mecanicista clásica para constituir un marco en el que encajar el estudio de los fenómenos relacionados con la actividad humana. Una actividad que, si bien está sujeta a los *constrañimientos* del contexto en el que se desarrolla –de ahí lo determinado de la acción, la acción necesaria–, también encarna la posibilidad humana de actuar libremente, desplegando todo su potencial creativo, y provocando la *emergencia* de nuevos fenómenos sorprendentes e inesperados.

No obstante, a pesar del interés despertado por este enfoque en la autoorganización de los sistemas, y aunque en los últimos años se ha producido un gran desarrollo de teorías y métodos aplicados al estudio de la complejidad, hoy en día carecemos de una teoría acabada sobre la organización. Sigue en vigor la advertencia de Wagensberg (1994, pp. 12-13) de hace casi dos décadas: “*La ciencia puede explicar ya complicados fenómenos irreversibles de reacción-difusión en bioquímica (ha elaborado leyes que describen su evolución en el tiempo), pero, y a pesar de la gran cantidad de datos acumulados sobre la organización biológica y bioquímica, carecemos de una teoría para el crecimiento, la diferenciación, la regulación, ya sea de un ser vivo, de una sociedad o incluso de ciertos ingenios humanos. Las leyes de la física, aunque compatibles con esos procesos, son incapaces de describirlos. Carecemos de una teoría de la organización. He aquí el problema*”.

5. LA RUPTURA DEL CONCEPTO DE DISCIPLINA. LA CIENCIA CYBORG

Otro impacto de gran trascendencia de las ciencias de la complejidad es que han cambiado para siempre la forma de hacer ciencia, incluso para aquellos que no han estado directamente involucrados en el cambio. En efecto, el hecho de que el enfoque autoorganizativo sea eminentemente sistémico y ponga el énfasis en el es-

tudio de las *emergencias* más que en el de las *sustancias*, hace que este sea un campo idóneo para que fenómenos concretos de muy diversa naturaleza –reacciones químicas, configuración del láser, formación de nichos ecológicos, localizaciones de centros financieros– puedan ser investigados bajo un mismo prisma. Esto provoca que campos científicos muy diferentes estén articulando un lenguaje y una batería de métodos matemáticos y de herramientas informáticas comunes en torno al estudio de complejos fenómenos autoorganizativos.

Pero esta transdisciplinariedad no es un hecho acabado, está también en construcción. En este sentido, Philip Mirowski plantea la noción de ciencia *cyborg* como un nuevo estilo de interrogación sistemática sobre los orígenes de la materia, la vida, la inteligencia y la cultura, que se define por la confabulación de diferentes metáforas matemáticas –como las desarrolladas en la termodinámica estadística, en la biología evolutiva o en la computación informática– que tratan de aprehender la difuminación de las fronteras que separan el orden del desorden, la naturaleza de la sociedad¹⁷.

Mirowski cree que esta noción debería sustituir a la concepción académica de ciencias distintivas y autosuficientes que hemos sostenido durante la segunda mitad del siglo XX. Para este autor “*las ciencias «cyborg» suelen ser el resultado de la invasión de una ciencia, por lo general de una que trata nominalmente del mundo biológico o social, por otra que supuestamente versa sobre el mundo inanimado, produciéndose un curioso híbrido que adquiere entonces una cierta vida y momentos propios*” (Mirowski, 1996, p. 114). Ejemplos de estas ciencias *cyborg* serían la genética molecular, la teoría de la información, la ciencia de computadores, la teoría del caos, la cibernética, la neuropsicobiología, la vida artificial, la teoría de sistemas, la investigación de operaciones y la teoría de juegos.

Se puede comprobar, además, que el desplazamiento cultural hacia las ciencias *cyborg* está acompañado de otro desplazamiento, que se produce desde la física propiamente dicha como paradigma de todo conocimiento humano efectivo hacia una amalgama de biología/teoría de la información/física (Witt, 2008).

Pero lo que caracteriza a este tipo de ciencias no es solo su temática, sino sobre todo la forma en que se lleva a cabo esta producción científica, que es impulsada por administradores científicos forjados en la experiencia de la Segunda Guerra Mundial y realizada con financiación militar.

Como señala Mirowski (1996, p. 115), “*Las ciencias «cyborg» son «big science» por excelencia, el producto de una coordinación planificada de equipos con objetivos preestructurados, con un caro equipamiento interdisciplinar y con modos de operar explícitamente impuestos. La estructura de la ciencia «cyborg» muestra con frecuencia la fascinación castrense por la trinidad «órdenes, control e infor-*

¹⁷ Mirowski toma el concepto de *cyborg* de la feminista Donna Haraway, concepto acuñado por esta al replantearse críticamente la posición del movimiento feminista en el seno de la actual cultura tecnocientífica. Para Haraway (1999, p. 129), el *cyborg* es un “*compuesto de lo orgánico, lo técnico, lo mítico, lo textual y lo político*” y el sujeto *cyborg* es el resultado de la hibridación de los actores –que no han de ser necesariamente humanos– que intervienen en la conformación de lo que entendemos por “naturaleza” y por “cultura”.

mación» tanto al nivel de la conceptualización como al de la implementación; rápidamente acaba convirtiéndose en la provincia de una élite técnica estrechamente definida, un grupo que mantiene su estatus en gran medida gracias a sus nuevas posiciones en las encrucijadas del complejo militar/gubernamental/industrial”.

Sin embargo, no debemos confundir el todo con la parte. El desarrollo de las ciencias *cyborg*, aunque forma parte del desarrollo de las ciencias de la complejidad, no las agota completamente. Si se quiere, las primeras vienen a constituir la expresión más formalizada de las segundas, pero aún quedan muchas cuestiones muy importantes que no pueden ser aprehendidas por los actuales métodos de formalización. De ahí, la ya mencionada queja de Wagensberg sobre la carencia de una teoría de la organización.

6. DISTINTAS LECTURAS DE LA COMPLEJIDAD EN LA CIENCIA ECONÓMICA¹⁸

A lo largo de las tres últimas décadas, la economía se ha visto atraída por los planteamientos de las ciencias de la complejidad, especialmente por la idea de autoorganización en el nivel macroscópico del sistema a partir de los estados desordenados en el nivel micro, ya que recordaba en gran medida a la vieja idea familiar para los economistas del sistema económico como un sistema autorregulado. Asimismo, otro importante punto de interés era que la complejidad permitía incluir la innovación y la creatividad en el seno mismo de la dinámica del sistema, y esto resultaba muy atractivo para cualquier investigación que pretendiese abordar el estudio de la actividad humana con algo más de realismo que el de la economía neoclásica.

Principalmente alrededor de estos intereses, pero de diferente forma y por distintas razones en función de la importancia conferida a cada aspecto y del papel que desempeña la elaboración de modelos formalizados en cada enfoque, la complejidad ha ido influyendo en economistas de muy diversos campos tanto en la economía convencional del momento (Gintis, 2006; Foster, 2004; Colander *et al.*, 2003; Holt *et al.*, 2010; Kirman, 2006) como en otras corrientes tradicionalmente consideradas heterodoxas, como el estructuralismo (Perroux, 1984) o los diferentes enfoques del institucionalismo evolutivo (Witt, 2008).

Todos estos desarrollos están cambiando la forma en que se investiga en economía; no obstante, no todos convergen en una misma visión de lo que es el sistema económico y su evolución. Y tampoco parece claro que estas renovaciones conceptuales y metodológicas estén logrando significativamente cerrar la brecha existente entre las dos grandes tradiciones que dividen a la profesión: quienes defienden la modelización axiomática –aunque la renovación del enfoque traiga consigo supuestos progresivamente más realistas y los avances en la computación

¹⁸ Véase también Miedes (1998, 1996, 1993). Muchas de las ideas expuestas en esta sección tienen su origen en el trabajo seminal de De Paz (1989). Véase también De Paz (1995).

permitan establecer simulaciones—, el enfoque preferido de la economía convencional; y quienes creen que la economía debería asentarse sobre bases empíricas y dar mejor cuenta de los procesos observados en la evolución histórica real —aprovechando las nuevas posibilidades de la computación y de tratamiento de grandes conjuntos heterogéneos de datos, como los análisis multivariantes y de redes, por ejemplo—, planteamiento de las escuelas más heterodoxas como el estructuralismo o el institucionalismo. Las siguientes subsecciones tratan de ilustrar cuáles son los puntos principales del cambio en cada caso.

6.1. CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD EN LA ECONOMÍA CONVENCIONAL¹⁹: LA INVASIÓN DE LAS CIENCIAS CYBORG

La permeabilización del enfoque de las ciencias de la complejidad en la economía convencional trajo como consecuencia que se pusieran de manifiesto importantes puntos de conflicto con el enfoque más tradicional, pues incluir la complejidad en el análisis suponía reconocer, entre otras cosas, que las economías son sistemas abiertos, dinámicos, creódicos —susceptibles de *path-dependence*—, no lineales; que la idea de equilibrio en reposo para una economía real o un mercado era una quimera; que la economía es más bien un sistema evolutivo a través de la diferenciación, de la selección, de la amplificación, y que el tiempo es una variable crítica; que los mercados son complicados, no son perfectamente eficientes y están en continuo cambio, y que la oferta raramente iguala a la demanda, de modo que raramente se vacían; que la historia de los agentes económicos es importante y que sus relaciones cambian con el tiempo; que la gente tiene información, racionalidad y capacidad de aprendizaje limitados; y que en general, los macro-efectos emergen explícitamente de los micro-comportamientos y de la interacción (Davis, 2008, p. 49; Beinhocker, 2006).

Como ponen de manifiesto Colander *et al.* (2003) y Holt *et al.* (2010), algunos de estos planteamientos, aunque de forma discontinua y fragmentada, han ido invadiendo progresivamente las teorías y métodos de análisis de la economía convencional, especialmente el aparato formal. En este sentido, hace ya más de una década que Mirowski llamaba la atención de sus colegas de la historia de la ciencia económica para advertirles que debían familiarizarse con este tipo de trabajos, porque estos, según él, habían convertido la ciencia económica en un aposento paradigmático de las ciencias *cyborg*²⁰. La teoría de juegos, las “ciencias de la comple-

¹⁹ En este epígrafe denominaremos “economía convencional” a aquella que se identifica con el *mainstream* de la disciplina, el conjunto de elaboraciones que es considerado de valor por la élite de la especialidad, establecida en centros de investigación y en las direcciones de las revistas de reconocido prestigio, principalmente en sedes norteamericanas.

²⁰ Según Mirowski (1996, p. 115), “*Toda gran transformación ocurrida en la ortodoxia de las ciencias económicas tras la Segunda Guerra Mundial es más o menos función directa de un desarrollo anterior de una ciencia «cyborg» próxima; más aún, la innovación solía ser promovida por uno de los actores principales de las ciencias «cyborg» preexistentes con el apoyo directo del mecenazgo militar o de alguna fundación.*”

alidad” del Instituto de Santa Fe en Nuevo México (aplicadas al paradigma evolutivo en economía matemática e inspiradas en la cibernética de Winer y en la teoría de los autómatas lógicos de Von Neuman²¹); la teoría de la racionalidad limitada de Herbert Simon y su crítica a las expectativas racionales²²; en definitiva, aquello que, según Mirowski (1996, p. 116) empezó a ser “considerado «excitante» por la élite de la vanguardia investigadora en la ciencia económica ortodoxa norteamericana, por no hablar de los más brillantes graduados, estaba determinado por lo que otras ciencias «cyborg» habían precipitado una generación anterior”.

Según Holt *et al.* (2010, p. 11), el tiempo le ha dado la razón, y en la relación de los temas más actuales en la economía convencional actual se incluirían el tratamiento de problemas en esa misma línea: la teoría de juegos evolutiva, redefiniendo cómo las instituciones se incorporan en el análisis; la economía del comportamiento, redefiniendo el concepto de racionalidad; la redefinición de la teoría del equilibrio general para incorporar los nuevos planteamientos de la complejidad; la modelización informática basada en los agentes (*agent based computational economics*, ACE) y el uso de la simulación como un intento de restablecer los microfundamentos de los comportamientos macro en los sistemas complejos adaptativos.

De este modo, especialmente en este último punto, el pensamiento económico convencional, no sin resistencia, ha visto como la invasión de los *cyborgs* iba desplazando su centro de gravedad desde el estudio de los problemas económicos en forma de optimización sujeta a restricciones hacia una nueva manera de ver la realidad económica en forma de un fenómeno de procesamiento de la información.

A pesar del entusiasmo generado por este tipo de modelos (Farmer y Foley, 2009), y aún reconociendo su potencial heurístico para el establecimiento de nuevas hipótesis, una pregunta que su detallado análisis formula es si realmente este tipo de enfoque permite obtener mejores explicaciones y predicciones de los fenómenos económicos que observamos día a día y de su evolución a corto, medio y largo plazo. Quizá sea pronto para saberlo y la mejora progresiva de los modelos

²¹ Como muestra significativa del variopinto conjunto de trabajos realizados en Santa Fe en sistemas complejos adaptativos, véanse especialmente los de Anderson *et al.* (1988), Arthur (1985, 1988, 1990, 1992, 1994), Krugman (1994, 1997), Allen y Sanglier (1981) o Scheinkman y Woorford (1994). En general, como resume muy bien Izquierdo (1998, p. 5) “la parte más desarrollada de la literatura sobre «complejidad y adaptación económica» son los modelos de cambio tecnológico intencional en economías de mercado sujetas a rendimientos crecientes a escala y sus generalizaciones macroeconómicas en el campo de la teoría del crecimiento autosostenido. Otros importantes componentes de esta nueva teoría económica son los modelos de equilibrios estocásticos múltiples [...] en el campo de la teoría dinámica del equilibrio general en economías monetarias de generaciones solapadas, los modelos de fluctuaciones no lineales y ciclos económicos endógenos en macroeconomía, los modelos de concentración espacial en el análisis económico de la localización empresarial y el comercio a larga distancia, y la interpretación evolutiva de la coordinación económica que ofrecen los trabajos sobre modelos de juegos dinámicos estocásticos con información imperfecta y racionalidad limitada”.

²² Que cambia el propio concepto de racionalidad y, por lo tanto, no puede considerarse un caso especial dentro del postulado de racionalidad sostenido hasta ahora por la economía ortodoxa. Como afirma Simon (1982, p. 271), citado por Mirowski, 1996, p. 127), su principal exponente, “para el sujeto que percibe la situación como una en la cual las probabilidades pueden cambiar, y que está más atento a ganarle la mano al experimentador (o a la naturaleza) que a maximizar sus ganancias esperadas, la racionalidad es algo bastante diferente”.

permita avances significativos en el futuro, pero hoy en día hay algunas cuestiones que suscitan serias dudas al respecto.

Por un lado, porque el tipo de formalización que está siendo utilizada, aunque en sus desarrollos más elaborados permite describir adecuadamente algunos fenómenos evolutivos en los que la novedad desempeña un papel importante, por el momento no permite explicarlos²³ (Morone y Taylor, 2012). La razón de ello es que, dado que las innovaciones no se conocen hasta que surgen, solo se podría dar la modelización *ex-post* de estos fenómenos, ya que una conjetura de un posible modelo *ex-ante* exigiría un análisis histórico exhaustivo previo de la evolución del fenómeno objeto de estudio, lo que supondría la necesidad de combinar el análisis teórico con el análisis histórico. Es decir, se hace imprescindible que los modelos teóricos se elaboren a partir de los datos existentes relativos a los estados pasados del sistema. Por otro lado, resulta necesario, además, que esos datos puedan ser recogidos y tratados con procedimientos equiparables a los de las ciencias experimentales²⁴.

Es cierto que se aprecian algunos cambios en este sentido en la economía convencional. De hecho, el trabajo de Holt *et al.* (2010) también postula que la complejidad ha traído consigo una mayor preocupación por el entorno natural –prácticamente ausente en la economía neoclásica– que se está desarrollando en el campo de la economía ecológica; una mayor atención de la econometría al tratamiento de las pruebas empíricas; y el desarrollo de la economía experimental, especialmente en el campo de la economía del comportamiento (*ibidem*). Pero estos desarrollos siguen sin evitar claramente la excesiva abstracción del contexto histórico, político, social y ambiental con la que se suelen construir sus modelos. No se pone en cuestión aquí que para modelizar no sea necesario abstraer determinados rasgos de la realidad, lo que se plantea es si esa abstracción excesiva no supone de hecho una distorsión importante de la realidad que se pretende modelizar como, por ejemplo, la que afecta a la naturaleza de las interacciones entre los agentes, o de su capacidad de aprendizaje en un contexto evolutivo.

Por otro lado, está la limitación de que muchas de las variables explicativas imprescindibles para la elaboración de estos modelos de una forma lo suficientemente realista no pueden ser cuantificadas, ya que se ofrecen de una forma solo aprehensible cualitativamente. El resultado es que se necesita un gran conocimiento intuitivo para establecer las hipótesis correctas y que, en cierto modo, las conclusiones a las que se llega están condicionadas por esos supuestos previos basados en la experiencia, dando lugar a resultados a los que se podría llegar igualmente de modo intuitivo saltándose el paso intermedio de la modelización (Morone y Taylor, 2012).

Pero hay una cuestión que cuenta al menos con la misma importancia y que está relacionada con el hecho de que difícilmente esta nueva economía convencional

²³ Véase sobre esto la contundente crítica de Dopfer (1991).

²⁴ Esto constituye un grave problema desde el momento en que la teoría de la medición ha estado tradicionalmente marginada en la ciencia económica. Véase Barceló (1992, p. 130).

puede ofrecer mejores explicaciones de cómo funcionan los sistemas económicos reales si verdaderamente esto no constituye su principal interés, o dicho en otros términos y como señala Mirowski (1996, p. 127): “¿está la ciencia económica actualmente más interesada en construir pequeños simulacros de procesadores de información [los agentes económicos como autómatas²⁵] que en describir las verdaderas transacciones de mercado?”. Si la respuesta a esta pregunta es al menos en alguna medida positiva, según la bibliografía económica dominante centrada ahora en la teoría de los juegos evolutivos (Witt, 2008) o en los modelos basados en agentes (Morone y Taylor, 2012), se produce un hecho que merece la pena señalar: al sustituir al tradicional *homo economicus* por un *autómata*, la economía proporciona un mayor realismo a algunos de los supuestos neoclásicos, pero sigue pasando por alto el hecho de que los seres humanos no son simples *objetos* procesadores de una información que está en el ambiente, sino que son los *sujetos* que a la vez generan gran parte de esta información y, lo que es más importante, que le proporcionan el sentido que esta tiene en función de sus diferentes posiciones en el sistema socioeconómico en el que desarrollen su actividad.

En efecto, este último punto es muy importante, dado que los recientes desarrollos al utilizar la metáfora informacional proveniente de la cibernética utilizan un concepto de información que está desvinculado del significado real de los mensajes o, si se quiere, es un concepto de información deshumanizado, descontextualizado de la situación real en que se produce, transmite y reproduce. No tienen en cuenta el hecho de que los humanos somos sujetos con una gran capacidad simbólica, que para actuar necesitamos sentidos y significados, y esto nos distingue de un simple objeto que calibra la información de los mensajes que recibe solamente en función del grado de sorpresa que estos puedan proporcionarle.

En definitiva, aunque es apreciable la influencia de algunas nociones básicas de las ciencias de la complejidad en la vanguardia de la teoría económica actualmente aceptada por la élite académica, y a pesar de que esto es lo que supone cierta renovación con respecto al aparato neoclásico, consideramos que el abordaje de este enfoque no incluye la *complejidad profunda* (Delorme, 2010) del sistema económico con todas sus consecuencias, y que sigue preso de las limitaciones que impone el instrumental matemático utilizado, tomado ahora como préstamo de la informática y de la biología, primando, según la tradición, la conveniencia matemática sobre la plausibilidad de los resultados.

6.2. LA COMPLEJIDAD ECONÓMICA DESDE UNA PERSPECTIVA ESTRUCTURAL E INSTITUCIONAL

Al mismo tiempo que las ciencias de la complejidad penetraban en el aparato de la economía convencional, sus transformaciones ontológicas y heurísticas iban influyendo también en las principales corrientes heterodoxas, especialmente el es-

²⁵ Dispositivo o conjunto de reglas que realizan un encadenamiento automático y continuo de operaciones capaces de procesar una información de entrada para producir otra de salida.

tructuralismo –identificado aquí con las teorías del desarrollo– y el institucionalismo evolutivo.

Esta influencia se produce, por un lado, por el enorme caudal de argumentos que ponían a disposición para mostrar la impertinencia científica del aparato neoclásico y, por otro, por la propia capacidad heurística del enfoque para ofrecer explicaciones plausibles de la evolución histórica de los hechos económicos observados. Después de todo, en resumidas cuentas, las ciencias de la complejidad enfocaban de lleno la tradicional preocupación de estas corrientes por las complejas relaciones entre el todo y las partes, es decir, por la *estructura*. Y también por un par de temas que, aunque los plantea, no resuelve el enfoque estructural, pero que resultaban viejos conocidos del institucionalismo: por una parte, por cómo estas relaciones hacen aparecer propiedades emergentes, y estas a su vez constituyen determinados constreñimientos sobre las partes del sistema o, lo que es lo mismo, por el asunto de la *organización*; y, por otra parte, por las claves de la transformación de esas relaciones en el tiempo, es decir, por el problema del *cambio*.

Por eso no resulta nada extraño que el enfoque de las ciencias de la complejidad, especialmente el proveniente de la termodinámica de no equilibrio, también haya resultado atractivo a pensadores tan diferentes como Georgescu-Roegen (1971), Faber y Proops (1998), Perroux (1978), Von Hayek, (1991), Nelson y Winter (2002), Hodgson, (1995), Hodgson y Knudsen (2004) o North (2005). Los temas tratados varían mucho de un autor a otro, y han resultado muy influyentes en la comprensión de fenómenos tales como la sostenibilidad ecológica del sistema global, la compleja dinámica de competición-cooperación del desarrollo económico, la autoorganización del sistema económico como fundamento de la política neoliberal, los desarrollos neo-schumpeterianos sobre la innovación y el cambio tecnológico, el papel de las rutinas en la evolución empresarial, la reconceptualización de la función de producción, la emergencia de reglas de conducta o el aprendizaje y la creación de conocimiento (Witt, 2008). Sin embargo, todos tienen en común el objetivo de buscar un mejor fundamento teórico para la articulación entre los niveles micro y macro a través de un enfoque *meso* que de cuenta de un modo realista de la evolución de los fenómenos económicos realmente observados.

En ninguno de estos casos hay una renuncia expresa a la modelización. En algunos de ellos se hace uso de las matemáticas desarrolladas en el campo de la termodinámica, como las estructuras disipativas de Perroux; o de la biología, como la función logística y la simulación mediante ecuaciones de replicación, utilizadas en el campo de la difusión tecnológica; o el análisis de redes para explicar fenómenos de difusión de la innovación. Pero, quizá, la principal diferencia de estos enfoques con respecto a los que dominan en la *economics mainstream* sea que, en este caso, la formalización matemática no se identifica directamente con la teoría misma, quedando subordinada al servicio de la correspondencia con los hechos observados. Se trata más bien de una formalización orientada a describir los procesos, más que a lograr a un resultado –demostración de que el sistema propuesto conduce a

una optimización de recursos total o parcial, o a situaciones de equilibrio dinámico, por ejemplo– (Foster, 2004).

En cualquier caso, lo que resulta más interesante de los trabajos que surgieron en las primeras fases del proceso de introducción de la complejidad en estas corrientes heterodoxas es la gran transformación que provocaron en el aparato conceptual con el que desde la propia heterodoxia pensaba el sistema económico. Esta renovación conceptual se extendió con relativa rapidez y se convirtió en una forma más o menos convergente de concebir y analizar la evolución económica desde entonces. Dos de estos trabajos nos parecen especialmente significativos por su profundidad en el análisis y por su capacidad de captar la esencia de la complejidad de los fenómenos económicos reales: el del francés F. Perroux en el campo del desarrollo económico, y el de G. Hodgson en el campo del institucionalismo evolutivo.

La gran aportación de F. Perroux –un gran conocedor de la obra de Ilya Prigogine²⁶– es conferir a la metáfora²⁷ del orden por fluctuaciones un importante poder heurístico para la comprensión de la forma en que se desenvuelve la dinámica de la actividad económica. Perroux es un detractor a ultranza del uso de la metáfora de la mecánica conservativa lagrangiana usada por la formalización neoclásica. Considera que este modelo, al dar por supuesto que hay que asimilar la afirmación del individuo a fuerzas conservadoras, deducibles de una función potencial²⁸, conduce a una descripción del sistema económico desarrollándose en un espacio homogéneo, y que esta visión es excesivamente simple como para permitir el tratamiento de cuestiones fundamentales como el poder, la asimetría en los intercambios. En la economía real se observa una estructuración, el espacio económico es heterogéneo, así como la dimensión temporal en que se desarrolla la actividad económica. Una modelización adecuada no puede eludir estos hechos.

En esta visión los agentes económicos son *sujetos en proceso*, por eso no pueden ser anclados a ninguna fuerza conservadora, y por ello ve en los modelos de la

²⁶ Véase “Neptunianos y vulcanianos” un escrito homenaje de Prigogine a Perroux publicado en Prigogine (1993a).

²⁷ Como ha señalado McCloskey (1990, p. 105 y ss.; 1993, pp. 59-70), el uso de metáforas en la investigación económica es inevitable, lo que cambia es el grado de formalización de las metáforas. Sin embargo, somos conscientes de que el uso de metáforas externas en una disciplina –cualquier metáfora lo es, nos referimos a las que no son elaboradas originalmente en ese campo– no está nunca exento del peligro de que suponga una transferencia mal hecha de conceptos de un campo a otro, pero creemos que este uso tiene la virtud de iluminar aspectos de una realidad que de otra forma no hubiésemos podido apreciar tan claramente (Barceló, 1992; Hodgson, 1995; Prigogine, 1993a). Consideramos que en los primeros momentos del desarrollo de un nuevo enfoque, las virtudes del uso de metáforas externas superan a los problemas que causan. Será después, a medida que avance la investigación y se vayan perfilando las características concretas de la realidad analizada, cuando tengan que abandonarse esas metáforas para desarrollar concepciones más apropiadas y ajustadas. Por el momento, nos encontramos en la fase de exploración de la economía como sistema complejo, y por ello la dependencia de las metáforas elaboradas en el exterior de la disciplina aún sigue siendo fuerte. Serán los estudios realizados a la luz de estos enfoques los que vayan ayudando a precisar la definición de los conceptos en nuestro campo.

²⁸ Que, según Mirowski (1990), sería “una versión bastante vaga de la potencia de deseo”. Esta “afirmación” del sujeto a su potencial de deseo está inspirada en la principal idea de la física galileana: la identificación de un objeto físico con el apoyo inerte de las fuerzas conservadoras.

física de los procesos –la termodinámica de la escuela de Bruselas– una representación más adecuada de lo que puede ser su actividad (Prigogine, 1993b, p. 99 y ss.). Así, el estructuralista francés ve en el concepto de *estructuras disipativas* una posibilidad para incluir en el análisis económico los conceptos de *heterogeneidad*, *irreversibilidad temporal* y *desequilibrio* que hasta entonces habían estado desterrados de la economía, y que resultan esenciales si se quiere comprender el funcionamiento de la economía real (Perroux, 1984).

Los individuos son decisores activos heterogéneos que están dotados de diversos grados de poder y, por lo tanto, desigualmente informados. No actúan en función de las respuestas programadas, como supone la economía ortodoxa (Loasby, 1991, p. 1), ni desarrollan sus actividades en el tiempo reversible de los modelos convencionales. A diferencia del *homo economicus*, son agentes que deciden y actúan en el tiempo real. Son ellos los que originan las operaciones que configuran el fenómeno de lo económico, y es obvio que no colman necesariamente las intenciones iniciales, y hasta las contradicen a menudo –no tienen una racionalidad ilimitada–. Su toma de decisiones se realiza en la sociedad organizada, en la que las estructuras económicas están íntimamente vinculadas a las estructuras mentales y a las estructuras sociales de los grupos, entre las cuales se producen interacciones recíprocas²⁹.

Esta capacidad del agente para decidir condicionado, y condicionando a la vez la realidad que lo envuelve, es la propiedad esencial del proceso de desarrollo económico entendido como la mutua interacción de los agentes en el tiempo irreversible. En última instancia, como señala Dopfer (1991, p. 58), la actividad humana es la fuente de donde surgen la creatividad, la novedad, las innovaciones.

En este conjunto de ideas basa Perroux lo que de forma un tanto ambiciosa denomina la “nueva teoría general de la interdependencia y del equilibramiento global” en la que, como él mismo indica, rehúsa la comodidad de las simplificaciones, diferenciando los elementos constitutivos del desarrollo, la multiplicidad de sus relaciones y la complejidad de sus efectos sobre el hombre en el transcurso del tiempo irreversible³⁰.

Esta concepción lleva a una sucesión de desequilibrios tolerables gracias a la organización de los grupos y a las dosis variables de regulación inyectadas intencionalmente por los poderes públicos. Pero que el sistema se equilibre no implica que cada uno de los agentes esté en situación de equilibrio, sino que continuamente está decidiendo, arriesgando, aprendiendo, informándose, cooperando y negociando. Esta actividad continua se realiza en períodos sucesivos, en la medida en que

²⁹ Esta interacción entre las estructuras sociales e institucionales es un lugar común en el pensamiento económico heterodoxo. Según Baranzini y Scazzieri (1990a, p. 5), “*Un número de análisis estructurales muestran que la estructura social e institucional que yace tras un sistema económico es un elemento importante para la determinación de la estructura productiva; mientras que la forma en la que la producción y la acumulación se lleva a cabo bien podría influenciar la estructura social representada, por ejemplo, por la composición de clases*”.

³⁰ Perroux hace referencia a nuevos desarrollos que describen y formalizan en términos matemáticos modernos la renovación de la teoría general a partir de los agentes –actores “actantes”– y de las unidades activas. A este respecto, véase el apéndice específico elaborado en Perroux (1984).

los agentes despliegan sus actividades en el tiempo irreversible, sin que estas últimas se detengan en una posición determinada, ya que la negociación, el conflicto y la colaboración siguen produciéndose a cada momento. Es el propio agente con su actividad quien cambia y modifica su medio en un proceso constante de negociación. *Él mismo contribuye a crear los espacios estructurados en los que su vida económica se desarrolla.* Es importante destacar aquí que la negociación constante incluye de igual manera las relaciones de conflicto y de cooperación, que son caras de la misma moneda de la actividad humana. Así, se puede concebir el proceso de negociación continua en el marco de una dialéctica de evolución³¹ en la que, según Perroux (1984, p. 97), “*la acción o retroacción de las partes o sectores modifican respectivamente sus correspondientes estructuras, sin aniquilarlas, y la estructura resultante es un compuesto de estructuras anteriores transformadas*”. Es, precisamente, en esta idea en la que reside la principal analogía de este enfoque con la idea de orden por fluctuaciones.

Así pues, desde el enfoque perrouxiano, dado que “*la explicación recae en las coincidencias y contradicciones de los agentes económicos, la anticipación del futuro no puede ser una operación tecnológica y formal, sino una interpretación histórica ligada a las concepciones del estructuralismo dialéctico evolutivo*”³².

Desde nuestro punto de vista, el aspecto más destacado del planteamiento de Perroux es, precisamente, ese rescate de la actividad del agente de entre las estructuras bajo las cuales se había quedado encerrada³³. Por eso, el economista francés

³¹ Esta dialéctica de evolución se opone a la dialéctica de ruptura del enfoque marxista en la que solo existen relaciones de conflicto, tras las cuales solo es una parte la que se impone a costa de la destrucción de la otra. Además, para los marxistas, son los factores exógenos los que influyen en última instancia, la infraestructura determina la superestructura. Es una teoría demasiado determinista y reduccionista para encajar con el enfoque que exponemos aquí.

³² Nótese aquí como Perroux, que en principio ve en la formalización de la termodinámica de no equilibrio una esperanza para el desarrollo de nuevos métodos de formalización en la ciencia económica, es consciente de que si acepta sus propias consideraciones sobre la forma en que opera la actividad económica de los agentes en el tiempo irreversible, los modelos formalizados no son suficientes para explicar la evolución de la economía. En este mismo sentido se expresa Prigogine cuando hace referencia a la modelización de las actividades sociales complejas (demografía, circulación urbana) de las que se ocupa su equipo de investigación coliderado por P. Allen en Austin. Según Prigogine (1993a, pp. 60-61), estas han de incluir necesariamente dos aspectos: “*uno monográfico, en el que cuentan conceptos como flujo, no linealidad y bifurcaciones, aparte de otras nociones que fundamentalmente se derivan de las ciencias físicas y matemáticas; y un aspecto fenomenológico, que describe el comportamiento de los protagonistas y que solo puede entenderse experimentalmente mediante una encuesta social [...]* En modo alguno, hay que sustituir el modelo por una decisión sino, por el contrario, el modelo debe servir para facilitar la explicación de las motivaciones de la decisión”.

Una idea similar fue expresada ya hace tiempo por Sampedro y Martínez Cortiña (1975, p. 66) cuando afirmaban que “*para estudiar procesos estructurales hay que combinar los modelos prospectivos con una visión dialéctica; además de completarse mutuamente, esta templará la unilateralidad cuantitativista de aquellos, mientras que el análisis formal aportará contenidos más precisos a los razonamientos dialécticos sociológicos y políticos*”.

³³ El estructuralismo ha mantenido tradicionalmente una clara división entre estructura e individuo, mediante la cual la primera ha subsumido al segundo. Así, el estructuralismo impide el desarrollo de una teoría de la acción en la que se considere a la persona que la desarrolla, lo que Pazos (1995, p. 166) llama “el cuerpo”, “*en cuanto que lugar de encuentro de normas e instituciones sociales por un lado y la experiencia íntima del individuo por otro. Es decir, se impide de esta manera la consideración de la simultánea producción de una y otras: del funcionamiento real y concreto en los individuos de aquellos hechos sociales, y de la construcción social de esta experiencia individual (al modo en que la habían desarrollado Mauss, Habwachs o Elias)*”.

insiste tanto en la necesidad de dotarse de una teoría de la acción que complete su enfoque estructural, y que encuentra en la *praxis* de Marx y en las formulaciones de los personalistas cristianos inspirados en M. Blondel³⁴.

Por otra parte, esta misma metáfora de “estructuración disipativa” despierta el interés de los que, de una forma u otra, estudian los fenómenos económicos desde una perspectiva evolucionista. De aquí, su uso en planteamientos tan distintos como el evolucionismo de la escuela neoaustriaca con Von Hayek (1989) o el del institucionalismo evolutivo de corte poskeynesiano de Hodgson (1995).

Por su parte, Hodgson –también con la idea de revitalizar la economía– se hizo eco, aunque indirectamente³⁵, de la metáfora del orden por fluctuaciones, asumiendo que la evolución de los sistemas socioeconómicos se produce por una mezcla de azar y necesidad variable, según el grado de estabilidad o de inestabilidad en los que se encuentre en cada fase o momento.

Uno de los temas que preocupan a Hodgson es que para que la aplicación de esta metáfora a la evolución económica sea adecuada se ha de poder incluir en ese esquema, junto con el *azar* y la *necesidad*, el *propósito* y la *intención* como elemento coadyuvante de la evolución social –o la voluntad, como diría Gerschlager (2011)–. El autor considera imprescindible esta inclusión dado que entiende, como los austriacos, que el análisis del fenómeno social y económico requiere como premisa que la acción humana sea intencionada y que persiga un objetivo. Hodgson considera posible esta inclusión del comportamiento intencionado –un comportamiento no reducible probabilísticamente y que es la manifestación del libre albedrío de los seres humanos–, dado que en sí mismo también este es una mezcla de azar y necesidad, porque la indeterminación de las intenciones humanas no es ilimitada, como sostienen los autores de la escuela austriaca, sino que estas están modeladas por las influencias de la cultura, las instituciones y el pasado.

Dado que el ser humano no puede permanecer continuamente alerta para la toma de decisiones –la mente humana no puede asimilar todos los datos provenientes de los sentidos que recibe al mismo nivel de deliberación consciente–, el comportamiento humano es una mezcla de acciones intencionadas –comportamientos deliberativos, verdaderas elecciones– y de acciones no intencionadas –comportamientos no deliberativos que constituyen los hábitos³⁶–. La innovación

³⁴ Según Perroux (1984, p. 126 y ss.), “*La acción para este filósofo no puede limitarse a una especie de activismo, o a una operación exterior a la persona; es, globalmente, la actividad constituyente del pensamiento, del querer y del hacer. Es, al mismo tiempo, libertad que está viva y lucidez intelectual*”.

³⁵ Influenciado por la biología neodarwinista moderna –a su vez, fuertemente influenciada por los planteamientos cibernéticos y de la termodinámica del no equilibrio–. Para un recorrido por los planteamientos de la biología más actual, véase Brockman (1996); y para una discusión sobre la presencia de la teleología en la evolución biológica, véase Wagensberg (1998).

³⁶ Nótese el paralelismo aquí con la distinción de Navarro (1994) entre formas de interacción con conciencia y sin conciencia a que nos referíamos anteriormente. Para Navarro, todo el comportamiento es intencionado y se refiere a la forma en que se producen las relaciones entre los agentes; no obstante, el análisis de Hodgson, cuando se refiere a los comportamientos relacionales de los individuos, es fácilmente comprensible en el marco de la hipótesis de Navarro. Los hábitos mencionados por el economista serían así *una parte las estructuras reificadas* de las que hablara el sociólogo.

puede proceder tanto de las primeras como de las segundas (Hodgson, 1995, p. 327).

Es en este punto es donde Hodgson señala que el concepto de hábito ha de ser restaurado, ya que al establecerse una categoría de comportamiento no deliberativo es posible, en primer lugar, encontrar una base para un cierto grado de estabilidad y continuidad en la vida social; en segundo lugar, el hábito realza la idea de la elección y del comportamiento deliberativo con el que contrasta; y en tercer lugar, proporciona la base facilitando el equivalente al gen –aunque a diferencia de este, la información contenida en los hábitos está sujeta en mayor grado a transformaciones–, para desarrollar una teoría genuinamente evolucionista tanto en la economía como en las ciencias sociales. El hábito –configurado por elementos tanto intencionales como causales– en cierto sentido proporciona continuidad en el pensamiento y en la acción.

Esta misma postura es la que mantiene Mirowski cuando afirma que “*la fuerte interacción mutuamente reforzadora entre las instituciones sociales y el conocimiento individual proporciona cierta estabilidad significativa a los sistemas socio-económicos, en parte restringiendo y amortiguando las acciones diversas y las variables de muchos agentes; así, las instituciones se han cerrado en unas pautas de desarrollo relativamente estables y restringidas*”³⁷; esto es lo que posibilita una teoría basada en agregados.

En definitiva, la invariabilidad relativa de la institución proporciona el carácter autorreforzador para poder considerar el desarrollo socioeconómico como períodos de continuidad institucional interrumpidos por períodos de crisis y de desarrollo más rápido³⁸.

La acción individual aquí no es el fundamento de la evolución del sistema, como en el caso de los contractualistas o de los austríacos, pues en este caso se trata de una interacción más compleja entre el sistema (conjunto de instituciones) que con su evolución constriñe y posibilita la actuación individual, y la propia acción individual que provoca la emergencia de la institución y que origina los cambios institucionales.

Esto trae como consecuencia que para un análisis de la acción humana no nos podamos centrar en el individuo únicamente. Por esta razón, Hodgson (1995, p. 345) invoca la metáfora del individuo como *holón* –él lo hace bajo la influencia de Arthur Koestler en biología–, que permite prestar una atención simultánea a los niveles micro y macro de la descripción. Dado que la reducción es necesaria, la idea es no caer ni en el “individualismo ciego” ni en el “colectivismo muti-

³⁷ Véase sobre este punto la idea de desarrollo creóico defendida por Hodgson (1995, p. 361).

³⁸ Este planteamiento, basado en especificidades institucionales y no en universalidades ahistóricas, es característico de la economía institucional, y tiene paralelismos en ciertas elaboraciones de las escuelas marxistas y poskeynesianas. Por ejemplo, el poskeynesiano Orghnaghi (1990, p 39) resalta la idea de la importancia de la estructura económica y de los acuerdos institucionales para condicionar el comportamiento económico, indicando la necesidad de abrir la economía a otras disciplinas, y de considerar el papel de las instituciones políticas modernas para proporcionar un marco cohesivo esencial a un tipo de estructura económica cada vez más compleja.

lador”, por eso Hodgson hace referencia a un análisis multijerarquías o multinivel, un enfoque que, desde su punto de vista, permite dar cuenta de la complejidad en la relación entre la agencia humana y la evolución del sistema económico.

Así pues, por un lado, la visión de Perroux activa y dota de proyecto al parsimonioso agente económico tradicional y, por otro lado, el enfoque de Hobson, a través del concepto de hábito, estabiliza su acción a nivel meso, posibilitando que pueda ser objeto de análisis y concibiendo un sustrato de la acción menos reduccionista que la racionalidad económica y lo suficientemente complejo como para permitir el análisis de las interacciones de los niveles micro y macro.

Está fuera de duda la riqueza de estos planteamientos y su correspondencia, al menos en el plano intuitivo, con la complejidad de las dinámicas económicas observadas. Sin embargo, hay al menos tres cuestiones que tendrían que ser incorporadas para que este enfoque pudiera dar cuenta de la evolución de los sistemas económicos: en primer lugar, habría que tener mucho más en cuenta la incardinación (*embeddedness*) del sistema de relaciones económicas en el entorno natural –usando los argumentos más recientes de la economía ecológica–, así como en el contexto social y cultural –apoyándose en el análisis de la sociología y de las ciencias humanas–; en segundo lugar, habría que incorporar algún mecanismo que permitiera conectar el análisis marco histórico –en este sentido las contribuciones conceptuales y metodológicas de la teoría de la regulación francesa podrían resultar de enorme interés (Aglieta, 1979; Boyer y Saillard, 2002)–; y, en tercer lugar, habría que operativizar el enfoque de forma que pueda dar lugar a un contraste empírico de las hipótesis planteadas.

De hecho, esta es la principal crítica que se hace a este tipo de enfoques holísticos evolutivos: presentan una gran profundidad filosófica en los planteamientos, pero una mayor pobreza en la articulación metodológica y en el instrumental de análisis, lo que impide su avance en el terreno académico –Davis (2008) sobre Beinhocker (2006); Witt (2008) sobre el darwinismo universal de Hodgson–.

En este sentido, el desarrollo de técnicas de análisis cada vez más sofisticadas de grandes y heterogéneos conjuntos de datos discretos e incompletos –como el análisis factorial de correspondencias, los análisis jerárquicos, los clústeres, el análisis de componentes principales, el análisis de ecuaciones estructurales, el análisis de redes–, junto con el desarrollo del análisis espacial –que permitiría considerar la sensibilidad a escala de todos estos fenómenos–, así como el incremento de la capacidad de computación de los ordenadores –que posibilitaría lo anterior y permitiría realizar simulaciones bajo premisas previamente contrastadas a través de métodos cualitativos–, plantean una importante oportunidad que, de ser aprovechada con la mejora de las técnicas de observación y de recogida de datos cuantitativos, permitiría superar esta gran objeción; sin embargo, este es un futuro que aún está por escribir.

7. A MODO DE CONCLUSIÓN: EL VIEJO ASUNTO DE LA REFLEXIVIDAD. UNA CUESTIÓN INCÓMODA PARA LOS ECONOMISTAS

Decíamos al comenzar este trabajo que los dos conceptos más característicos en los que se puede resumir la complejidad son la cuestión de la autoorganización y la cuestión de la reflexividad. Hemos dado cumplida cuenta de la influencia en la economía del primero, pero no nos hemos detenido a explorar las implicaciones del segundo, sencillamente porque si hay un rasgo transversal a la mayor parte de los economistas es que la reflexividad resulta un asunto incómodo, que no es habitualmente incorporado en el análisis.

En efecto, el terreno de las ciencias sociales, entre las que se incluye –se quiera o no– la economía, es un campo de análisis considerado más complejo –si se quiere “hiper-complejo”– no solo porque la complejidad de los sistemas sociales es jerárquicamente superior al resultar de la combinación de las complejidades de las realidades físicas, biológicas y antrososociales que los constituyen, sino también porque, además, la investigación de los fenómenos sociales se enfrenta más directamente que en otros campos al segundo rasgo característico de la complejidad: el problema de la reflexividad entre el sujeto que investiga y el objeto de estudio, que normalmente es, a su vez, un conjunto de sujetos que tienen relaciones de tipo reflexivo.

Hemos dado cuenta en otro lugar de las importantes implicaciones de este problema (Miedes, 2001), que se puede resumir en que en lo social no hay forma de separar el objeto investigado de la realidad que se investiga, pues “todo está dentro”. Si realmente el objetivo es comprender la dinámica de la evolución económica en diferentes niveles y en distintas escalas, este no es un problema que pueda ser ignorado, especialmente en el contexto actual, donde este tipo de reflexividad tiene un mayor impacto, dado que los medios de comunicación de masas difunden rápidamente los resultados de la investigación social.

Normalmente, de estos resultados se pueden deducir ciertas representaciones de futuro que influyen considerablemente en el comportamiento de los agentes. Esto es especialmente importante en épocas de profundas y rápidas transformaciones como las que vivimos. En estos períodos, el pasado inmediato tiene cada vez menor peso sobre el presente y, en cambio, la representación de la evolución futura se hace cada vez más determinante para los comportamientos actuales. En la representación de ese futuro, lo que creamos que va a pasar –que generalmente apoyamos en alguna proyección a partir de los resultados de la investigación social– tiene un peso fundamental pero, en la medida en que el pasado se presenta como un factor menos condicionante, también aparece paradójicamente una mayor confianza en la capacidad para actuar hoy en función del futuro que se desea para mañana. Con ello, el agente no se asegura de que ese futuro realmente se materialice, pero sí que le sirve como guía para orientar sus acciones actuales.

El resultado de esto es que, a la hora de enfrentarse al análisis de la evolución de los fenómenos sociales, junto con el *azar* y con la *necesidad*, aparece un elemento muy importante: la *determinación*. Esta última vendría caracterizada por los deseos y anhelos con respecto al futuro que poseen los humanos de la sociedad analizada. A su vez, este hecho trae consigo otras dos consecuencias relevantes, sobre todo en los momentos más críticos en los que la incertidumbre sobre el sistema es mayor, pesando más el *azar* que la *necesidad*. La primera es que devuelve a un primer plano del análisis las cuestiones éticas –en el ámbito individual– y políticas –en el ámbito social–, de las cuales el futuro deseado no es en modo alguno independiente, y que están incluidas en la idea de determinación. La segunda, que se produce en el terreno metodológico, es que cuando la determinación entra en juego en un contexto de incertidumbre creciente, una investigación que quiera dar cuenta y anticipar de alguna manera los rasgos de la evolución económica ha de incluir los planes y proyectos de los actores, y esto último requiere de un tipo de análisis que incluya metodologías cualitativas –entrevistas, encuestas, grupos de discusión, metodologías de deliberación participativas– y que informe adecuadamente de aquellas.

Exige, por lo tanto, que los economistas nos familiaricemos más de lo que estamos con los métodos de investigación que usan el resto de las ciencias sociales, y que hasta ahora no habían formado parte de nuestra tradición, especialmente en el campo de las dinámicas económicas. Así pues, más allá de cualquier fundamentalismo metodológico, la complejidad exige a quienes quieran abordarla un mayor eclecticismo con respecto a los métodos usados y una mayor pericia en la elección de las combinaciones del instrumental que hay que usar en cada caso (Delorme, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- AGLIETTA, M. (1979): *Regulación y crisis del capitalismo. La experiencia de los Estados Unidos*. México: Siglo XXI.
- ALLEN, P.M.; SANGLIER, M. (1981): “Urban Evolution, Self-Organization, and Decision Making”, *Environment and Planning A*, 13 (2), pp. 167-183.
- ANDERSON, P.W.; ARROW, K.J.; PINES, D. [ed.] (1988): *The Economy as an Evolving Complex System*. (Santa Fe Studies in the Sciences of Complexity, V). Redwood City, CA: Addison-Wesley.
- ARTHUR, B.W. (1985): *Competing Technologies and Lock-in by Historical Small Events: The Dynamics of Choice under Increasing Returns*. (Center for Economic Policy Research Publication, 43). Stanford University.
- ARTHUR, B.W. (1988): “Self-Reinforcing Mechanisms in Economics”, en P.W Anderson, K.J. Arrow y Pines, D. [ed.]: *The Economy as an Evolving Complex System*. (Santa Fe Studies in the Sciences of Complexity, V). Redwood City, CA: Addison-Wesley.
- ARTHUR, B.W. (1990): “Positive Feedbacks in the Economy”, *Scientific American*, (February), pp. 80-85.

- ARTHUR, B.W. (1992): *On Learning and Adaptation in the Economy*. (Paper, 9207-038). Santa Fe, NM: Santa Fe Institute.
- ARTHUR, B.W. (1994): "Inductive Reasaring and Bounded Rationality", *AEA Papers and Proceedings*, 84 (2), pp. 407-411.
- ASENSIO COTO, M.J.; BARROSO GONZÁLEZ, M.O. (1998): "El agente de desarrollo local", *III Jornadas Nacionales de la Enseñanza en las Relaciones Laborales*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- ATLAN, H. (1972): *L'organisation biologique et la théorie de l'information*. Paris: Hermann.
- ATLAN, H. (1990): *Entre el cristal y el humo. Ensayos sobre la organización de lo vivo*. Madrid: Debate.
- BALANDIER, G. (1989): *El desorden: la teoría del caos y las ciencias sociales. Elogio de la fecundidad del movimiento*. Barcelona: Gedisa.
- BARANZINI, M.; SCAZZIERI, R. (1990) [ed.]: *The Economic Theory of Structure and Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BARCELÓ, A. (1992): *Filosofía de la economía. Leyes, teorías y modelos*. Barcelona: Icaria/Fuhen.
- BEINHOCKER, E.D. (2006): *The Origin of Wealth. Evolution, Complexity and the Radical Remaking of Economics*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- BOULDING, K.E. (1992): *Toward a New Economics. Critical Essays on Ecology, Distribution and other Themes*. Aldershot: Elgar.
- BOYER, R.; SAILLARD, Y. (2002): *Théorie de la régulation. L'état des savoirs*. Paris: La Découverte.
- BROCKMAN, J. (1996): *La tercera cultura. Más allá de la revolución científica*. Barcelona: Tusquets.
- COLANDER, D.; HOLT, R.; ROSSER, B. (2003): *The Changing Face of Mainstream Economics*. (Discussion Paper, 03-27). Middlebury College Economics.
- DAVIS, P. (2008): Book Review on E.D. Beinhocker (2006): "The Origin of Wealth. Evolution, Complexity and the radical Remaking of Economics", *The Finisia Journal of Applied Finance*, 3. Harvard Business School.
- DE PAZ BÁÑEZ, M.A. (1989): *¿Hacia una economía compleja?* (Mimeo). Sevilla: Departamento de Economía Aplicada.
- DE PAZ BÁÑEZ, M.A. (1993): *Economía mundial*. Madrid: Pirámide.
- DE PAZ BÁÑEZ, M.A. (1995): *La concepción compleja de la ciencia económica*. (Mimeo). Universidad de Huelva.
- DE PAZ BÁÑEZ, M.A. (1998): *Economía mundial. Tránsito hacia el nuevo milenio*. Madrid: Pirámide.
- DELORME, R. (2010): *Deep Complexity and the Social Sciences. Experience, Modelling and Operationality*. Cheltenham/Northampton: Elgar.
- DOPFER, K. (1991): "The Complexity of Economic Phenomena: Reply to Timbergen and Beyond", *Journal of Economic Issues*, 25, (1), pp. 39-76.
- DOPFER, K.; RAIBLE K.F. [ed.] (1990): *The Evolution of Economic Systems*. London: Macmillan.
- DOSI, G.; FREEMAN, CH.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. [ed.] (1988): *Thecnical Change and Economic Theory*. London: Frances Pinter.
- DOSI, G.; ORSENIGO, L. (1988): "Coordination and Transformation: An Overview of Structures, Behaviours and Change in Evolutionary Environments", en G. Dosi, Ch. Freeman,

- R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete [ed.]: *Technical Change and Economic Theory*. London: Frances Pinter.
- FABER, M.; PROOPS, J.L.R. (1994): *Evolution, Time, Production and the Environment*. 2ª ed. revisada y ampliada. Heidelberg: Springer-Verlag.
- FARMER, D.; FOLEY, D. (2009): "The Economy Needs Agent-Based Modeling", *Opinion, Nature*, 460.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, A. (1994): *La economía de la complejidad. Economía dinámica caótica*. Madrid: McGraw-Hill.
- FOSTER, J. (2004): *From Simplistic to Complex Systems in Economics*. (Discussion Paper, 335). The University of Queensland, School of Economics.
- FOSTER, J. (2004): *Why is Economics not a Complex Systems Science*. (Discussion Paper, 336). The University of Queensland, School of Economics.
- GALERA PERAL, F. (1992): *Modelos económicos de dinámica compleja. Fluctuaciones caóticas y ajustes de mercado*. Barcelona: Ediciones Internacionales Universitarias.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GERSCHLAGER, C. (2011): "Agents of Change", *Journal of Evolutionary Economics*, (December), pp. 1-29 (DOI 10.1007/s00191-011-0262-0, Published on line 30/12/11).
- GINTIS, H. (2006): "The Economy as a Complex Adaptive System", a Book Review on E.D. Beinhocker: *The Origin of Wealth. Evolution, Complexity and the radical Remaking of Economics*. (Working Paper). Harvard Business School/Santa Fe Institute/Central European University.
- GINTIS, H. (2007): "A Framework for the Unification of Behavioral Sciences", *Behavioral and Brain Sciences*, 30, pp.1-61.
- GLEICK, J. (1994): *Caos. La creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral. (Edición original 1988).
- GÓMEZ PALLETE, F. (1995): *La evolución de las organizaciones*. Madrid: Noesis.
- GOODWIN, R.M. (1992): *Chaotic Economic Dynamics*. Oxford: Clarendon Press.
- HAKEN, H. (1983): *Synergetics Nonequilibrium Phase Transitions and Social Measurement*. Berlin: Springer-Verlag. (Edición original 1977).
- HARAWAY, D. (1999): "Las promesas de los monstruos: una política regeneradora para otros inapropiados/bles", *Política y Sociedad: Revista de la Universidad Complutense*, 30: "La des/reconstrucción del agente social", pp. 121-163. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- HODGSON, G.M. (1995): *Economía y evolución. Revitalizando la economía*. Madrid: Celeste. (1ª ed. 1993).
- HODGSON, G.M.; KNUDSEN, T. (2004): "The Firm as an Interactor: Firms as Vehicles for Habits and Routines", *Journal of Evolutionary Economics*, 14 (3), pp. 281-307.
- HOLT, R.; ROSSER JR., J.B.; COLLANDER, D. (2010): *The Complexity Era in Economics*. (Discussion Paper, 10-01). Middlebury College Economics.
- IBÁÑEZ, J. (1985): *Del algoritmo al sujeto. Perspectivas de la investigación social*. Madrid: Siglo XXI.
- IBÁÑEZ, J. (1993): "Orden, desorden y autoorganización", *Archipiélago*, 13, pp. 56-64.
- IBÁÑEZ, J. (1994): *El regreso del sujeto. La investigación social de segundo orden*. Madrid: Siglo XXI. (1ª ed. 1991).
- IZQUIERDO MARTÍN, A.J. (1996): "Equilibrio económico y racionalidad maquínica", *Política y Sociedad: Revista de la Universidad Complutense*, 21: "Sociología y economía", pp.

- 89-111. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- IZQUIERDO MARTÍN, A.J. (1998): *Modelos complejos adaptativos en ciencias sociales*. (Conferencia pronunciada en el curso de verano *Caos, complejidad y autoorganización*). (Mimeo). Plasencia: UNED.
- KIRMAN, A. (2006): *Demand Theory and General Equilibrium: From Explanation to Introspection, a Journey Down the Wrong Road*. (Working Paper). Institute for Advanced Study/Princeton University/GREQAM, EHESS/Université d'Aix-Marseille III.
- KRUGMAN, P.R. (1994): "Complex Landscapes in Economic Geography", *AEA Papers and Proceedings*, 4 (2), pp. 412-416.
- KRUGMAN, P.R. (1997): *La organización espontánea de la economía*. Barcelona: Bosch.
- LOASBY, B.J. (1991): *Equilibrium and Evolution: An Exploration of Connecting Principles in Economics*. Manchester: Manchester University Press.
- LORENZ, E.N. (1995): *La esencia del caos*. Madrid: Debate.
- LUHMANN, N. (1998): *Complejidad y modernidad. De la unidad a la diferencia*. Madrid: Trotta.
- MANDELBROT, B. (1963): "The Variation of Certain Speculative Prices", *The Journal of Business*, (36) 4, pp. 349-419.
- MANDELBROT, B. (1977): *Fractals: Form, Chance and Dimension*. San Francisco, CA: Freeman. (Traducción en español: *Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión*. Barcelona: Tusquets, 1987).
- MANDELBROT, B. (1982): *The Fractal Geometry of Nature*. New York, NY: Freeman.
- MARKUS, G. (1987): "Why is there no Hermeneutics of the Natural Sciences?", *Science in Context*, 1, pp. 5-51.
- MARTÍNEZ, M. (1998): "Lo complejo es el contexto. Exploración participativa, intervención estratégica y autogestión en el ecosistema social", *VI Congreso Español de Sociología*. A Coruña.
- MATURANA, H.; VARELA, F. (1973): *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- MATURANA, H.; VARELA, F. (1984): *Las bases biológicas del entendimiento humano. El árbol del conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- MCCLOSKEY, D. (1990): *La retórica de la economía*. Madrid: Alianza.
- MCCLOSKEY, D. (1993): *Si eres tan listo. La narrativa de los expertos en economía*. Madrid: Alianza.
- MCKENZIE, B.; TULLOCK, G. (1980): *La nueva frontera de la economía*. Madrid: Espasa Calpe.
- MEEKS, G. [ed.] (1991): *Thoughtful Economic Man. Essays on Rationality, Moral Rules and Benevolence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MEIER, A.; HAURY, S. (1990): "A Cognitive-Evolutionary Theory of Economic Policy", en K. Dopfer y K.F. Raible [ed.] (1990): *The Evolution of Economic Systems*. London: Macmillan.
- MIEDES UGARTE, B. (1993): "La ausencia de soluciones nuevas. Crisis en la ciencia económica", en M.A. de Paz Bañez: *Economía mundial*, pp. 235-253.
- MIEDES UGARTE, B. (1996): *La concepción compleja de la ciencia en la economía*. (Tesis de licenciatura). (Mimeo). Universidad de Huelva, Departamento de Economía e Historia de las Instituciones Económicas.

- MIEDES UGARTE, B. (1998): "Problemas económicos y ciencia económica. Hacia un enfoque renovado en la economía", en M.A. de Paz Báñez: *Economía mundial. Tránsito hacia el nuevo milenio*, pp. 311-347.
- MIEDES UGARTE, B. (2001): *Elaboración de una hipótesis de actor socioeconómico e implicaciones metodológicas: aplicación al estudio del papel de las empresas de inserción contra la exclusión sociolaboral en Andalucía*. (Tesis doctoral). Universidad de Huelva, Departamento de Economía General y Estadística.
- MIROWSKI, PH. (1989): *More Heat than Light: Economics as Social Physics as Nature's Economics*. New York, NY: Cambridge University Press.
- MIROWSKI, PH. (1990): "The Retic of Moderns Economics", *History of the Human Sciences*, 3 (2), pp. 243-257. (Traducción mimeografiada de J. Izquierdo. UNED).
- MIROWSKI, PH. (1996): "¿Sueñan las máquinas?: de los agentes económicos como cyborgs", *Política y Sociedad: Revista de la Universidad Complutense*, 21: "Sociología y economía", pp. 113-131. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- MONOD, J. (1981): *El azar y la necesidad*. Barcelona: Tusquets.
- MORIN, E. (1978): *El paradigma perdido, el paraíso olvidado*. Barcelona: Kairós. (1ª ed. 1973).
- MORIN, E. (1981): *El método. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra. (Edición original 1977).
- MORIN, E. (1983): *El método. La vida de la vida*. Madrid: Cátedra. (Edición original 1980).
- MORIN, E. (1988): *El método. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra. (Edición original 1986).
- MORIN, E. (1992): *Las ideas*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1995): *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- MORIN, E. (2000): *La mente bien ordenada*. Barcelona: Seix Barral. (Edición original 1999).
- MORONE, P.; TAYLOR, R. (2012): "Proximity, Knowledge Integration and Innovation: An Agenda for Agent-Based Studies", *Journal of Evolutionary Economics*, 22 (1), pp. 19-47.
- NAVARRO, P. (1994): *El holograma social. Una ontología de la socialidad humana*. Madrid: Siglo XXI.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. (2002): "Evolutionary Theorizing in Economics", *Journal of Economic Perspectives*, 16 (2), pp. 23-46.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. (1977): *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*. New York, NY: Wiley Interscience.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. (1997): *La estructura de lo complejo*. Madrid: Alianza Universidad. (Edición original 1987).
- NORTH, D.C. (2005): *Understanding the Process of Economic Change*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- OLSON, M. (1992 [1965]): "La lógica de la acción colectiva", en VV.AA.: *Diez textos básicos de ciencia política*. Barcelona: Ariel.
- ORGNAGHI, L. (1990): "Economic Structure and Political Institutions: A Theoretical Framework", en M. Baranzini y R. Scazzieri: *The Economic Theory of Structure and Change*.
- PALAZUELOS, E. (2000): *Contenido y método de la economía. El análisis de la economía mundial*. Madrid: Akal.

- PÁNIKER, S. (1982): *Aproximación al origen*. Barcelona: Kairós.
- PAZOS, A. (1995): "De la estructura a la función corporal", *Política y Sociedad: Revista de la Universidad Complutense*, 19: "Economía no monetaria", pp. 161-173. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- PERROUX, F. (1984): *El desarrollo y la nueva concepción de la dinámica económica*. Barcelona: Serbal/Unesco.
- PRIGOGINE, I. (1977): "L'ordre pour fluctuations et le système social", en: *L'idée de régulation dans les sciences*. Paris: Maloine-Doin.
- PRIGOGINE, I. (1980a): *From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences*. New York, NY: Freeman.
- PRIGOGINE, I. (1980b): *Physique, temps et devenir*. Paris: Masson.
- PRIGOGINE, I. (1993a): *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets. (1ª ed. 1983).
- PRIGOGINE, I. (1993b): *El nacimiento del tiempo*. Barcelona: Tusquets. (1ª ed. 1991).
- PRIGOGINE, I. (1997a): *El fin de las certidumbres*. Madrid: Taurus.
- PRIGOGINE, I. (1997b): *Las leyes del caos*. Barcelona: Drakontos. (1ª ed. 1993).
- PRIGOGINE, I.; HERMAN, R.; ALLEN, P.M. (1977): "La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza", en I. Prigogine (1993b).
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. (1988): *Entre el temps et l'éternité*. Paris: Fayard. (Traducción en español: Madrid: Alianza, 1991).
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. (1990): *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza. (Edición original 1979).
- ROSSER JR., J.B. (1994): *From Catastrophe to Chaos: a General Theory of Economic Discontinuities*. Boston, MA: Kluwer. (1ª ed. 1991).
- SAMPEDRO, J.L.; MARTÍNEZ CORTIÑA, R. (1975): *Estructura económica. Teoría básica y estructura mundial*. Barcelona: Ariel. (1ª ed. 1969).
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. (1949): *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- SHEURER, P. (1982): *Revoluciones de la ciencia y permanencia de lo real*. Barcelona: Destino.
- SIMON, H. (1982): *Models of Bounded Rationality*, II. Cambridge, MA: MIT Press.
- THOM, R. (1987): *Estabilidad estructural y morfogénesis*. Barcelona: Gedisa. (Edición original 1977).
- THOMPSON, J.M.T.; STEWARD, H.B. (1991): *Nonlinear Dynamics and Chaos*. New York, NY: Wiley.
- VON BERTALANFFY, L. (1968): *General Systems Theory. Essays on its Foundation and Development*. New York, NY: Braziller. (Traducción en español: *Teoría general de los sistemas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 1976).
- VON FOERSTER, H. (1991): *Las semillas de la cibernética*. Barcelona: Gedisa.
- VON HAYEK, F.A. (1989): "The Pretence of Knowledge", *American Economic Review*, 79 (6), pp. 3-7.
- VON HAYEK, F.A. (1991): *Los fundamentos de la libertad*. Madrid: Unión Editorial. (1ª ed. 1959).
- WAGENSBERG, J. (1994): *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets. (1ª ed. 1985).
- WAGENSBERG, J. (1998): *El progreso, ¿un concepto acabado o emergente?* Barcelona: Tusquets. (1ª ed. 1985).

- WATSON, P (2002): *Historia intelectual del siglo XX*. Barcelona: Crítica.
- WATZLAWICK, P. *et al.* (1993): *La realidad inventada*. Barcelona: Gedisa. (1ª ed. 1981).
- WIENER, N. (1948): *Cybernetics*. Paris: Hermann.
- WITT, U. (2008): "What is Specific about Evolutionary Economics?", *Journal of Evolutionary Economics*, 18 (5), pp. 547-575.