

# El enfoque de la complejidad y la economía evolucionista de la innovación

Verónica Robert	Universidad Nacional de General Sarmiento. <i>vrobot@gmail.com</i>
-----------------	--

Gabriel Yoguel	Universidad Nacional de General Sarmiento.
----------------	--

Recibido: 20 marzo 2013 / Aceptado: 14 Mayo 2013 / Publicado online: 15 Julio 2013

## Abstract

This paper is aimed to be a contribution for the current debate on the future trends of neoshumpeterian evolutionary theory of innovation, and specially, on the role that complexity approach can play in articulating different streams inside evolutionary theory. The thesis of this paper is that these different streams adhere to different but overlapping ontological assumptions, since they aim to address different but complementary aspects of a same reality. In this sense, they can be articulated by an integrating ontology. In this paper we propose that complexity ontology can play that role. Be aware on this will allow neoshumpeterian evolutionary theory of innovation to find better way on integrating, to identify vacancy areas for future research, and to present itself as an articulated research programme, with theoretical foundations and coherent methodological tools.

## Resumen

El presente artículo intenta ser un aporte al debate actual sobre el rumbo que está tomando la teoría evolucionista neoshumpeteriana de la innovación, y en particular, acerca del rol que juega el enfoque de la complejidad para articular e integrar las distintas corrientes a su interior. La tesis de este artículo es que diferentes corrientes al interior del evolucionismo adhieren a distintos conjuntos de supuestos ontológicos ya que abordan aspectos diferentes pero complementarios de una misma realidad. En este sentido podrían ser articulados si se considerara una ontología integradora. En este artículo proponemos que la ontología de la complejidad podría cumplir esa función. Tomar conciencia de esto, le permitiría a la disciplina encontrar mejores formas de articulación a su interior, identificar claramente las áreas de vacancia y presentarse hacia afuera como un programa de investigación fuertemente articulado, con fundamentos teóricos y herramientas metodológicas acorde.

## Introducción.

Decir que la disciplina económica está en crisis es prácticamente un lugar común. El fracaso de las recomendaciones de política para los países en desarrollo derivadas del consenso de Washington durante los 90s, las sucesivas crisis desatadas desde mediados de los 90s (México, Sudeste asiático, Rusia, Brasil, Argentina) y la crisis actual en los países centrales, han mostrado que la teoría económica neoclásica o convencional tenía y tiene serios problemas para abordar la realidad económica tanto en los países desarrollados como en desarrollo.

Sin embargo, en los últimos años, la economía convencional ha mostrado una enorme capacidad de reinventarse. En esa dirección ha incorporado, aunque de forma muy parcial y dentro de su esquema básico de equilibrio y de agentes maximizadores, muchas de las críticas referidas a supuestos restrictivos elaboradas desde la heterodoxia, tales como la presencia de rendimientos crecientes, racionalidad acotada, incertidumbre, información imperfecta y heterogeneidad. Diferentes ramas de la heterodoxia advirtieron que en parte sus preguntas e inquietudes estaban siendo incorporadas en una economía neoclásica más amplia y crecientemente heterogénea: la “corriente principal”, como comúnmente es conocida como el “*mainstream*”.

Frente a estas transformaciones, en el seno de las ramas heterodoxas se viene dando un intenso debate acerca de cuál es el curso a tomar. En particular, si debía buscarse la aceptación de la corriente principal o si por el contrario, se debería debatir el grado de éxito del *mainstream* en “levantar” los supuestos restrictivos e identificar elementos aún no considerados que marquen los límites entre heterodoxia y *mainstream*, a pesar de la supuesta continuidad entre ambos.

Dentro del evolucionismo económico neoschumpeteriano<sup>1</sup> este debate está en curso y entre las principales preocupaciones destaca si el evolucionismo debe circunscribirse a ser una teoría sobre el cambio tecnológico o si, ante las dificultades por las que atraviesa la ortodoxia, debiera ampliar sus objetivos y ser una teoría de carácter más general sobre el cambio económico. Esto implicaría desarrollar aspectos poco explorados por esta

<sup>1</sup> Identificamos al evolucionismo neoschumpeteriano como una parte del evolucionismo económico, una tradición heterodoxa en economía de largo alcance y bastante heterogénea que incluye desde el viejo institucionalismo norteamericano hasta los aportes de los autores ligados a la escuela de Santa Fe sobre economía de la complejidad (para más detalle ver Hodgson 2007). En particular por evolucionismo neoschumpeteriano nos referimos a los autores dentro de la línea desarrollada por la Schumpeter Society con su Journal of Evolutionary Economics y su Schumpeter International Conference.

corriente que permitan generar teorías de la demanda, del dinero, de los sistemas financieros y una teoría del desarrollo que considere la no convergencia de los sistemas económicos. A pesar del rol crucial que tiene la demanda en los procesos de selección, este agregado juega aún un papel poco claro en la teoría evolucionista. En esa dirección Dosi (2010; 2013) ha sostenido la importancia de que el evolucionismo mire más a Keynes, mientras que Saviotti y Pyka (2011) han explorado la importancia de la expansión del ingreso disponible para la generación de variedad<sup>2</sup> sobre una línea argumentativa de clara raíz Smithiana y Kaldoriana. A su vez, los autores que analizaron la relación entre cambio tecnológico y comercio internacional han destacado que la elasticidad ingreso de la demanda puede ser un factor clave a considerar en el perfil de especialización comercial y en la dinámica productiva y tecnológica (Dosi et.al. 1990). Otro aspecto del debate refiere al nivel de formalización que debe tener la teoría, cuestión que estuvo muy presente desde los inicios del evolucionismo neoschumpeteriano. En esta dirección se plantea si son necesarios modelos matemáticos formales que expliquen la dinámica competitiva y sus impactos sobre aspectos diversos de la coordinación y transformación económica o si la discusión debe permanecer en un terreno apreciativo (Nelson 1991). Esto último sería requerido bajo el supuesto de la existencia de respuestas creativas en las organizaciones cuya definición invalidaría la existencia de un modelo formal de las que se deriven (Schumpeter 1947; Antonelli 2007)<sup>3</sup>. Como una salida a esas cuestiones el evolucionismo se fue acercando al enfoque de la complejidad (Silverberg et.al. 1988; Dosi y Kaniovski 1994; Dosi y Nelson 1994; Witt 1997; Arthurel.al. 1997; Arthur 1989; 1990; Metcalfeet.al. 2005; Foster 2005; Durlauf 2005; Frenken 2005; Antonelli 2007; Arthur 2009; Antonelli 2011) lo que le está permitiendo utilizar sus herramientas formales para integrar las dimensiones de análisis micro, meso, macro en constante co-evolución.<sup>4</sup>

El presente trabajo intenta ser un aporte al debate actual sobre cuál es el rumbo que está tomando la teoría evolucionista y en particular, acerca del rol del enfoque de la complejidad para articular e integrar las diferentes corrientes a su interior. Estas corrientes adhieren a conjuntos superpues-

2 Variedad tanto relacionada a los sectores preponderantes de la estructura productiva como no relacionada a los mismos.

3 Esta cuestión fue identificada por Hodgson (2007) en el pensamiento austríaco a través de la noción de “causa incausada”.

4 Otros elementos de la discusión refieren a la necesidad de una teoría de los precios, en el evolucionismo éstos parecieran no jugar ningún papel y a la posibilidad de dar explicación a las crisis económicas, ya que resulta llamativo las escasas contribuciones evolucionistas relacionadas con la crisis económica actual.

tos de supuestos ontológicos<sup>5</sup>, que se diferencian en función de la pregunta principal que abordan. Asimismo, cada corriente encuentra dentro de la historia del pensamiento económico diferentes antecesores que guardan coherencia con sus ontologías particulares.

La tesis de este artículo es que diferentes corrientes al interior del evolucionismo adhieren a distintos conjuntos de supuestos ontológicos ya que abordan aspectos diferentes pero complementarios de una misma realidad. En este sentido podrían ser articulados si se considerara una ontología integradora. En este artículo proponemos que la ontología de la complejidad podría cumplir esa función. Tomar conciencia de esto, le permitiría a la disciplina encontrar mejores formas de articulación a su interior, identificar claramente las áreas de vacancia y presentarse hacia afuera como un programa de investigación fuertemente articulado, con fundamentos teóricos y herramental metodológico acorde.

En la primera sección planteamos, sobre la base de diferentes definiciones transdisciplinarias, presentamos una ontología de la complejidad. Las definiciones ofrecidas por la literatura en general tienden a listar el conjunto de atributos presentes en los sistemas complejos. De estas enumeraciones heterogéneas se identificaron un conjunto de ejes en común que a su vez articulan atributos relacionados entre sí. Estos ejes aluden a: (i) la heterogeneidad, (ii) interacciones, (iii) arquitectura de la red, (iv) desequilibrio y divergencia y (v) propiedades emergentes.

En la segunda sección de este artículo, identificamos dos tradiciones dentro de la historia del pensamiento económico referida a la complejidad. Se inician juntas en la más amplia y fructífera premisa Smithiana: “la división del trabajo se extiende con en el tamaño y la densidad de los mercados” pero se separan a mediados del siglo XX, concentrándose, por un lado en la cuestión de la organización, y por el otro en la cuestión de la divergencia. Ambas están hilvanadas por un único hilo conductor, las ideas de la complejidad en el pensamiento económico.

En la tercera sección, se deriva una ontología del pensamiento evolucionista en función de los trabajos que han discutido esos supuestos ontológi-

5 Estos supuestos definen el alcance de la realidad, cuáles son sus límites y sus partes constitutivas, y la naturaleza de la realidad, es decir cómo son las relaciones entre estas partes y cómo es la relación con el todo que integran. En estos supuestos radican un conjunto de precisiones sobre el alcance de la teoría que van más allá de su valor empírico y capacidad predictiva, ya que refieren a los límites autoimpuestos, al recorte del objeto de estudio y, por lo tanto, al “modo de ver el mundo”. Descubrir los supuestos ontológicos, hacerlos evidentes, ayuda a comprender los senderos tomados por la(s) teoría(s), mientras que comparar los supuestos de distintas corrientes dentro de una teoría nos permite entender las opciones metodológicas que guiarán el curso de la investigación en cada caso. Sólo a partir de esto podemos comprender el grado de enfrentamiento o de posible articulación entre ellas.

cos<sup>6</sup>. El evolucionismo se caracteriza por ser una corriente heterogénea y por lo tanto se han realizado diferentes intentos por establecer sus límites y relación con antecesores en función de diferentes criterios ontológicos y metodológicos. Luego de establecer estos límites sobre las bases de los trabajos de Hodgson (2007) y Witt (2008), se discuten los trabajos de Nelson y Winter (1982) y Dosi et al. (1988) que han desarrollado las bases de una ontología del evolucionismo que fue actualizada y ampliada por trabajos posteriores (Dosi y Nelson 1994; Metcalfe 1998; Dosi y Winter 2002). Por otra parte, se discute la ontología construida por Dopfer (2004; 2005) y Dopfer y Potts (2004) que han realizado un esfuerzo importante para construir los axiomas y leyes básicas de una teoría económica evolucionista. Estas dos ontologías propuestas pueden en términos generales ser identificadas respectivamente con las dos corrientes dentro del pensamiento económico discutidas en la sección 2.

En la cuarta sección se propone una taxonomía de cinco grupos de autores del evolucionismo económico actual en función de las preocupaciones principales que abordan. Estos son **(i)** Hábitos y Rutinas; **(ii)** Sistemas de innovación, **(iii)** Causación acumulativa, **(iv)** Auto-organización y Auto-transformación, y **(v)** *Feedback* y Rendimientos crecientes. Cabe aclarar que estos grupos no son excluyentes sino complementarios y de hecho existen superposiciones, que se manifiestan entre otras cosas en la presencia simultánea de un mismo autor en más de un grupo. En la construcción de la taxonomía se consideró el mayor énfasis relativo que los autores realizar sobre una temática y los aportes fundamentales en la temática específica. Al plantearse diferentes preguntas de investigación, estos grupos adhieren a distintos conjuntos de supuestos ontológicos y se caracterizan por el desigual énfasis que en sus teorías tienen las principales dimensiones de la complejidad.

Finalmente presentamos las conclusiones centradas en analizar la congruencia existente entre la ontología de la complejidad y la ontología evolutiva de los cinco grupos identificados.

## **Ontología de la complejidad.**

Resulta difícil poder afirmar que la complejidad sea una teoría, se trata en todo caso de un enfoque o de una forma de aproximación a la realidad que incluye un conjunto de elementos conceptuales y herramientas metodológicas. También se asocia a teorías como la de los sistemas disipativos y la

6 El evolucionismo se ha caracterizado por discutir continuamente sus supuestos ontológicos. Una síntesis de esta discusión puede encontrarse en un número especial de la revista *Journal of Economic Methodology* (2004).

de las redes, con ámbitos de aplicación específicos. Prigogine y Stengers (1984) plantean el enfoque de la complejidad constituye fundamentalmente una nueva relación entre la ciencia y la naturaleza que nace para dar respuesta a una nueva visión sobre un universo caracterizada no sólo por su imprevisibilidad sino por la imposibilidad de explicar su estructura y dinámica a partir de leyes generales e inmutables. Desde entonces, la complejidad ha estado asociada a la auto-organización, a las dinámicas fuera del equilibrio, a la irreversibilidad y a la indeterminación. Si bien esta explicación ha sido fuertemente criticada (Bricmont 1996; Virasoro 2013; entre otros) al sostener que todas estas cuestiones no entran en contradicción con el pensamiento newtoniano, es importante señalar que las nociones de irreversibilidad e indeterminación de la dinámica de los sistemas han cobrado un creciente interés desde el desarrollo del pensamiento de la complejidad.

Además de la química, física y biología, la complejidad fue encontrando diversos ámbitos de aplicación, incluidos los sistemas sociales y económicos, ya que sus desarrollos conceptuales han permitido describir un conjunto importante de características profundas del funcionamiento de los sistemas que dan cuenta de un extenso conjunto de situaciones. En tal sentido, una definición de complejidad debe apuntar a cubrir esta diversidad. De acuerdo con Rosser (2007), es posible dar una definición amplia de complejidad a partir de descartar aquello que sin dudas no es complejidad, es decir “aquellos sistemas dinámicos que no generan endógenamente, ni determinísticamente un resultado bien comportado”, aunque la vaguedad de la misma no la vuelve muy operativa. En este sentido, Rosser cita la definición de Day (1994), que indica que un sistema es complejo si tiende, endógena y asintóticamente, a algo distinto de un punto fijo, un ciclo límite o una explosión. En este caso, la definición se vuelve más precisa aunque queda circunscripta a la evaluación del sistema por sus resultados y no por su composición y características. Existen resultados de este tipo que no siempre son catalogados como resultados de dinámicas complejas<sup>7</sup>. Kwapienia y Drozd (2012) aportan una definición que apunta a una descripción del sistema. De acuerdo con estos autores un sistema complejo está formado por un gran número de componentes que interactúan de manera no lineal, que exhiben un comportamiento colectivo y que, por un intercambio de energía o información con el medio ambiente, pueden modificar fácilmente su estructura interna y/o sus patrones de actividad.

7 Por ejemplo, los atractores extraños que exhiben algunas ecuaciones diferenciales (atractor de Rossler) muestran situaciones que cumplen con estos requisitos aunque en forma determinista. Algo similar puede sostenerse del análisis del flujo laminar o de los fenómenos atmosféricos.

Si bien estas aproximaciones no son lo suficientemente rigurosas para poder decidir si *cualquier* sistema es complejo o no, resultan suficientemente claras para indicar cuáles sistemas son indudablemente complejos y cuáles no lo son en absoluto.

Fuera de estas definiciones de complejidad “en pocas líneas”—y de la explicación epistemológica de Prigogine y Stengers—, los esfuerzos por caracterizar a la complejidad han ido en la dirección de listar las características que deben verificar los sistemas complejos. En esa dirección la definición propuesta por Nekola y Brown (2007) identifica ocho características que debe mostrar el sistema: **(i)** heterogeneidad micro, muchos componentes diversos entre sí; **(ii)** estos componentes interactúan tanto mutuamente como con el medio ambiente de muchas maneras y en muchas escalas espaciales y temporales; **(iii)** estas interacciones dan lugar a estructuras complejas y dinámicas no lineales; **(iv)** estas estructuras y dinámicas no son ni completamente estocásticas ni enteramente deterministas, sino que representan una combinación de azar y orden; **(v)** estos sistemas contienen mecanismos de retroalimentación tanto positiva como negativa, causando tanto amplificación como atenuación de la variación temporal y espacial; **(vi)** son sistemas abiertos que requieren el intercambio de energía, materiales y/o información de fuentes externas para mantener estados altamente organizados lejos del equilibrio termodinámico; **(vii)** son históricamente contingentes, es decir que su configuración presente refleja la influencia tanto de las condiciones iniciales como de las perturbaciones posteriores; y **(viii)** a menudo están anidados dentro de otros sistemas complejos, dando lugar a organizaciones jerárquicas que se puede aproximar por la geometría fractal y leyes dinámicas de escala.

Por su parte, dos definiciones de la complejidad desde la perspectiva de la economía, también optan por listar características de los sistemas. En primer lugar, Arthur, Durlauf, and Lane (1997b, pp. 3-4) citan seis rasgos claves de la complejidad aplicada a los sistemas económicos: i) agentes heterogéneos que interactúan entre ellos dentro de un entorno local específico de un espacio dado; ii) ausencia de un controlador global que pueda explotar la totalidad de las oportunidades o interacciones de la economía, aunque pueden existir interacciones globales débiles; iii) una organización jerárquica intersectorial con muchas interacciones; iv) adaptación continua a través del aprendizaje y agentes evolutivos; v) novedad continua, en nuevos mercados, tecnologías, conductas e instituciones que crea nuevos nichos dentro del sistema, y vi) dinámica fuera del equilibrio, ya sea con ninguno o con muchos equilibrios posibles, donde es improbable que se alcance un óptimo global.

En segundo lugar, Heyman, Perazzo and Zimmerman (2011) indican ocho características: (i) el todo es más que las partes, lo que lleva a la existencia de propiedades emergentes; (ii) posee múltiples escalas de espacio y de tiempo, lo que es otra forma de afirmar la existencia de propiedades emergentes aunque ahora a diferentes niveles de análisis; (iii) muestra variabilidad micro compatible con constancia macro, con lo que se hace referencia tanto a la emergencia como a la capacidad de auto-organización; (iv) poseen organización jerárquica, en el sentido de la arquitectura de la complejidad que planteaba Simon (1969) donde los componentes del sistema complejo constituyen en sí mismos sistemas complejos; (v) contienen información, en el sentido de que las partes se comunican de algún modo entre sí con el ambiente, lo cual genera la organización y la dinámica del conjunto. De esta forma plantean que los componentes interactúan con el entorno y sobre esta base de interacción descentralizada emerge un patrón o dinámica ordenada del sistema como un todo; (vi) los sistemas tiene capacidad de adaptación, o aprendizaje sistémico sobre la base de la interacción con el medio; (vii) muestra simplificación, es decir no todas las propiedades de sus componentes e interacciones reflejan el comportamiento en conjunto, lo que permite circunscribir el análisis al conjunto de propiedades relevantes; y (viii) poseen mecanismos de regulación antagonicos, cuya acción conjunta lo mantienen en un estado de equilibrio.

Es interesante señalar que las definiciones de sistemas sobre la base del listado de características no aclaran, en general, si un sistema es complejo si cumple una, varias o todas las características listadas, motivo por el cual subyace una fuerte ambigüedad definicional. Por otra parte, muchas de estas características están asociadas entre sí, o se implican mutuamente. Y al mismo tiempo, a pesar de que predomina cierta superposición entre las características enumeradas, la coincidencia no es total. Por ejemplo, para Rosser los sistemas que conducen a atractores extraños son complejos, mientras que Prigogine y Stengers subrayan la indeterminación como un rasgo clave. Por otra parte, mientras que Arthur et.al. y Kwapiena y Drozd enfatizan sobre las relaciones no lineales, este punto no es mencionado como relevante en la definición de Heyman et. al, aunque tampoco son descartadas por esos autores. En relación a la cuestión equilibrio-desequilibrio, también hay posiciones contrarias. Por ejemplo, la definición de Arthur et al parecería en si misma contradictoria en este aspecto, porque sostienen que los sistemas complejos exhiben dinámicas fuera del equilibrio y que presentan equilibrios múltiples indeterminados a priori.

Frente a la ausencia de una definición consensuada de complejidad, nuestra propuesta, en especial para las ciencias sociales, es que importa tanto

la composición de un sistema como su resultado de meta-estabilidad y auto-organización en un estado crítico. En la tabla 1 proponemos una síntesis que resume en cinco ejes los 15 elementos presentes en diferentes definiciones de complejidad.

El primer eje refiere a la **heterogeneidad**, esta se relaciona con la capacidad de adaptación y evolución de los componentes del sistema que, a su vez, combina por un lado, con la posibilidad de generar novedad de forma endógena (respuestas creativas de los agentes) y, por el otro de seleccionar aquellos atributos sobre la base de la interacción con el medio, a partir de proceso de aprendizaje y desarrollo de capacidades. Estos atributos convierten a los sistemas complejos en sistemas adaptativos. La heterogeneidad por su parte se manifiesta en distintos niveles de análisis.

El segundo eje alude a la presencia de **interacciones** entre los componentes del sistema. Las interacciones son intencionales y están localizadas en un espacio multidimensional. Esto implica que los componentes pueden cambiar su localización y establecer vínculos específicos a partir de desplazamientos a lo largo de las diferentes dimensiones del espacio en el que se hallan los componentes del sistema. Este supuesto se relaciona con diversas cuestiones referidas a las características de la información. Por un lado, la información es de carácter local y por lo tanto parcial, sin embargo, el sistema puede procesar información global sobre la base de su funcionamiento distribuido. Aun cuando se reconozca la posibilidad de interacciones globales (cada componente intercambia información con el resto de los componentes del sistema en forma simultánea), éstas tenderán a presentar menos fuerza que las interacciones locales (cada componente intercambia información con los componentes vecinos de su espacio multidimensional con los que se halla vinculado). En tal sentido, predomina la información parcial lo que impide la existencia de un controlador global. Las interacciones ocupan un lugar clave, y sus características resultan más relevantes para la dinámica global del sistema que las características de los componentes en sí.

Tabla 1. Los cinco ejes de la ontología de la complejidad y sus atributos.

<b>I. Heterogeneidad micro-meso-macro</b>	1. Aprendizaje y adaptación. Interacción con el medio ambiente
	2. Agentes evolutivos heterogéneos, con capacidad creativa
	3. Heterogeneidad de sistemas (meso-macro)
<b>II. Interacciones</b>	4. Vinculaciones más relevantes que los componentes
	5. Ausencia de controlador global. Información parcial y local
<b>III. Arquitectura de red</b>	6 Organización jerárquica
	7. Estructura modular descomponible
<b>IV. Desequilibrio y divergencia</b>	8. <i>Feedbacks</i> positivos
	9. Dinámicas fuera del equilibrio
	10. Indeterminación e incertidumbre
	11. Dependencia de sendero y no ergodicidad
	12. Ausencia de óptimos globales
<b>V. Propiedades emergentes</b>	13. Múltiples escalas de análisis
	14. Novedad
	15. Variabilidad micro compatible con la estabilidad macro

Fuente: Elaboración propia.

El tercer eje está asociado al tipo de *arquitectura de la red* de interacciones que presentan los sistemas complejos. En tal sentido, destacan dos atributos claves, por un lado, la presencia de jerarquía —en el sentido de Simon (1969)- según la cual un sistema complejo está compuesto por otros subsistemas que también son complejos, y por otro lado, la presencia de estructuras modulares, según la cual las interacciones al interior de los subsistemas resultan de una mayor densidad que las interacciones entre éstos. La estructura modular le otorga al sistema capacidad de resiliencia, es decir capacidad de amortiguar los shocks exógenos y mantener su funcionalidad.

El cuarto eje refiere a cuestión de *desequilibrio*. En primer lugar se plan-

tea la diferencia entre orden y equilibrio; la capacidad de auto-organización surge de la capacidad del sistema de realizar intercambios con el entorno y de la existencia de relaciones no lineales y *feedbacks* positivos al interior del mismo en condiciones de incertidumbre. En este contexto, el sistema es indeterminado aunque la indeterminación no es total. La dinámica del sistema está asociada a sus condiciones iniciales y a su propia historia (*path dependency*). Esto puede dar lugar a que la dinámica propia del sistema conduzca a senderos divergentes y a situaciones de *lock-in*, por lo tanto no queda garantizado el óptimo global.

Finalmente, el quinto eje lo constituyen las propiedades *emergentes*. Estas propiedades son el resultado de múltiples interacciones en diferentes escalas de análisis. El hecho de que los sistemas complejos presenten diversas escalas de espacio y de tiempo significa que los resultados en cada escala no pueden derivarse linealmente de las escalas inferiores mostrado atributos específicos en cada caso. La constancia macroscópica (compatible con la variabilidad a pequeña escala) es en sí una emergente del sistema.

## **La complejidad en dos senderos de la historia del pensamiento económico.**

Los diferentes elementos conceptuales del enfoque de la complejidad, no sólo están siendo adoptados crecientemente por diversos economistas, sino que incluso pueden leerse en diferentes autores a lo largo de la historia del pensamiento económico. De hecho, la adopción del enfoque de la complejidad por parte de la economía evolucionista se sustenta en que los aportes de sus precursores están en consonancia con gran parte de los supuestos ontológicos de la complejidad discutidos en la primera sección. En la presente sección presentaremos dos senderos posibles dentro de la historia del pensamiento económico en que se reconocen diferentes aspectos de los 5 ejes de la ontología de la complejidad. El primer sendero es identificado por Metcalfe (2010) centrado en las cuestiones de auto-organización y auto-transformación de sistemas, al que oponemos una segunda alternativa que está focalizada en las cuestiones de retroalimentación y divergencia de sistemas.

En Metcalfe (2010) se muestra que existen numerosos antecedentes de las ideas de la complejidad en la economía. En esa dirección, trazó un sendero que va de Smith a Hayek, pasando por Marshall, Schumpeter y Knight para ilustrar la conexión entre la complejidad y la interdependencia del orden y del desarrollo económico. Metcalfe propone que las ideas de estos

autores son de gran importancia, en particular en relación a nuestra comprensión de la división del trabajo y el papel de la innovación para estimular los procesos de auto-transformación y coordinación que se manifiesta en el reemplazo del equilibrio por la idea de orden (Metcalf 2010, p. 46). En este contexto, el crecimiento económico es reflejo del crecimiento del conocimiento humano.

Metcalf sugiere que la división del trabajo en Smith, estrechamente ligada a la cuestión de la coordinación entre individuos, empresas y mercados, conlleva a la división del trabajo en la producción de conocimiento y la innovación. En este esquema, el problema de organización de la producción, que puede ser abordable desde la lógica de los sistemas distribuidos y de la arquitectura de la complejidad (Simon 1969), es análogo al problema de la generación de nuevo conocimiento debido a la complementariedad existente entre distintos tipos de conocimientos y a la visión Schumpeteriana de innovación como nuevas combinaciones que introducen novedad en el sistema. La especialización en la producción lleva a una especialización en el conocimiento, la que permite que el dominio en las diferentes esferas del saber sea profundo y preciso. Sin embargo, la generación de nuevo conocimiento es en gran medida producto de la combinación de conocimientos entre saberes complementarios, en algunos casos ya existentes en el sistema. Por lo tanto, las interacciones, aunque siempre locales, (y no solo por la racionalidad acotada de los agentes), resultan claves porque son suficientes y por lo tanto eficientes para dar orden al sistema (Hayek 1945). En este contexto, orden y autotransformación del sistema (desarrollo) están estrechamente vinculados. Aunque, orden, aquí, no es equilibrio, ya que en equilibrio, los agentes económicos, verían satisfechas sus expectativas, y por lo tanto, no tendrían incentivos para introducir novedad en el sistema.

De acuerdo con Metcalf, la tendencia dominante en el pensamiento económico después 1945 fue privilegiar la idea de equilibrio, derivación natural de su principal preocupación: coherencia racional de las relaciones económicas (Metcalf 2010, p. 47). La idea de orden de Hayek (1948) en oposición a la de equilibrio responde a la necesidad de reconocer, por un lado algún grado de previsibilidad en los sistemas económicos, y al mismo tiempo, que se trata de un sistema abierto a la novedad emergente que no puede estar nunca en equilibrio por la propia naturaleza del proceso de competencia económica<sup>8</sup>. Esta cuestión, además de estar presente

8 Hayek (1946) propone que la economía es incesante, incansable, porque el conocimiento humano también lo es y porque, al igual que la información está distribuido en forma desigual en una economía.

en Hayek, también encuentra como antecedentes a Marshall y Schumpeter, aunque este último también se diferencia fuertemente de Marshall a partir de considerar el equilibrio como un momento temporalmente casi inexistente en la dinámica del sistema continuamente inmerso en el vendaval perenne del proceso de destrucción creativa. La idea de orden que no anula ni la heterogeneidad y ni a la novedad emergente es una noción básica del pensamiento de la complejidad, presente sin duda en distintos conceptos tales como los de auto-organización y emergencia discutidos en la sección anterior.

De igual modo Hayek también se diferencia de Marshall, afirma Metcalfe al sostener que competencia y equilibrio son una contradicción en sus términos: “competir es un verbo, un verbo es una palabra que expresa un hacer, una acción un proceso. Sin embargo, en el estado de equilibrio de competencia perfecta no hay acción, sino sólo un estado de inacción” (Metcalfe 2010). La pregunta principal de Hayek plantea como una sociedad resuelve los problemas de procesamiento de conocimiento cuando la información se halla distribuida, y por lo tanto los saberes son escasos y parciales. La respuesta que da Hayek (y que es reivindicada por autores evolucionistas como Metcalfe y Antonelli) está en el proceso de competencia, según el cual es en primer lugar, y sobre todo, un proceso para descubrir nuevos conocimientos sobre la base de la combinación conocimientos privados, especializados y escasos. Según Metcalfe esto tiene una consecuencia preocupante: la competencia en un sentido amplio es la respuesta a un problema que nunca se resuelve, debido a que cada proceso de creación de soluciones sirve para abrir nuevas posibilidades y nuevas demandas. En este punto Metcalfe rompe con el problema de la escasez y por lo tanto pasa de la cuestión de la auto-organización a la auto-transformación. A partir de Hayek sostiene que la escasez es un problema y que los problemas invitan a las soluciones, de manera que la escasez se convierte en el instigador de la búsqueda de nuevo conocimiento. De hecho, éste es el más dinámico de los conceptos y más incompatible con la idea de conocimiento estacionario. Dentro de esta línea el origen del cambio está en la escasez y en el problema de auto-organización derivado.

Al igual que la economía neoclásica de posguerra, que está guiada por su preocupación por la coherencia y racionalidad, la tradición que identifica Metcalfe, está guiada por su preocupación por la introducción de novedad y el cambio estructural en condiciones de desequilibrio pero no está interesado en estudiar las causas que están por detrás de la divergencia de estructuras económicas de desigual grado de desarrollo. En esa dirección, su idea de cambio estructural alude a las modificaciones continuas que se

producen en la participación de las firmas que compiten en las diferentes poblaciones que componen el mercado. Por lo tanto, el sendero que lleva a Metcalfe a vincular ontológicamente a ese conjunto de autores que van de Smith a Hayek, restándole importancia a las cuestiones de creatividad, retroalimentación y divergencia.

Por el contrario, si la preocupación central es la divergencia de los patrones de desarrollo y su relación con las estructuras productivas, entonces es posible trazar un segundo sendero complementario al propuesto por Metcalfe, que comparte algunos autores, pero se diferencia en otros. Decimos que se trata de un sendero complementario porque se ocupa de la relación entre retroalimentación y divergencia a nivel meso y macro, mientras que el señalado por Metcalfe enfatiza la coordinación, auto-organización y auto-transformación. El sendero que proponemos va de Smith a Myrdal y Hirschman, pasando por Marshall, Young, Schumpeter<sup>9</sup> y Kaldor, y puede extenderse hasta nuestros días si incluimos los nuevos aportes del estructuralismo latinoamericano (Cimoli y Porcile 2013). En este sendero se reconocen las nociones de interacciones entre agentes heterogéneos, feedbacks, emergencia y dinámicas alejadas del equilibrio. En tanto sendero alternativo, por otra parte, refleja una preocupación por la dinámica convergente o divergente de sistemas productivos que se manifiestan bajo diferentes formas que incluyen a los sistemas locales, sectorial y nacionales de innovación.

La relación entre rendimientos crecientes y desarrollo ha ocupado siempre un lugar importante en el pensamiento económico. Su formulación original se encuentra en la famosa tesis de Smith acerca de la relación entre división del trabajo y tamaño de mercado. La perspectiva smithiana alude a los aumentos de la productividad asociados a la extensión del mercado que induce una profundización de la división del trabajo y la subsecuente introducción de innovaciones. Sin embargo, la economía Walrasiana llevó a un giro en el interés desde una concepción dinámica y evolutiva,

---

<sup>9</sup> La incorporación de Schumpeter en esta segunda línea requiere algunas aclaraciones epistemológicas. Es bien sabido que en su capítulo la economía circular de su libro *Teoría del Desarrollo Económico* Schumpeter (1912) recurre al equilibrio general pero, como plantea Langlois (2007) esto constituye meramente una forma expositiva para mostrar la importancia del desequilibrio en la fase de desenvolvimiento. En tal sentido, el uso que hace de las condiciones de equilibrio general es irrelevante. Siguiendo a Langlois (2007) no hay un Schumpeter de equilibrio (1912) y otro de desequilibrio (1942 y 1947), sino que la forma como expone la idea de destrucción creativa es la misma en los tres textos. Su exposición del proceso de destrucción creativa en TDE usa el argumento de equilibrio general como un punto de partida continuo, como una forma pedagógica de explicar un proceso de desequilibrio continuo ya que la posición de los incumbentes en la economía circular es desafiada continuamente por nuevos agentes que introducen novedad en el sistema.

a una estática y centrada en el equilibrio de los sistemas económicos, en los que los mecanismos de auto-transformación endógena de las estructuras estaban ausentes. De esta forma, la famosa tesis quedó a un lado del camino en el pensamiento neoclásico. Hubo, por supuesto, excepciones que merecen ser señaladas.

En primer lugar, Marshall realizó un importante aporte al analizar la micro-complejidad derivada de las interacciones entre organizaciones en un territorio específico y la emergencia de externalidades localizadas. La distinción Marshalliana entre retornos internos a las firmas por un lado y externos a la firma pero internos a la industria por el otro, no solo fue relevante porque permitió justificar por qué no todos los retornos crecientes conducen al monopolio (Young 1928) sino fundamentalmente porque dio una explicación de la relación entre crecimiento del mercado, división del trabajo, generación de conocimiento y retornos crecientes en la actividad industrial. En ese sentido, Marshall rescata la existencia de feedback positivos entre la dinámica micro de las empresas y la generación de economías externas a las empresas pero internas a la industria.

En segundo término, Young (1928) relacionó retornos crecientes con progreso económico incluyendo nociones de micro-evolución, cambio estructural y desequilibrio. En esa dirección señaló que la dinámica capitalista está caracterizada por la novedad y el cambio cualitativo:

“aparecen nuevos productos, las firmas asumen nuevas tareas y surgen nuevas industrias. En suma, el cambio es tanto cuantitativo como cualitativo. Ningún análisis de las fuerzas que conducen al equilibrio, pueden ser útiles para echar luz sobre este proceso. Las dinámicas por fuera del equilibrio, el alejamiento de las tendencias previas son las características típicas de estos procesos” (Young 1928, p. 528).

Al mismo tiempo destacó la importancia tanto las economías internas como externas a las firmas derivadas de cambios en los métodos directos e indirectos de producción y en la productividad del trabajo, asociados a la extensión del mercado. De acuerdo con Young, la estructura productiva no es una característica exógena de un sistema productivo sino el resultado endógeno de la dinámica capitalista, lo que desde la perspectiva actual de complejidad sería entendido como una propiedad emergente del sistema productivo. Young ha mostrado que cada cambio en un componente del sistema modifica la composición y organización de su estructura y alimenta nuevas ondas de cambio tecnológico vía nuevos flujos de exter-

nalidades.

Hasta aquí resulta claro que la preocupación está en el cambio estructural, en el desarrollo como proceso en desequilibrio en el que predominan rendimientos crecientes a nivel industria y complementariedades entre sectores que surgen y desaparecen en el marco de una fuerte volatilidad de entrada y salida de firmas en el proceso competitivo. Si la pregunta central es acerca de la auto-organización y, en especial, se focaliza en entender cómo es compatible el desarrollo, la auto-transformación y el cambio estructural desequilibrado con la organización económica, será Hayek el que profundice (Metcalf 2010). No obstante, si la pregunta central es sobre la retroalimentación, entonces, será la escuela del desarrollo quien recoja estos antecedentes sobre rendimientos crecientes, interacción y estructura para dar cuenta del fenómeno de divergencia entre sistemas productivos. Es decir, más allá del orden que exhiben los sistemas tomados como unidades interdependientes, los retornos crecientes a nivel de industria derivado de las interacciones provocarán divergencia entre sistemas. Este es el punto de partida del desarrollismo: cómo dar cuenta de las divergencias. Muchos de sus argumentos, como veremos a continuación, están en línea con los del enfoque de complejidad.

La escuela de desarrollo económico que se gestó alrededor de la década del 50 (Hirschman 1958; Rosestein-Rodan 1943; Prebisch 1959; Myrdal 1957) colocó gran parte de este conjunto de cuestiones en una discusión sobre los problemas específicos del subdesarrollo. Desde esta perspectiva, la estructura productiva en las economías periféricas constituía un factor clave que limitaba el desarrollo. Esto podía ser explicado por el predominio de un patrón de especialización productivo intensivo en los factores abundantes -*commodities* agroalimentarias y mineras y productos intensivos en recursos naturales- con baja presencia de sectores con rendimientos crecientes, con reducidos encadenamientos y vinculaciones horizontales y verticales con el resto del sistema productivo que tendía a deteriorar los términos de intercambio y a generar déficits recurrentes en la balanza de pagos. A la vez, la dinámica de esos sistemas, tendían a generar fenómenos de enfermedad holandesa que daban lugar a procesos de revaluación del tipo de cambio que limitaban adicionalmente el desarrollo de los sectores eslabonados por relaciones verticales y horizontales con los sectores intensivos en los factores abundantes.

En este caso, los *feedbacks* no hacen referencia a la interacción entre empresas sino a las interacciones entre sectores productivos que conducen a la emergencia de externalidades pecuniarias y entre agregados macroeco-

nómicos que provocan dinámicas divergentes entre países desarrollados y países en desarrollo. Por ejemplo, Myrdal (1957) mostró que los senderos divergentes entre países se retroalimentaban debido a la existencia de causalidades acumulativas entre los procesos de inmigración, salarios y empleo. Afirmaba que la tasa de inversión dependía positivamente del nivel del ingreso del período previo, lo que se reforzaba a través de diversos mecanismos como la existencia de retornos crecientes, aumento de la productividad y flujos de inmigración. De acuerdo con Myrdal (1957), se generaba crecimiento económico en las áreas receptoras y de-crecimiento en las áreas expulsoras de población, lo que producía disparidades adicionales en los salarios y en el empleo, y conducía a nuevos procesos emigratorios y finalmente a una causación circular y acumulativa de migración.

Por su parte, Kaldor estableció la relación retroalimentada de largo plazo entre el crecimiento del producto y de la productividad, popularizada como la relación Kaldor-Verdoorn, y analizó el efecto de esta relación sobre la existencia de senderos desequilibrados de desarrollo. Durante los 60's, Kaldor desarrolló su teoría de la causación acumulativa y sus efectos sobre retornos crecientes dinámicos, crecimiento y productividad. En ese contexto, la ley Kaldor-Verdoorn sintetiza algunos efectos de dinámicas no lineales y *feedbacks* derivados de la relación entre el crecimiento del producto y de la productividad. Otros autores Postkeynesianos y estructuralistas (Thirlwall 1979) siguieron un sendero semejante y también consideraron la relevancia de la estructura económica y el patrón de especialización en términos de las diferentes elasticidades ingreso de las exportaciones e importaciones. De esta forma, estos autores fieles a la tradición keynesiana han atribuido a la demanda un rol clave para explicar las tasas diferenciales de crecimiento del producto.

A pesar de presentar un enfoque mayoritariamente sectorial, en estos autores está presente una preocupación por las debilidades del desarrollo de capacidades y procesos de aprendizaje a nivel micro y meso y de la acumulación tecnológica derivada de la relación entre: (i) la competitividad internacional y las capacidades tecnológicas locales, (ii) la falta de explotación de rendimientos crecientes y (iii) la reducida importancia de la complementariedades del conocimiento en las estructuras productivas de los países en desarrollo.

Tabla 2. Dos tradiciones de pensamiento de la complejidad en la historia de la economía.

	<b>Orden</b>	<b>Transformación</b>
<b>Único sistema económico</b>	<b>1er tradición:</b> Smith-Marshall-Schumpeter-Hayek-Knight	
<b>Divergencia entre sistemas</b>		<b>2da tradición:</b> Smith-Marshall-Young-Schumpeter Kaldor-Myrdal- Hirschman

Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, de forma estilizada, podrían organizarse estas dos tradiciones en términos de dos dimensiones claves: prevalencia del orden por sobre la transformación en los sistemas productivos y la cuestión de heterogeneidad y divergencia entre sistemas productivos en oposición a la consideración de un único sistema económico sin diferencias entre economías desarrolladas y en desarrollo. En esa dirección la primera tradición puede localizarse en el casillero de “orden y único sistema” mientras que la segunda tradición se ubicaría en “transformación y divergencia de sistemas” (ver tabla 2).

Estos antecedentes son retomados por diferentes autores del evolucionismo actual discutidos en las siguientes secciones. Resulta relevante notar que ambas recogen elementos complementarios desde una perspectiva de la complejidad. Si bien, desde una perspectiva del desarrollo, la segunda corriente parece más atractiva, una convergencia entre ambas permitiría enriquecerla desde la perspectiva de la auto-organización y la auto-transformación asociada, es decir otorgarle más relevancia a los procesos de competencia microeconómica. Para ello, se requiere una mayor convergencia dentro de las ontologías evolutivas que presentaremos en las siguientes secciones.

### **Los supuestos ontológicos del evolucionismo.**

La corriente evolucionista neoschumpeteriana y en general la corriente

evolucionista en economía tiene un carácter fuertemente heterogéneo. A pesar de que esa heterogeneidad se refleja en supuestos ontológicos de mayor especificidad, existen algunos puntos de partida comunes o aceptados mayoritariamente. A su vez, existen otros supuestos que sin ser compartidos pueden considerarse complementarios y dan lugar a diversas clasificaciones acerca de la ontología evolucionista. Como hemos propuesto en la introducción el estudio de las bases ontológicas nos permite clarificar la heterogeneidad.

El evolucionismo se ha caracterizado por realizar un gran esfuerzo orientado a la discusión de sus bases ontológicas. Algunos ejemplos de esto se encuentran en Dosi y Nelson (1994), Metcalfe (1998), Potts (2000), Dosi y Winter (2002), Dopfer (2004; 2005), Dopfer y Potts (2004), Hodgson (2004; 2007), Witt (2004; 2008) y Vormen (2004). Estos trabajos no sólo han servido de base para la construcción de la ontología evolucionista, sino que también han permitido establecer la especificidad del evolucionismo económico actual, con fuertes vínculos schumpeterianos respecto a otras corrientes evolucionistas en economía, emparentadas con el viejo institucionalismo americano y otras corrientes.

En esta dirección en la presente sección, plantaremos en primer lugar las propuestas de Witt (2008) y de Hodgson (2007) que permiten posicionar, sobre la base de una discusión de algunos supuestos ontológicos al evolucionismo actual frente a otras corrientes. Seguidamente discutiremos la construcción de una ontología de carácter evolucionista neoschumpeteriana a partir de los aportes originales de Nelson y Winter (1982) y Dosi et.al. (1988), profundizadas por Dosi y Nelson (1994) y Dosi y Winter (2002). Por otra parte consideramos las contribuciones de Metcalfe (1998) y Dopfer (2004; 2005). La contribución de este último resulta clave ya que ha realizado un esfuerzo importante para construir los axiomas y leyes básicas de una teoría económica evolucionista.

Witt (2008) diferencia entre diversas corrientes del pensamiento evolucionista en función de perspectivas ontológicas y las estrategias heurísticas que adoptan. Su análisis y clasificación parte de la premisa de que existen dos niveles ontológicos, uno de tipo monista dentro de su hipótesis de continuidad —que considera que la naturaleza y la economía constituyen dos esferas interrelacionadas de la misma realidad— y otro dualista, que plantea que la economía es independiente de la naturaleza, marcando una ruptura entre las leyes naturales y las leyes sociales. A la vez, considera dos estrategias heurísticas independiente de la perspectiva ontológica. Por un lado una estrategia heurística basada la analogía y la metáfora. Esta estra-

tegia toma prestados modelos y herramientas analíticas de la biología a partir de la reducción de los tres principios básicos de la evolución darwiniana -variación, selección y retención- a conceptos abstractos posibles de ser aplicados a otros dominios. El uso de analogías o metáforas puede resultar muy útil para realizar avances de la teoría. Sin embargo también puede presentar problemas debido a que la analogía sea incompleta o haya aspectos de la evolución biológica que no puede ser trasladados al campo social.

Una segunda estrategia heurística posible consistiría en utilizar un concepto de evolución en un sentido amplio que puede ser aplicado a cualquier entidad que evoluciona -genes, lenguajes, tecnología-. A pesar de que estas entidades pueden cambiar a través del tiempo como respuesta a shocks exógenos, la característica genuinamente evolutiva radica en que éstas pueden transformarse endógenamente. Sin El modo varía mucho entre los diferentes dominios.

De esto surgen cuatro grupos posibles, de los cuales el evolucionismo actual se localiza en el que sigue una heurística basada en una abstracción de los principios darwinianos y en un dualismo ontológico (Nelson, Winter, Dopfer, Metcalfe, Saviotti, Dosi, Antonelli, Arthur). Estos autores usan metáforas darwinianas para conceptualizar la evolución económica. Por su parte Schumpeter se localiza en el grupo correspondiente a una ontología dualista y una heurística que tiene una concepción de evolución amplia por utilizar metáforas biológicas pero sin aceptar que pudiera haber alguna conexión entre la economía y la biología. Por ejemplo, si bien Schumpeter sostenía que el proceso de destrucción creadora que revoluciona la estructura económica endógenamente constituía un proceso de mutación que destruye ininterrumpidamente lo antiguo y crea elementos nuevos, se excusaba de utilizar la palabra mutación.

Dentro del supuesto ontológico de continuidad Witt identifica a los (i) los naturalistas North, Veblen, y Hayek identificados en los dos primeros casos como institucionalistas y en los últimos dos como evolucionistas (Hodgson 2012), a los (ii) los ambientalistas como Georgescu Roegen y a (iii) los partidarios del darwinismo generalizado (como Hodgson (2002) y Hodgson y Knudsen (2004; 2005)) entre otros con una ontología monista.

En síntesis, la mayor parte de los autores que contribuyeron a la teoría evolucionista de la innovación —y que incluimos en el análisis de la siguiente sección- recogen del evolucionismo biológico un conjunto de metáfora o analogía que aplican a los procesos de transformación tecnológica, pro-

ductiva y económica, pero diferencian a las esferas sociales y naturales de la realidad.

Por su parte Hodgson plantea que la especificidad del evolucionismo radica en la intersección entre un criterio ontológico basado en el cambio y la transformación y un criterio metodológico antirreduccionista. El supuesto ontológico de cambio es inherente al evolucionismo económico, posiciona a la innovación como raíz de la transformación y por lo tanto está asociado a la indeterminación y a la posibilidad de divergencia acumulativa en oposición al equilibrio. Para Hodgson, la raíz ontológica basada en el cambio está emparentada con lo que dentro de la economía austríaca se conoce como causa incausada, es decir una respuesta que no puede explicarse por ninguna situación preexistente, noción emparentada con la respuesta creativa de Schumpeter (1947). Este supuesto ontológico deja fuera del evolucionismo a Spencer y a Marshall, a pesar de que estos autores recurrieron frecuentemente a las analogías biológicas. También deja fuera a autores clásicos como Marx y Smith porque a pesar de que incluyeran en su visión el cambio y la transformación ésta no constituye una causa primaria, ya que exhibe sus orígenes en la acumulación capitalista y la expansión de los mercados. Por otra parte, el criterio metodológico antireduccionista, que refiere tanto a la imposibilidad de explicar el todo por sus partes, pero como también aclara el autor, a las partes en función del todo<sup>10</sup>. Este criterio es por lo tanto antirreduccionista y antiholista, lo que marcaría una co-evolución micro-macro que en términos de la teoría de la complejidad da lugar a la presencia de propiedades emergentes. Según Hodgson, esto dejaría fuera a Schumpeter y a otros autores austríacos como Loabsby y algunos aspectos del trabajo de Hayek. En esta dirección la intersección entre ambos criterios (ontológico y metodológico) da origen a lo que él denomina evolucionismo antireduccionista que refleja las características del evolucionismo neochumpeteriano actual e incluye a los autores que trataremos en la siguiente sección.

Sin embargo, las dimensiones ontológica (monista-dualista) y heurística de Witt y los criterios ontológico (cambio como causa incausada) y metodológico de Hodgson si bien contribuyen a realizar una diferenciación al interior del evolucionismo pueden no ser suficientes para entender todos sus aspectos ontológicos ni para clarificar la heterogeneidad a su interior. A continuación planteamos la ontología de Nelson, Winter y Dosi, por un lado y los aportes de Dopfer, Metcalfe y Potts por el otro. Esto nos permitirá en la siguiente sección identificar 5 grupos al interior del evolucionismo actual, ya anticipados en la introducción..

10 Denomina a esto “otra versión de reduccionismo” (Hodgson 2007, p. 130).

Según Nelson, Winter y Dosi las dimensiones claves del pensamiento evolucionista que impactan de manera diferencial sobre la dinámica y performance de las firmas se pueden resumir en los siguientes puntos. En primer lugar destacan la presencia de racionalidad acotada y de incertidumbre ambiental que limitan el acceso a la información, restringe las habilidades y el desarrollo de capacidades, limita la percepción de preferencias y las representaciones del mundo que tienen las organizaciones. La racionalidad limitada y la existencia de incertidumbre no modelable explican por qué las firmas actúan por medio de rutinas, subrutinas y repertorios que van generando a lo largo de su sendero evolutivo y que van configurando sus capacidades productivas, tecno-organizacionales y comerciales a lo largo de su historia (Nelson y Winter 1982). Esas rutinas i) constituyen la memoria organizacional de las firmas mediante las que desarrollan sus actividades productivas y comerciales, ii) incluyen las instrucciones que permiten replicar estructuras productivas y organizacionales propias e imitar y copiar otras estructuras y iii) son puestas a prueba en condiciones de conflicto cuando es necesaria una acción deliberativa de la que emerge nuevas rutinas. Por su parte, este comportamiento rutinario<sup>11</sup>, así como el comportamiento guiado por el hábito que describe Hodgson (2010), explica por qué a diferencia de la corriente principal los agentes económicos efectúan elecciones sin deliberación ya que saber qué hacer y qué elegir, que están muy diferenciados en el modelo neoclásico<sup>12</sup>, son parte de lo mismo en los modelos evolucionistas y requieren un uso automático de las rutinas y hábitos construidos. Estas rutinas, que son comunes a toda la ontología evolucionista, incluyen “todos los comportamientos de la actividad organizacional que se deriva de la práctica de una heurística, incluyendo los patrones de formas particulares de intentar innovar” (Nelson y Winter 1982, p. 133). Estos elementos de esta ontología se manifiestan en que para estos autores modelizar una firma es modelizar sus rutinas.

La presencia de heterogeneidad persistente en preferencias, dotaciones y visiones del mundo y la posibilidad inmanente de la novedad que solo puede ser aprovechada por las firmas de mayores capacidades, son dos supuestos ontológicos que se derivan de los enunciados anteriores. Otros supuestos derivados son la presencia de interacciones que operan como mecanismos de intercambio de información y coordinación y como pro-

11 Hodgson (2010) ha señalado la importancia de los hábitos en las conductas de los agentes económicos en oposición a la elección racional. Considera que los agentes actúan dentro de parámetros socialmente prestablecidos para poder hacer frente a la incertidumbre, la complejidad y el cambio. Esos parámetros se definen localmente en función del alcance de las conexiones de agentes dotados de una racionalidad acotada.

12 Qué hacer se deriva de la función de producción a la que tienen acceso y que decidir surge de la regla de decisión maximizadora de beneficios.

cesos de selección y fuente de crecimiento diferenciado entre las firmas. Finalmente Dosi (2013) destaca dos cuestiones que serán tratadas con mayor profundidad en la próxima sección: i) la presencia de propiedades emergentes del sistema consideradas como el resultado colectivo y no intencional de las micro- interacciones alejadas del equilibrio y de los aprendizajes heterogéneos que las firmas realizan y ii) la emergencia y automantenimiento de formas organizacionales e institucionales que son el producto de acciones intencionales de los agentes. Un aporte que realiza Dosi es que en las estructuras que él estudia, el supuesto de heterogeneidad persistente se deriva de que el proceso de selección se realiza al interior de la firma y no entre firmas a través del mercado en la tradición de la línea Smith, Marshall, Schumpeter.

Otro aporte importante para establecer una ontología del pensamiento evolucionista fue desarrollado por Dopfer (2004), quien propone una construcción axiomática que dá cuenta del funcionamiento y dinámica de un sistema evolucionista neoschumpeteriano. Con el objetivo no explícito de especificar la ontología que subyace la dinámica evolutiva presente en Nelson y Winter (1982), Dopfer (2004) plantea que una ontología evolucionista que se sustenta en cuatro leyes y tres axiomas. La primera ley, es la discontinuidad, que se manifiesta en procesos de mutación y procesos de diferenciación de los entes, o componentes del sistema (firmas, instituciones, etc.). La segunda ley es la adaptación que alude a la existencia de relaciones entre las partes del sistema, cuyas características influyen en el desarrollo de capacidades diferenciales de los entes. La tercera ley es la existencia de selección, que otorga una direccionalidad específica a la dinámica del sistema. Finalmente, la ley de retención alude a las condiciones de meta-estabilidad. En términos de Witt (2008), esta concepción forma parte de una heurística darwiniana, centrada en la variación, selección y retención, aunque en el caso de Dopfer y otros autores como Metcalfe ésta es tomada como metáfora.

Variedad, selección y retención son los elementos comunes a diversas ontologías evolucionistas, aunque no siempre todos los autores se refieren a éstos como leyes. Por ejemplo, la ley de discontinuidad de Dopfer puede indentificarse con el principio de generación de variedad (Metcalfe et al. 2006; Nelson y Winter 1982; Dosi y Winter 2002; Dosi 2013) que dá cuenta de la introducción de novedad entre los componentes de una población en al menos una característica relevante desde la perspectiva de selección. Esto se asimila a la idea de que el cambio de las rutinas organizacionales, tecnológicas, productivas y comerciales de las firmas es lo que

Nelson y Winter (1982) y otros evolucionistas llaman innovación<sup>13</sup>.

El principio de selección, que incluiría a la segunda y tercera ley de Dopfer, da cuenta de los mecanismos institucionales que premian o castigan con ganancias económicas temporarias las decisiones empresariales. Estos mecanismos en Metcalfe (2010) adquieren un carácter institucional se manifiestan en el proceso de competencia evolutiva (Metcalfe 2013), que incluye a un conjunto amplio de instituciones como ser las normas de apropiabilidad de rentas, las políticas de competencia, las políticas de derechos de propiedad intelectual, entre otras. Dentro del proceso de selección lo relevante no son las características per sé de los componentes de la población, sino aquellas que están sujetas a una presión selectiva común del entorno. Al estar en competencia entre sí, las características sujeto de selección son mutuamente interdependientes. El principio de retención explica la forma en la que una característica se difunde y se corporiza en una rutina, ya sea al interior de la organización (Bottazzi y Dosi 2010) como entre organizaciones a partir de procesos de copia, imitación y difusión (Metcalfe 2010).

Este conjunto de leyes - de discontinuidad o generación de variedad, adaptación, selección y retención- constituyen un régimen evolutivo y requieren el cumplimiento de tres axiomas: En primer lugar, los fenómenos reales son una actualización física de materia-energía y de información de una regla, lo que implica que esta puede dar lugar a múltiples actualizaciones (axioma i). En segundo lugar, los fenómenos reales se manifiestan como relaciones y conexiones (axioma ii). En tercer lugar, estos fenómenos reales son procesos dependientes del sendero (axioma iii). De acuerdo al axioma ii) las relaciones constituyen información que actualizada como proceso (axioma iii) representa conocimiento.

El aporte interesante de esta ontología es que plantea la articulación de los planos micro y macro partiendo del plano meso. Mientras que el nivel mesoeconomico se caracteriza por las diversas formas de actualizar una regla generada a nivel microeconómico (diversos conjuntos de rutinas correspondientes a la producción de un bien y/o servicio en una población de firmas que compiten en un mismo mercado), el plano macro incluye el pool de reglas generadas a nivel micro con las múltiples actualizaciones, es decir representa el estado en un momento dado del tiempo de las condiciones tecnológicas, productivas y organizacionales (sin anular su hetero-

---

13 La variedad es clave para que el proceso de selección tenga lugar. La dinámica de la selección puede ser descripta usando un modelo path dependence no ergódico como plantea David, "un sistema que no se puede desprender de los eventos pasados y que evoluciona como una función de su propia historia"

geneidad al interior de cada población) del conjunto de bienes y servicios disponibles en ese mismo momento que se transan en el mercado. De esta forma, según Dopfer esta ontología no plantea un reduccionismo de la macro a la micro<sup>14</sup> sino que se mantiene una epistemología no plana que conserva analíticamente el conjunto de reglas y sus múltiples actualizaciones tanto a nivel meso como a nivel macro.

La ontología evolutiva planteada por Dopfer parte de agentes con iniciativa e imaginación que generan —en el sentido schumpeteriano— nuevas combinaciones en un ambiente que si bien influye sobre sus decisiones de oferta y demanda también es alterado por sus conductas y por la introducción de novedad. La trayectoria del proceso económico comienza con la introducción de novedad por parte de las firmas del sistema a la que siguen reacciones y diferentes procesos de adaptación y selección para finalmente alcanzar un estado meta estable. El proceso comienza con la creación de novedad, concebida como el resultado de la habilidad creativa e imaginación de los agentes que se manifiesta en la generación de una nueva regla (organizacional, productiva, tecnológica y comercial) a nivel de la firma. Esta nueva regla puede ser asimilada al conjunto de rutinas, subrutinas y repertorios que en Nelson y Winter constituyen los *skills* de las firmas. En una segunda etapa la regla se adapta tanto a nivel de las firmas como del ambiente. Esto se produce mediante procesos de actualización de la regla según los cuales cada agente dentro de una misma población de competidores la adopta idiosincrásicamente dando lugar a una fuerte variedad de la misma regla. Finalmente, en una tercera etapa, la regla es retenida en un contexto de mucho menor heterogeneidad de las actualizaciones, que fueron puestas a prueba en un contexto selectivo.

### **Evolucionismo como complejidad: Las distintas corrientes actuales sobre complejidad y economía de la innovación, elementos comunes y diferencias conceptuales.**

En esta sección presentamos nuestra taxonomía de autores evolucionistas - (i) Hábitos y Rutinas, (ii) Sistemas de Innovación, (iii) Causación Acumulativa, (iv) Auto-organización/Auto-transformación y (v) Feedback y Rendimientos Crecientes- haciendo especial énfasis en los supuestos ontológicos a los que adhieren y el grado de acuerdo de éstos con los cinco ejes que dan cuenta de la ontología de complejidad - (i) la heterogeneidad, (ii) interacciones, (iii) arquitectura de la red, (iv) desequilibrio y

<sup>14</sup> Esta ontología permite entender que las características globales del sistema, si bien guardan coherencia con las acciones individuales, no pueden deducirse del comportamiento de un individuo representativo.

divergencia y (v) propiedades emergentes.-

El primer grupo, que denominamos Hábitos y Rutinas incluye los aportes de Nelson, Dosi, Winter, Hodgson, Teece y Pisano, entre otros. El elemento que define al grupo es el interés por los procesos microeconómicos de aprendizaje y el análisis de las conductas de los agentes económicos y las instituciones, que actúan bajo una norma de racionalidad procedural donde la dinámica se establece sobre la base de construcción y modificación de las rutinas frente a un contexto incierto y dinámico. Los autores de este grupo se proponen contribuir al desarrollo de una teoría de la firma, su comportamiento y el aprendizaje organizacional. En ese sentido, destacan por la relevancia que tienen los hábitos y rutinas para explicar la construcción de capacidades y las dinámicas evolutivas de las organizaciones –firmas e instituciones. En especial en Nelson y Winter la firma está constituida por un conjunto de rutinas y subrutinas y distintos repertorios que son ejecutadas por los miembros de la organización en condiciones de desequilibrio.

El segundo grupo, Sistemas de Innovación, incluye a aquellos autores que enfatizaron en la dimensión sistémica de la innovación y el cambio tecnológico sobre la base de conceptos como clusters, sistemas locales, regionales, sectoriales y nacionales de innovación. Este grupo, quizás el más nutrido por su amplitud temática incluye a autores como Freeman, Nelson, Edquist, Bochma, Malerba, Breschi., Antonelli, entre otros. El carácter sistémico de su análisis se manifiesta en varios planos: colocan a la innovación y al proceso de aprendizaje en un lugar central, adoptan una perspectiva holística e interdisciplinaria, emplean una perspectiva histórica y enfatizan las diferencias entre sistemas y las tendencias a la divergencia. En su análisis destacan elementos tales como la interdependencia, la no linealidad, y el carácter central de las instituciones (Edquist et.al. 2001).

El tercer grupo es denominado Causación Acumulativa por hacer hincapié en la complementariedad de las fuentes keynesianas, kaldorianas y schumpeterianas de crecimiento. Este grupo incluye naturalmente a Dosi, Saviotti y Pyka y a los aportes del evolucionismo al comercio internacional (Dosi, Pavitt y Soete) que ha girado en torno al reconocimiento de la centralidad de las ventajas absolutas y la posibilidad de desarrollar modos exitosos o perniciosos de inserción en comercio internacional sobre la base del aprovechamiento de las oportunidades de expandir el mercado. Mas allá de sus contribuciones al desarrollo económico y a generar una teoría del cambio estructural, estos autores han avanzado en los últimos años en

un aspecto bastante faltante en el evolucionismo, es decir cuál es el rol de los mecanismos de causación acumulativa en la demanda y en la generación de variedad. En ese sentido, con desigual importancia priorizan el análisis de las regularidades macro.

El cuarto grupo que denominamos Auto-organización/Auto-transformación, está caracterizado por su fuerte raíz evolucionista y austríaca. Mientras la primera se manifiesta por su interés en explicar la auto-transformación de los sistemas económicos y la dinámica de la competencia poblacional en términos de los procesos darwinianos de generación de variedad, selección y retención, la segunda pone el énfasis en la organización como el resultado endógeno y fuera del equilibrio de las interacciones individuales descentralizadas. Los autores que se incluyen dentro de esta tradición son Dopfer, Metcalfe, Potts, Witt, Foster y Antonelli entre otros.

Finalmente, el quinto grupo, al que denominamos Feedbacks y **rendimientos crecientes**, está constituido por una amplia corriente de pensamiento identificada con la economía de la complejidad que ha desarrollado sus aportes desde la escuela de Santa Fe (Arthur et.al. 1997; Durlauf 2005; Holland, Blume, Maxfield, Sheikman, entre otros). Se destacan por haber aplicado los conceptos de la teoría de la complejidad a la economía para explicar las dinámicas de retroalimentación (no lineales) y fuera del equilibrio de los sistemas económicos que, a través de interacciones descentralizadas conducen a la presencia de rendimientos crecientes y a la divergencia de senderos<sup>15</sup>.

Como es de esperar las clasificaciones que se proponen no son puras y en ese sentido el grupo se denomina a partir del principal aporte realizado por los autores incluidos, lo que significa que algunos de ellos (por ejemplo Dosi, Nelson, Antonelli) pueden estar clasificados en más de un grupo mientras otros se asignan a un grupo específico a pesar de haber realizado aportes en otras dimensiones del pensamiento evolucionista (Saviotti, Malerba, Bochma, entre otros).

En la tabla 3 se presenta la relación entre los grupos de autores y los ejes de la ontología de la complejidad.

En el grupo Hábitos y Rutinas la **micro-heterogeneidad** se manifiesta

---

15 En general, han ido más allá de las aplicaciones a la economía de la innovación, dando cuenta de dinámicas complejas en mercados bursátiles y en finanzas. En este caso, se ha hecho hincapié en los mecanismos de retroalimentación, que incluso pueden ser percibidos a nivel institucional. En esa dirección destacan los trabajos de Arthur (1989; 1990; 1991) sobre difusión y adopción de estándares y tecnologías competitivas, así como la economía del querty de David (1985).

Tabla 3. Supuestos ontológicos de la complejidad en las diferentes grupos de autores.

	<b>G1. Hábitos y Rutinas</b>	<b>G2. Sistemas: de innovación</b>	
<b>S1. Micro-heterogeneidad</b>	Heterogeneidad de rutinas, hábitos y capacidades	La heterogeneidad es tanto intra como entre sistemas.	
<b>S2. Interacciones e información parcial</b>	Interacción con el ambiente para la construcción de capacidades	Las conexiones entre agentes son incompletas y tienen costos. El espacio es multidimensional	
<b>S3. Arquitectura de red</b>	Existe una estructura jerárquica de rutinas y subrutinas.	La red es jerárquica y modular. Los sistemas son complejos a nivel de firma, a nivel de sistema local, sistema sectorial, sistema nacional.	
<b>S4. Desequilibrio</b>	Indeterminación por la naturaleza del proceso de innovación. Desequilibrio y dinámica sendero dependiente.	Desequilibrio y dinámica sendero dependiente. Feedbacks asociados a procesos de aprendizaje local y a las externalidades locales	
<b>S5. Propiedades emergentes</b>	Emergen estructuras institucionales, reglas y hábitos.	Emergen los sistemas (locales, territoriales, sectoriales) y la innovación (Antonelli) como un resultado de determinación micro-macro simultánea.	

Fuente: elaboración propia.

<b>G3. Causación acumulativa</b>	<b>G4. Auto-organización/ Auto-transformación</b>	<b>G5. Feedback y rendimientos crecientes</b>
Heterogeneidad de trayectorias tecnológicas y productivas. Heterogeneidad entre sistemas	Micro-heterogeneidad como combustible del proceso evolutivo.	Agentes heterogéneos que interactúan localmente de forma descentralizada.
La estructura de red no es clave en el análisis. Se priorizan el rol de la demanda.	La información parcial local se articula a partir de interacción de red para dar lugar a un conocimiento colectivo	La localización determina las conexiones y la estructura de la red. No hay controlador global y la información puede ser local o global (externalidades)
No se consideran las estructuras modulares pero sí hay jerarquía dado que el análisis es micro/macro	La heterogeneidad micro se conserva a nivel meso y la estructura meso a nivel macro (Dopfer)	Organización jerárquica con escalas múltiples de análisis
Los feedbacks refieren a los procesos de retroalimentación con la demanda, que dan lugar a dinámicas de cambio estructural sendero-dependientes.	Distinción entre orden y equilibrio. Los feedbacks positivos se manifiestan en los procesos adaptativos y de generación de variedad y selección.	Hay equilibrios (o atractores) múltiples indeterminados a priori. Los feedbacks positivos toman la forma de rendimientos creciente, economías de red y externalidades.
Emerge el cambio estructural que se manifiesta en la aparición de nuevos sectores y en la complejización de los sectores existentes.	Emerge el orden y a la estructura, que no invalida la micro heterogeneidad.	Emerge orden que se deriva de arribar a un atractor del sistema entre diferentes atractores posibles No hay garantía optimalidad global.

en la heterogeneidad de las rutinas, hábitos y capacidades a partir de las cuales las firmas e instituciones se diferencian en un contexto de incertidumbre y racionalidad acotada. Este es el punto de partida para analizar la dinámica de la competencia, donde el proceso de aprendizaje de las organizaciones a lo largo de su sendero evolutivo es clave. Las rutinas se modifican cuando aparecen problemas no triviales, cuya resolución se manifiesta en la emergencia de procesos innovativos que aumentan la heterogeneidad inicial.

La segunda dimensión de la ontología de la complejidad, la **interacción** con el ambiente y el acceso local a la información, resulta clave en este grupo ya que les permite complementar la forma bajo la cual las firmas construyen capacidades internas. Con distinto énfasis, estos autores hacen una analogía con los sistemas biológicos<sup>16</sup>, en donde la conducta individual está parcialmente determinada por las condiciones sistémicas y por los rasgos idiosincrásicos.

La tercera dimensión considera la presencia en la **arquitectura de la red** de conexiones caracterizadas por poseer jerarquía y modularidad. La jerarquía resulta un aspecto relevante, dado que la contribución que realizan al estudio de las conductas refiere a los aprendizajes de los agentes individuales en la interacción con el medio. En este contexto, el análisis del pasaje de aprendizaje individual al aprendizaje organizacional (de *skills* a rutinas) incluye un planteo limitado de jerarquías. No obstante, son las contribuciones realizadas en el marco de la corriente de sistemas de innovación, las que extienden esta jerarquía a niveles más agregados de análisis. Por su parte, la modularización refiere a la forma como se articulan en una empresa las rutinas y subrutinas. Es decir, en especial para Nelson y Winter las rutinas y subrutinas presentan una organización modular, lo que permite a las firmas sostener la funcionalidad del sistema más allá de los shocks exógenos. En la misma dirección, en Hodgson los hábitos y la racionalidad procedural, que son formas eficaces para que las firmas e instituciones se enfrenten a la incertidumbre.

En relación a la cuarta dimensión, **desequilibrio**, los autores de este grupo consideran que la dinámica del sistema está siempre fuera del equilibrio y es sendero dependiente. Las firmas cambian sus rutinas y por tanto innovan cuando se presentan problemas no triviales (Nelson y Winter 1982), tal como comentamos en relación a la dimensión de heterogeneidad. El desequilibrio también se manifiesta en la presencia continua de *feedbacks* positivos en los procesos de aprendizaje a nivel micro y ausencia

16 En esa dirección, Nelson y Winter consideran a las rutinas como genotipos y a las firmas como fenotipos.

absoluta de determinismo por la naturaleza del proceso de innovación (Nelson 1991).

Con respecto a las propiedades *emergentes*, si bien Nelson y Winter no especifican las mismas reconocen múltiples escalas de espacio y tiempo. Aunque no está explícito podría pensarse que en su esquema emergen estructuras institucionales, reglas y hábitos. Finalmente en estos autores, las firmas constituyen también un sistema complejo porque están presentes mecanismos de retroalimentación entre variables y propiedades emergentes. Por lo tanto, la firma exhibe los rasgos de la división de conocimiento y de trabajo bajo la forma de pequeña escala, en una dimensión micro.

Dentro del grupo Sistemas de Innovación la *heterogeneidad* también es muy relevante, ya que el desarrollo de los sistemas se produce a partir de la continua generación de micro-diversidad y de su resolución vía procesos de difusión local de tecnología y de conocimiento y *feedbacks* que operan a nivel local (Antonelli, 2008). **La especificidad se da en que las interacciones que conducen a la difusión son esencialmente locales** tanto debido a las características propias de la tecnología y el conocimiento, como por el funcionamiento de las instituciones también arraigadas al territorio (Maskell y Malmberg 1999). **Por lo tanto, para este grupo la heterogeneidad está presente tanto al interior de los sistemas como entre ellos.**

Por su parte, el rol de las *interacciones* es clave para entender la dinámica de las firmas y de los sistemas a los que pertenecen. Las interacciones entre componentes del sistema complejo pueden generar *feedbacks* positivos, que amplifican las respuestas individuales dando lugar a dinámicas agregadas que no se deducen de la suma lineal de sus componentes. Por su parte, estas retroalimentaciones generan dinámicas divergentes entre sistemas que pueden conducir a una persistencia de la heterogeneidad. Las respuestas de cada firma ante cambios en las condiciones de entorno o ante cambios introducidos por otras firmas co-localizadas, conducen a respuestas que se pueden multiplicar a nivel del sistema. De este modo, las interacciones que engendran externalidades se multiplican a través de los *feedbacks* lo que conduce a rendimientos crecientes y dinámicas divergentes. A partir de la discusión llevada a cabo dentro de la geografía evolucionista sobre el rol del territorio en un contexto de creciente informatización, diversos autores han puesto de manifiesto la necesidad de ampliar la dimensionalidad del espacio más allá del espacio geográfico. En especial, Boschma y Antonelli han sostenido que interesa analizar la estructura de red en el espacio multidimensional en un marco de conexiones incompletas. Para Antonelli, resulta relevante el concepto de externa-

lidades pecuniarias de conocimiento ya que permite poner de manifiesto que el acceso a las externalidades de conocimiento está mediado por esfuerzos (monetarios) que deben hacer las firmas para la construcción de capacidades. Es decir, es necesario realizar erogaciones para acceder al conocimiento externo, las que tienen costos para las organizaciones. Diversos trabajos de autores de ese grupo recurren al instrumental de SNA para su estudio, lo que les permite tener una visión en la que la estructura de la red y la posición relativa de las firmas en ellas resulta relevante para entender tanto la dinámica individual (no son equivalentes posiciones centrales o periféricas, o posiciones que actúen como puentes) y global (determinadas estructuras de la red favorecerán, de forma diferencial la creación y la circulación del conocimiento).

Vinculado con el eje anterior, *la arquitectura de red* es central. Las estructuras modulares permitirán sostener el funcionamiento de un cluster o sistema local más allá de la rotación de firmas a su interior. En general se concibe una arquitectura jerárquica, en particular dentro de la visión de sistema nacional de innovación) ya que la complejidad se despliega en las diferentes escalas de análisis: las firmas constituyen en sí mismas sistemas complejos, luego los sistemas son complejos a nivel de sistema local, del sistema sectorial y del sistema nacional.

En relación al cuarto eje, los autores coinciden con el grupo anterior en que la dinámica del sistema siempre está en *desequilibrio* y es sendero dependiente. A la vez, existe *feedbacks* positivos entre agentes heterogéneos que se manifiestan en externalidades y en particular en externalidades de conocimiento a las que las firmas acceden sobre la base del desarrollo de sus capacidades internas (Antonelli). Estas externalidades representan rendimientos crecientes, y conducen a una divergencia de senderos entre sistemas. Por otra parte, como plantean en la arquitectura modular, esta divergencia de senderos se presenta tanto entre firmas, como entre ciudades regiones o países (Boschma y Frenken 2007).

En relación a la *emergencia* puede observarse cierta heterogeneidad ya que en especial en el caso de la literatura de Sistemas Nacionales de Innovación no hay en general un tratamiento explícito, mientras que en la literatura referida a la nueva geografía evolucionista (Bochma) con fuertes vínculos con el enfoque de la complejidad, está muy presente. Para esta última, la emergencia refiere justamente a los sistemas de innovación, sobre la base de las interacciones locales. En especial en (Edquist et.al. 2001) y en (Edquist 1997) los sistemas de innovación son considerados como emergentes dado que son la consecuencia de un proceso histórico

que en un marco de interdependencia y no linealidad da lugar a la co-evolución del conocimiento, las instituciones y las organizaciones y de que la innovación no está solo determinada por los elementos del sistema sino también por su interacción.

Antonelli, adicionalmente postula a la innovación como una propiedad emergente ya que la reconoce como el resultado simultáneo de las acciones intencionales y creativas de las firmas y de las condiciones meso-macro. La introducción de novedad es el resultado combinado de las condiciones del sistema como un todo y de las características idiosincrásicas derivadas de las capacidades de las firmas. En este sentido, Antonelli hace un aporte significativo al poder tratar a la innovación como una variable endógena del sistema, a diferencia del tratamiento formal que le dan Nelson y Winter donde recae sobre aspectos aleatorios<sup>17</sup> a pesar de entenderla a partir de cambios de las rutinas.

En el grupo de Causación Acumulativa, la *heterogeneidad micro* está parcialmente presente<sup>18</sup> y cuando es incluida solo se lo hace a partir de modelos de tipo Agent-Based con el objetivo de dar cuenta de la dinámica emergente macro o sectorial.

Por su parte, las *interacciones* y la *estructura de red* se manifiestan no sólo a nivel micro, sino especialmente entre sectores y diferentes agregados. A su vez, en los trabajos de Dosi sobre comercio exterior realizados con Pavitt y Soete, que están basados en Thirwall, Perroux y Kaldor, las interacciones micro estarían ausentes o asumirían en el mejor de los casos interacciones que derivan de las externalidades. En este caso predominarían las interacciones globales a las interacciones locales, al menos a nivel de sistema con independencia de la escala de análisis. Los autores del grupo tienen un interés especial en entender procesos de crecimiento de largo plazo basados en las interacciones generadas por una demanda en expansión. La relación smithiana de expansión del mercado como motor de la diversificación económica y creación de oportunidades de innovación, aparece como el vínculo clave entre la dinámica keynesiana y Schumpeteriana de crecimiento. En este contexto, recae sobre la estructura productiva, sus características y evolución la posibilidad de generar externalidades que arrastren crecimiento y que a la vez generen una estructura más diversificada con posibilidades de profundizar ese crecimiento en una dinámica del tipo Kaldor-Verdoorn. Por eso sostenemos que en este caso

17 Antonelli hace referencia a la parte estocástica del proceso de innovación que en Nelson y Winter (1982) es determinada a partir de cadenas de Markov.

18 Por ejemplo en el modelo TVCOM de Saviotti y Pyka permanece como un supuesto pero no es incluido cabalmente en el análisis.

las interacciones son globales, ya que las condiciones estructurales actúan como una señal para todos los agentes del sistema. En los trabajos sobre interacciones entre demanda y crecimiento económico los autores de este grupo no hacen especial énfasis a la cuestión referida a la arquitectura de la red en términos de modularización y jerarquía. La jerarquía solo aparece en el análisis micro-macro.

En relación al **desequilibrio**, en los modelos TVCOM de Saviotti y Pyka se considera que la dinámica del sistema se explica por un continuo pasaje del equilibrio (economía circular schumpeteriana) al desequilibrio. Por el contrario, en Dosi hay una dinámica que está continuamente fuera del equilibrio. En este grupo existe un fuerte énfasis sobre los procesos de feedbacks con la demanda. Los procesos de causación-acumulativa y los mecanismos smithianos y kaldorianos que consideran, los acercan a las posiciones estructuralistas y a entender a divergencia entre sistemas económicos más allá de los *feedbacks* relativos al conocimiento y la tecnología. En este contexto incluyen fuertes posiciones en torno a la dependencia del sendero, ya que los procesos dinámicos que proponen marcan la irreversibilidad tanto temporal como estructural. En relación a la cuestión de óptimos globales, evidentemente no es una preocupación del grupo, desde que su inquietud surge de una economía en expansión, no consideran una posición óptima a la que se deba arribar. No obstante, sí señalan, como en todos los casos en los que los procesos de retroalimentación juegan un rol importante, la posibilidad de situaciones de lock-in provocadas por las relaciones no lineales. Estos autores hacen referencia a procesos de aprendizaje y adaptación que conducen a una co-evolución entre condiciones de demanda y a las condiciones tecnológicas y productivas.

En este grupo de Causación Acumulativa para Saviotti y Pyka emerge el cambio estructural que se manifiesta en la aparición de nuevos sectores y en la complejización de los sectores existentes (*related and unrelated variety*). En el caso de Dosi, cuyos aportes a la ontología de la complejidad comunes a Nelson y Winter fueron comentados en el primer grupo, emergen formas organizacionales e instituciones que son el resultado parcial de las acciones intencionales de los agentes pero, a su vez son el resultado no intencional de las **interacciones** colectivas de los agentes en situación de aprendizaje. Según Dosi (2013) las no linealidades inducidas por la **heterogeneidad** y las interacciones **lejos del equilibrio** inducen a la co-evolución entre las variables agregadas (empleo, producción, etc.), donde las propiedades estadísticas que muestran las mismas podrían interpretarse como propiedades emergentes fundadas en los micro-desequilibrios persistentes. Es decir, las relaciones estables observadas entre esas mismas

variables agregadas —las regularidades agregadas— podrían surgir de las interacciones microeconómicas turbulentas y en desequilibrio. Más aún, Dosi (2013) plantea que esa emergencia se puede manifestar en diferentes niveles de agregación: “los fenómenos colectivos agregados (por ejemplo, las regularidades en los diferentes niveles de agregación, en los procesos de crecimiento, en las estructuras industriales y la dinámica, etc.) deben capturarse teóricamente como propiedades emergentes -el resultado colectivo y en gran medida no intencional de las micro-interacciones alejadas del equilibrio y de los aprendizajes heterogéneos.

En el grupo Auto-organización/Autotransformación, la *heterogeneidad* está presente fundamentalmente en un plano micro. Esta constituye el combustible del proceso evolutivo y es clave en la generación de variedad, en la selección que disminuye la variedad y en la retención, procesos que son interdependientes y se refuerzan mutuamente.

Por su parte, las *interacciones*, conducen a la presencia de la información parcial también a nivel local se articula a partir de la interacción de la red para dar lugar a un conocimiento colectivo. En esa dirección, las vinculaciones y la información que se transa son más importantes que los componentes del sistema (Kirman 2011; Potts), por lo que el herramental de SNA es utilizado por algunos autores de la corriente (Potts).

Este grupo, la *arquitectura de la red* se caracteriza por ser jerárquica, dado que se consideran múltiples escalas de análisis (micro-meso-macro). Así, en especial en Dopfer la heterogeneidad micro se conserva a nivel meso y la estructura meso a nivel macro. La significatividad de la jerarquía y la modularización en este grupo se advierte por ejemplo en la interesante definición de sistema complejo que proponen Dopfer y Potts:

“un sistema complejo es modular, abierto y con jerarquías. Es modular porque está conformado por un conjunto de partes específicas, funcionales y conectadas. Es abierto porque las partes interactúan con grados de libertad y por lo tanto pueden cambiar las conexiones continuamente. Finalmente, es jerárquico porque cada módulo es un sistema complejo.” (Dopfer y Potts 2004)

En este grupo los autores distinguen orden y equilibrio y plantean la competencia como un proceso que está siempre en *desequilibrio*<sup>19</sup>.

Para los autores del grupo, fieles a su tradición hayekiana, la noción de

<sup>19</sup> Los autores de esta corriente destacan que en un mundo de ambigüedad e ignorancia, la naturaleza de final abierto de la competencia de mercado es el aspecto evolutivo más distintivo del moderno capitalismo. Metcalfe agrega la cuestión de la autotransformación a la autoorganización, que era básicamente el interés de Hayek.

orden resulta adecuada en oposición a la de equilibrio. Su oposición al equilibrio recae sobre su entendimiento del sistema económico como un conjunto de interacciones incompletas. En este contexto consideran que la concepción tradicional de equilibrio representa un estado óptimo que requiere la existencia de total conectividad entre los componentes del sistema, lo que implica aceptar la hipótesis de información perfecta (Foster 2005). Basada en las nociones de orden y conocimiento distribuido de Hayek, difiere de los parámetros aceptados por la teoría económica tradicional en la que el equilibrio se considera un estado óptimo que requiere la conectividad total entre los componentes del sistema, lo que implica la hipótesis de la información perfecta (Foster 2005; Saviotti 2001; Potts 2000). El trabajo de Potts (2000) enfatiza que la clave para diferenciar la economía ortodoxa de la heterodoxa radica en que la primera tiene una visión de la economía como un campo matemático (*mathematical field*) en el que todo está conectado perfectamente con todo lo demás, mientras que la segunda la ve como un sistema complejo en el que las conexiones son incompletas y locales. En esta corriente los *feedbacks* positivos se manifiestan en los procesos adaptativos y de generación de variedad y selección. En este grupo *emergen* claramente el orden y la estructura, lo que no invalida la micro heterogeneidad. Entre estos autores está muy presente el supuesto de variabilidad a escala micro con constancia macro. Como plantea Dopfer, lo que emerge depende de cuál es la dimensión en la que se analiza el sistema, ya sea a nivel micro, a nivel meso o a nivel macro. Al utilizar una ontología no plana, cada evento y cada parte del sistema puede ser analizado y tiene efectos sobre lo que emerge en las tres dimensiones planteadas. Así, a nivel micro emerge una regla (rutina), en el plano meso las múltiples actualizaciones de esa regla realizadas por los agentes de un sector y en el plano macro una población de reglas y sus actualizaciones. Por su parte en Metcalfe el proceso evolutivo explica cómo las poblaciones cambian a través del tiempo y cómo la estructura es una propiedad emergente que se deriva de la interacción e interdependencia. Esta idea de estructura de tipo resiliente es *path dependence* y lo aleja de Hayek para el que sólo emerge la autoorganización<sup>20</sup>. Más específicamente, Metcalfe plantea que como producto del proceso de competencia emergen estructuras disipativas, interacciones, nueva coherencia, entropía y entrada de

20 Este orden espontáneo representa a la historia actuando sobre los individuos, lo que se diferencia de los institucionalistas como Hodgson (grupo hábitos y rutinas que prefieren ver las instituciones en términos colectivos y no individuales. El significado de la auto-organización es que “las estructuras disipativas ocurren en puntos de bifurcación donde las nuevas soluciones de ecuaciones no lineales se hacen estables y en los puntos de bifurcación el sistema elige entre varias posibilidades”).

novedad, lo que da lugar a la posibilidad de una nueva selección y al cambio estructural. En Metcalfe subyace la idea, como en Alan Kirman, de que emerge, también, la forma organizacional del mercado que de acuerdo a la naturaleza que alcanza puede o no promover la especialización, la coordinación y el cambio económico.

Desde esta perspectiva evolutiva, la innovación produce cambios en las características selectivas de productos y procesos existentes en la población. Se trata de una perspectiva no darwiniana que se antepone a la selección random porque es ineficiente ante la multiplicidad de alternativas a seleccionar y no es acumulativa.

Finalmente, en el grupo *Feedback* y Rendimientos Crecientes, la definición de la economía como un sistema complejo adaptativo tiene como punto de partida la existencia de agentes heterogéneos que interactúan localmente de forma descentralizada, a pesar de que muchos de los modelos suponen agentes homogéneos o tipologías de agentes.

A su vez, las interacciones son claves y se accede a las mismas a través de vinculaciones concretas. La localización determina las conexiones y la estructura de la red y por lo tanto no hay controlador global. Las economías de red y rendimientos crecientes que predominan en este enfoque es un ejemplo de la relevancia que adquiere la información global. Como en el grupo anterior, algunos autores utilizan la metodología de SNA (Blume) para tratar estas interacciones. En relación a la tercera dimensión en este grupo hay organización jerárquica y múltiples escalas de análisis.

Los autores de este grupo parten de la idea de que los sistemas complejos pueden generar orden a partir de las interacciones de agentes descentralizados y dispersos. La dinámica de sistemas complejos es esencialmente abierta (*open-ended*), por lo que la idea de un óptimo global es inútil en sí misma (Arthur 1989). Para estos autores, los sistemas complejos pueden generar orden a partir de las interacciones de agentes descentralizados y dispersos.. En esta dirección la noción de equilibrio (cuarta dimensión) debe ser remplazada por la de evolución (Durlauf 1997).

“[N]uevos nichos, nuevos potenciales, nuevas posibilidades, son continuamente creados, la economía opera lejos de cualquier óptimo o equilibrio global. Las mejoras son siempre posibles y de hecho ocurren con regularidad” (Arthur et.al. 1997, p. 66).

Los *feedbacks* positivos generan transiciones de fase que conducen de uno a otro atractor y toman la forma de rendimientos crecientes o economías de red y externalidades de distinto tipo (incluso de conocimiento).

Por último, entre los autores del grupo Feedback y Rendimientos Crecientes *emerge* orden que se deriva de arribar a un atractor del sistema entre diferentes atractores posibles cuando atraviesa estados de transición de fase (atractores múltiples). Este grupo se diferencia del mainstream en que el atractor al que llega el sistema de los múltiples posibles no garantiza optimalidad global. Específicamente en el terreno tecnológico emerge un diseño dominante (Arthur, David, pero también Metcalfe del grupo anterior) el cual se descubre, no es impuesto y es path dependence, alcanzando esta dimensión una importancia significativamente mayor que en el grupo anterior y asimilable al peso que tiene en el primer grupo y en especial en Nelson y Winter (1982).

En suma, los cinco grupos de autores evolucionistas identificados presentan similitudes y diferencias en términos de las dimensiones ontológicas que permiten definir un sistema complejo. En relación a las similitudes, la presencia de *heterogeneidad* en las características de las organizaciones (firmas e instituciones) constituye un rasgo que abarca prácticamente a todos los grupos. En especial, en muchos de esos autores la micro-heterogeneidad alude a la diversidad de las capacidades tecnológicas, productivas, comerciales y organizacionales a nivel de organizaciones (empresas e instituciones) componentes del sistema complejo, donde la variabilidad a escala micro es compatible con el orden macro. Es decir, es posible describir las características centrales y el funcionamiento del sistema sin necesidad de tener información sobre cada uno de sus componentes. Dentro de la teoría evolucionista de la innovación, la heterogeneidad de componentes del sistema refiere a la diversidad de firmas en términos de competencias tecnológicas, productivas, comerciales y organizacionales, vinculaciones y lugar en la arquitectura de conexiones, conductas y performance productiva. En este contexto, se descarta una aproximación basada en un individualismo metodológico y se recurre a la idea de población. Otra dimensión en la que las coincidencias son mayores que las diferencias es la importancia del *desequilibrio* en el proceso de construcción de capacidades y en el proceso competitivo en sí.

En las tres dimensiones restantes pudimos identificar algunas diferencias y mayor heterogeneidad entre los grupos evolucionistas considerados. Por ejemplo, la *interacción* y la importancia de las *redes* son centrales en los grupos de Sistemas de Innovación, en el de Auto-organización/Auto-transformación y en el de *Feed-back* y Rendimientos Crecientes. En los tres casos se coloca el énfasis en las interacciones locales, que se definen, como plantean Antonelli y Bochma en un espacio multidimensional cercano a las firmas. Por su parte, también la jerarquía y la modularización se mani-

fiestan de diferente forma. En el grupo Hábitos y Rutinas asume la forma de modularización de rutinas con escaso pero de la jerarquía o a lo sumo con un análisis micro-meso, en el grupo Sistemas de Inovación la red es jerárquica, en el grupo de Causación Acumulativa hay jerarquía pero no modularización, en el grupo Auto-organización/Auto-transformación está presente la jerarquía y la modularización y en el grupo Feedback y Rendimientos Crecientes predomina la jerarquía con múltiples atractores para cada transición de fase. Finalmente, si bien la **emergencia** es clave como dimensión ontológica de la complejidad, lo que emerge en cada una de los grupos es distinto: rutinas y hábitos en el primer grupo, innovación y sistemas en distintas escalas en el grupo de Sistemas de Innovación, cambio estructural en el grupo de Causación Acumulativa, orden y estructura en el grupo de Auto-organización y Auto-transformación; orden y diseño dominante en el grupo de *Feedback* y Rendimientos Crecientes.

## Conclusiones.

En este trabajo hemos discutido la idea general de complejidad desde una perspectiva transdisciplinaria proponiendo una ontología integradora de la misma que incorpora diferentes definiciones propuestas en la literatura (primera sección). A su vez hemos planteado antecedentes sobre esa idea de complejidad que pueden encontrarse en dos grandes tradiciones a lo largo de la historia de la teoría económica, una que se centra en el orden y otra en la divergencia (segunda sección). A su vez hemos discutido la ontología del pensamiento evolutivo que se desprende de la literatura reciente (tercera sección). Finalmente, hemos identificado diversos grupos de autores evolucionistas en función de sus preguntas de investigación centrales. Para esos grupos hemos analizado la forma en que los principales ejes de la ontología de la complejidad se manifiestan en sus elaboraciones conceptuales (cuarta sección).

En este paper proponemos que este conjunto de grupos evolucionistas podrían integrarse a partir del paraguas de la complejidad, enfatizando los aspectos más específicos que reivindican de los ejes discutidos. A su vez esta integración permitiría tomar en cuenta en forma conjunta las dos corrientes históricas complementarias que pueden ser consideradas como antecedentes de la complejidad en la economía evolutiva: i) la que destaca la prevalencia de la cuestión de organización en los sistemas productivos desde la perspectiva de un teoría de la competencia en desequilibrio y alimentada por procesos de destrucción creativa- y ii) la que enfatiza la cuestión de heterogeneidad y divergencia entre sistemas productivos en

la tradición Smith-Marshall-Young-Myrdal-Kaldor que introduce el fenómeno de causación acumulativa como un proceso histórico que genera irreversibilidades temporales y estructurales.

El trabajo pone de manifiesto que todos los grupos de autores evolucionistas adhieren de alguna u otra manera a conjuntos de supuestos ontológicos. En particular los grupos Hábitos y Rutinas y Auto-organización y Auto-transformación se han preocupado por hacer explícitos los supuestos ontológicos. De esta forma mientras el primero se vincula a la ontología de Nelson, Winter y Dosi, el segundo a la que han desarrollado Dopfer y Potts. Los restantes grupos, tienen una fuerte asociación con la ontología de la complejidad y adhieren a la mayor parte de los elementos constitutivos de la ontología evolucionista<sup>21</sup>.

En lo que sigue discutiremos, los dos casos en los que explícitamente hay planteada una ontología evolucionista. En el grupo Hábitos y Rutinas está presente una ontología evolucionista coherente con las ideas de la complejidad a la que adscriben Nelson, Winter y Dosi. Estos autores han enfatizado en diversos trabajos la importancia de los supuestos evolucionistas de racionalidad acotada e incertidumbre ambiental no modelable, de los que se derivan la presencia de heterogeneidad persistente en preferencias, dotaciones y visiones del mundo y la posibilidad inmanente de la novedad. Esto se conecta con la posibilidad de haber generado capacidades a lo largo del sendero evolutivo de las firmas. En forma algo más parcial plantean la presencia de interacciones y en especial Dosi subraya la presencia de propiedades emergentes derivadas de las micro-interacciones colectivas alejadas del equilibrio, de los aprendizajes heterogéneos y de las acciones intencionales que realizan los agentes. Este conjunto de supuestos ontológicos evolucionistas se manifiestan de una forma particular sobre los cinco ejes de la ontología de la complejidad: (i) micro-heterogeneidad de conductas y rutinas, (ii) interacción con el ambiente en los procesos de aprendizaje y construcción de capacidades, (iii) estructura modular de rutinas y subrutinas que dan estabilidad al funcionamiento de la organización, (iv) desequilibrio y *path dependency* y (v) emergencia del cambio económico (basado en nuevas rutinas y hábitos).

21 Al interior del resto de los grupos es posible identificar algunos autores en los que la ontología evolucionista está más explicitada como es el caso Arthur en el grupo feedback, Dosi en el grupo de causación acumulativa y Boschma y Antonelli en el grupo sistemas de innovación. Por ejemplo, Antonelli agrega la idea de intencionalidad y de creatividad de los agentes que innovan cuando están fuera de equilibrio, que había sido esbozada por Schumpeter en 1947. En Antonelli, otra cuestión importante es la necesidad de poder ver el desequilibrio teniendo claro cuál es el punto de equilibrio tal como fue planteado por Schumpeter en Teoría del Desarrollo Económico.

El grupo de Auto-organización/ Auto-transformación tiene una muy clara ontología evolucionista y está vinculada fuertemente con la ontología de la complejidad a la que suscriben sus autores. En este caso la ontología evolutiva fue planteada claramente por Dopfer. Este autor plantea un conjunto de leyes y axiomas -las leyes de discontinuidad, adaptación, selección y retención y los axiomas referidos a múltiples actualizaciones de las normas (rutinas de firmas) que pertenecen a una misma población- y da las bases para desarrollar una visión evolucionista del proceso de competencia que retoma las categorías del evolucionismo biológico pero con otro contenido. Esta ontología que permite conservar la heterogeneidad a nivel micro, meso y macro es totalmente compatible con la ontología de complejidad centrada en: **(i)** La Heterogeneidad como Combustible Clave del Proceso de Selección, **(ii)** La Interacción en el Proceso de Competencia, **(iii)** La Presencia de Jerarquía (dado que las diferencias son mantenidas al pasar de nivel) y Modularización, **(iv)** El Proceso de Competencia Siempre en Desequilibrio (*restless capitalism* planteado por Metcalfe que ya viene de Hayek), y **(v)** La Emergencia de Auto-Organización y Estructura.

Otra cuestión que se desprende del trabajo es que mientras los grupos mencionados están más ligados a la primera tradición histórica, en los grupos de sistemas de innovación, causación acumulativa y de *feedbacks* y retornos crecientes aparecen con mas relevancia las cuestiones de divergencia señaladas en la segunda tradición.

Una complementariedad entre los grupos de autores permitiría enriquecer la perspectiva de divergencia y transformación a los autores que más énfasis ponen en la cuestión de la coordinación y dar más relevancia a los procesos de competencia microeconómica en el análisis de la divergencia entre sistemas. Esta convergencia de las corrientes actuales y las históricas podría ser lograda reforzando la idea de múltiples propiedades emergentes que den lugar en forma conjunta a rutinas y hábitos, innovación, cambio estructural, orden, estructura y organización de mercados y diseño dominante. En esta dirección podrían integrarse los aportes recientes del estructuralismo latinoamericano (Cimoli et.al. 2010) que apuntaron a combinar el análisis de la macro/meso estructura sin menospreciar el rol de la micro-heterogeneidad y de los procesos de competencia en la dinámica del desarrollo. Esta unificación y posible complementación de los grupos de autores evolutivos presentados a partir de la ontología de la complejidad podría a la vez poner de manifiesto sus orígenes comunes y puntos de unión que se hallan en Smith mostrando la potencialidad de complementación entre las dos tradiciones históricas.

## Bibliografia.

- Antonelli, C. (2008). "Pecuniary knowledge externalities: the convergence of directed technological change and the emergence of innovation systems". *Industrial and Corporate Change*, 17(5).
- Antonelli, C. (2008). *Localised technological change: towards the economics of complexity*. Taylor & Francis.
- Arthur, W. (1989). "Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events". *The Economic Journal*, 99(394), pp.116-131.
- Arthur, W. (2009). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Adult.
- Arthur, W. (1994). "Positive feedbacks in the economy". *McKinsey Quarterly*, pp.81-81.
- Arthur, W. (1990). "Silicon Valley's locational clusters: when do increasing returns imply monopoly?". *Mathematical social sciences*, 19(3), pp.235-251.
- Blume, L. y Durlauf, S. (2006). *Economy as an evolving complex system*, 3. Oxford University Press.
- Blume, L. y Durlauf, S. (2005). *Identifying social interactions: A review*.
- Boschma, R., 2005. "Proximity and Innovation: A Critical Assessment". *Regional Studies*, 39, pp.61-74.
- Boschma, R. y Martin, R. (2010). *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*. Edward Elgar Publishing.
- Boschma, R. y Frenken, K. (2006). "Why is economic geography not an evolutionary science? Towards an evolutionary economic geography". *Journal of economic geography*, 6(3), p.273.
- Boschma, R.A. & ter Wal, A.L.J. (2006). "Knowledge networks and innovative performance in an industrial district: the case of a footwear district in the south of Italy. *Papers in Evolutionary Economic Geography*, 6, pp.1-23.
- Bottazzi, G. et al. (2010). *Corporate performances and market selection: some comparative evidence*. *Industrial and Corporate Change*, 19(6), p.1953.
- Bowles, S. et al. (2006). *Poverty traps*. Princeton University Press.
- Breschi, S. y Lissoni, F. (2001). "Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey". *Industrial and Corporate Change*, 10(4), pp.975 -1005.
- Brock, W. y Durlauf, S. (2007). *Identification of binary choice models with social interactions*. *Journal of Econometrics*, 140(1), pp.52-75.
- Cimoli, M., Porcile, G. y Rovira, S. (2010). "Structural change and the BOP-constraint: why did Latin America fail to converge?". *Cambridge Journal of Economics*, 34(2), pp.389 -411.
- Dopfer, K., 2006. *The Origins of Meso Economics Schumpeter's Legacy*. *The Papers on Economics and Evolution*, (#0610).
- Dopfer, K. (2005). *The Evolutionary Foundations of Economics*, Cambridge University Press.
- Dopfer, K. y Potts, J. (2004). "Evolutionary realism: a new ontology for economics". *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.195-212.
- Dosi, G. y Kaniovski, Y. (1994). "On «badly behaved» dynamics". *Journal of Evolutionary Economics*, 4(2), pp.93-123.
- Dosi, G. (1988). *Technical change and economic theory*. Pinter Publishers.
- Dosi, G., Lechevalier, S. y Secchi, A. (2010). "Introduction: Interfirm Heterogeneity—nature, Sources and Consequences for Industrial Dynamics". *Industrial and Corporate Change*, 19(6), pp.1867-1890.
- Dosi, G., Fagiolo, G. y Roventini, A. (2010). "Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9), pp.1748-1767.
- Durlauf, S. (2005). "Complexity and Empirical Economics". *The Economic Journal*, 115(504),

- pp. F225-F243.
- Durlauf, S. (1993). "Nonergodic Economic Growth". *Review of Economic Studies*, 60(2), pp.349-66.
- Foster, J. (2005). "From simplistic to complex systems in economics". *Cambridge Journal of Economics*, 29(6), pp.873-892.
- Frenken, K. (2006). "Technological innovation and complexity theory". *Economics of Innovation and New Technology*, 15, pp.137-155.
- Glaeser, E.L. y Scheinkman, J. (2000). "Non-Market Interactions". National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 8053.
- Hayek, F. (1945). "The Use of Knowledge in Society". *The American Economic Review*, 35(4), pp.519-530.
- Hayek, F. (1948). *Individualism and economic order*. University of Chicago Press.
- Hirschman, A. (1958). *The strategy of development*. New Haven, CN: Yale University Press.
- Hodgson, G. (2004). *The Evolution of Institutional Economics*. Routledge.
- Hodgson, G. (2009). "Choice, habit and evolution". *Journal of Evolutionary Economics*, 20, pp.1-18.
- Hodgson, G. (2004). "Darwinism, causality and the social sciences". *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.175-194.
- Hoff, K.R., Sen, A. & Team, W.B.D.R.G.G. and I., (2005). *The kin system as a poverty trap?*. World Bank, Development Research Group, Growth and Investment Team.
- Klaes, M. (2004). "Ontological issues in evolutionary economics: Introduction". *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.121-124.
- Knudsen, T. (2004). "General selection theory and economic evolution: The Price equation and the replicator/interactor distinction". *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.147-173.
- Krugman, P. (1996). *The self-organizing economy*. Blackwell Publishers.
- Kwapiena, J. y Drozd, S. (2012). "Physical approach to complex systems". *Physics Reports* 515, pp. 115–226.
- Lewin, R. (2002). *Complejidad: el caos como generador del orden*. Tusquets Editores.
- Metcalfe, J. (1994). "Competition, Fisher's Principle and increasing returns in the selection Process". *Journal of Evolutionary Economics*, 4, pp.327-346.
- Metcalfe, J., Foster, J. & Ramlogan, R. (2006). "Adaptive economic growth". *Cambridge Journal of Economics*, 30(1), pp.7-32.
- Metcalfe, J. (2010a). "Complexity and Emergence in Economics: The Road Map from Smith to Hayek (via Marshall and Schumpeter)". *History of Economic Ideas*, XVIII(2), pp.45-75.
- Metcalfe, J. (2010b). "Dancing in the dark: la disputa sobre el concepto de competencia. Desarrollo Económico, Revista de Ciencias Sociales, 50 (197), pp.59-79.
- Metcalfe, J. (2002). "Knowledge of growth and the growth of knowledge". *Journal of Evolutionary Economics*, 12, pp.3-15.
- Metcalfe, J. & Foster, J. (2007). *Evolution and Economic Complexity*. Edward Elgar Publishing.
- Myrdal, G. (1957). "The principle of circular and cumulative causation and the drift towards regional economic inequalities in a country". *Economic theory and under-developed regions*, pp.11-38.
- Nekola, J. y Brown, J. (2007). "The wealth of species: ecological communities, complex systems and the legacy of Frank Preston". *Ecology letters*, 10, pp. 188–196.
- Nelson, R. (1981). "Research on productivity growth and productivity differences: dead ends and new departures. *Journal of Economic Literature*, 19(3), pp.1029–1064.
- Nelson, R. & Winter, S. (1977). "In search of useful theory of innovation". *Research policy*, 6(1), pp.36–76.
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University

Press.

- Nelson, R. & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Porcile, G. et al. (2006). “Especialización, tecnología y crecimiento en el modelo Ricardiano”. *Nova Economia*, 16(3), pp.483–506.
- Potts, J. (2000). *The new evolutionary microeconomics: complexity, competence and adaptive behavior*. Edward Elgar Publishing.
- Prigogine, I. & Stengers, I. (2002). *La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*. Alianza.
- Rosenstein-Rodan, P.N. (1943). “Problems of Industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe”. *The Economic Journal*, 53(210/211), pp. 202-211.
- Rosser, J. (2007). *Computational and dynamic complexity in economics*. cob.jmu.edu/rosser-jb/DYNAMIC, 20, p.21.
- Saviotti, P. (2001). “Variety, growth and demand”. *Journal of Evolutionary Economics*, 11, pp.119-142.
- Saviotti, P.P. & Pyka, A. (2004). “Economic development by the creation of new sectors”. *Journal of Evolutionary Economics*, 14, pp.1-35.
- Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico. Una investigación sobre ganancias, capital, interés y ciclo económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. (1994). *Capitalism, socialism and democracy*. Routledge.
- Schumpeter, J. (1947). “The Creative Response in Economic History”. *The Journal of Economic History*, 7(2), pp.149-159.
- Simon, H. (1972). “Theories of Bounded Rationality”. En *Decision and Organization*. pp. 361-376.
- Simon, H. (1969). *The science of the artificial*. MIT Press.
- Thirlwall, A. (1979). “The Balance of Payments Constraint as an Explanation of International Growth Rate Differences”. *BNL Quarterly Review*, 32(128), pp.45-53.
- Vromen, J. (2004). “Conjectural revisionary economic ontology: Outline of an ambitious research agenda for evolutionary economics”. *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.213-247.
- Watts, D. (2006). *Seis grados de separación: la ciencia de las redes en la era del acceso*. Editorial Paidós.
- Witt, U. (2004). “On the proper interpretation of ‘evolution’ in economics and its implications for production theory”. *Journal of Economic Methodology*, 11(2), pp.125-146.
- Witt, U. (2008). “What is specific about evolutionary economics?”. *Journal of Evolutionary Economics*, 18(5), pp.547-575.
- Young, A. (1928). “Increasing returns and economic progress”. *The Economic Journal*, 38(152), pp.527–542.