

## Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos, de Rolando García<sup>1</sup>

## Complexity, interdiscipline and politics in the theory of complex systems, by Rolando García

Recibido: 29 de agosto de 2016 - Revisado: 13 de febrero de 2017 - Aceptado: 10 de marzo de 2017.

Leonardo G. Rodríguez Zoya<sup>2</sup>

### Resumen

Con su teoría de los Sistemas complejos, Rolando García establece un enfoque teórico-metodológico para la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, fundamentado en la epistemología constructivista de Jean Piaget. El objetivo de este artículo es analizar tres conceptos que subyacen en esta teoría: complejidad, interdisciplina y política. La estrategia argumental está organizada en dos etapas: en la primera se examina la relación entre complejidad e interdisciplina, y las tres concepciones de complejidad que este vínculo arroja (como concepto metodológico, como concepto organizacional y como concepto evolutivo). En la segunda etapa argumental se explora, particularmente, la dimensión política; también, las finalidades prácticas del enfoque planteado por García y las implicaciones del concepto de marco epistémico.

### Palabras clave

Sistemas complejos, metodología interdisciplinaria, epistemología constructivista, marco epistémico.

### Abstract

With his theory of Complex Systems, Rolando García establishes a theoretical-methodological approach for the interdisciplinary investigation of complex systems, based on the constructivist epistemology of Jean Piaget. The objective of this article is to analyze three concepts that underlie this theory: complexity, interdiscipline and politics. The plot strategy is organized in two stages: the first examines the relationship between complexity and interdisciplinarity, and the three conceptions of complexity that this link throws (as a methodological concept, as an organizational concept and as an evolutionary concept). In the second story stage, the political dimension is particularly explored; also, the practical purposes of the approach proposed by García and the implications of the concept of epistemic framework.

### Keywords

Complex systems, interdisciplinary methodology, constructivist epistemology, epistemic framework.

<sup>1</sup> Trabajo realizado en el marco del plan de investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y del proyecto "Investigación interdisciplinaria, problemas complejos del desarrollo y construcción de conocimiento innovador", Código PICT-2015-2891, financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica, Argentina.

<sup>2</sup> Doctor en Sociología de la Universidad de Toulouse 1 Capitole, Francia, y en Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires, Argentina; Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina y del Instituto de Investigaciones Gino Germani de la Universidad de Buenos Aires (IIGG-UBA). Profesor en la Universidad de Buenos Aires y en la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Correo electrónico: [leonardo.rzoya@gmail.com](mailto:leonardo.rzoya@gmail.com)

Para citar este artículo use: Rodríguez, L. (2017). Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos, de Rolando García. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 17(33), 221-242. doi: [10.22518/16578953.910](http://dx.doi.org/10.22518/16578953.910)

## Introducción

Desde el último tercio del siglo XX se ha desarrollado un discurso científico y filosófico en torno a los conceptos de complejidad e interdisciplina. En este nuevo campo del saber se distinguen dos enfoques principales: el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. El primero elabora una síntesis teórica y filosófica, cristalizada principalmente en la obra de Edgar Morin, orientada a comprender la complejidad del mundo físico, biológico, social y humano. El pensamiento complejo se afirma como un método o estrategia de conocimiento transdisciplinar para captar la complejidad de lo real. La pretensión transdisciplinaria del pensamiento complejo se orienta a construir una ecología de los saberes que permita ‘religar’ los conocimientos dispersos en disciplinas hiperespecializadas para comprender la complejidad humana en sus interrelaciones con la *physis* y la biología (Morin, 1999).

A pesar de la relevancia y originalidad de la labor intelectual de Edgar Morin, su obra principal, que lleva por título *El Método* (1977, 1980, 1986, 1998, 2001, 2006), no brinda lineamientos orientativos para una práctica metodológica interdisciplinaria empíricamente operativa que posibilite la investigación científica de fenómenos complejos. De hecho, como el propio autor reconoce, el pensamiento complejo no es un método científico sino una estrategia o método de pensamiento que propicia una mirada reflexiva y auto-crítica de la ciencia sobre sí misma (Morin, 2005). Puede afirmarse, pues, que el pensamiento complejo está orientado más hacia la reflexión epistemológica crítica que hacia los métodos y técnicas de investigación concretos.

Por otra parte, las ciencias de la complejidad ofrecen una gama muy amplia de formalismos matemáticos y computacionales para modelar fenómenos y comportamientos difíciles –e incluso imposibles– de estudiar por los métodos analíticos de la ciencia clásica (Miller

& Page, 2007; Waldrop, 1992). Tal es el caso de las propiedades emergentes de los sistemas complejos, la auto-organización en condiciones alejadas del equilibrio, el comportamiento caótico y la dinámica no lineal (Lewin, 1995). Las ciencias de la complejidad se conciben a sí mismas como un saber de frontera y transdisciplinario, por cuanto su vocación epistémica es encontrar las leyes comunes al comportamiento de los sistemas complejos en el campo de la Física, las ciencias de la vida y el mundo antropológico (Gell-Mann, 1994; Johnson, 2001). Más allá de la novedad técnica y epistémica que supone este enfoque, las ciencias de la complejidad no han elaborado de modo explícito y consistente una metodología interdisciplinaria ni tampoco una epistemología de la complejidad.

Aunque este trabajo no se ocupa del pensamiento complejo ni de las ciencias de la complejidad, su mención es ineludible en el marco de una sucinta introducción del campo contemporáneo de la complejidad. Una mirada crítica a ambos enfoques permite poner en evidencia la carencia de una perspectiva sistemática que cumpla simultáneamente con cuatro requisitos: (a) elaborar un marco conceptual riguroso para el estudio de sistemas complejos, (b) proponer una metodología empíricamente operativa para el estudio de tales sistemas, (c) brindar una fundamentación epistemológica sólida del marco conceptual y la metodología propuesta y (d) contemplar una mirada reflexiva sobre la propia teoría que permita tematizar tanto la relación ciencia - sociedad como el lugar de los valores éticos y políticos en la práctica científica concreta.

La teoría de los Sistemas complejos (en adelante será mencionada como TSC), formulada por Rolando García (1981, 2000, 2006), constituye un enfoque sistemático que cumple con los cuatro requisitos mencionados anteriormente. Su originalidad y relevancia radica en el hecho de ser un enfoque desde América Latina, construido para la investigación interdisciplinaria de problemáticas complejas concretas.

Asimismo, la perspectiva de García se sustenta en trabajos de campo sobre la sequía y el cambio climático realizados entre 1960 y 1970, casi dos decenios antes al despegue de la propuesta del pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad, cuya maduración se gestó en la década de 1980 y su difusión se afianzó a partir de 1990<sup>1</sup>.

En este marco, el objetivo específico del presente trabajo consiste en problematizar la concepción de complejidad, interdisciplina y política que subyace al enfoque teórico-metodológico propuesto por la TSC. Para este fin, la estrategia argumental está organizada en dos momentos. Primero, se explora la relación entre complejidad e interdisciplina lo que permite elaborar tres concepciones de complejidad implícitas en la TSC: la complejidad como concepto metodológico, como concepto organizacional y como concepto evolutivo. Segundo, se examina la dimensión política de la TSC atendiendo, en particular, a las finalidades prácticas del enfoque y a las implicaciones del concepto de marco epistémico. Finalmente, el estudio concluye con una hipótesis que plantea la posibilidad de desarrollar estratégicamente las potencialidades de la TSC como un programa de investigación interdisciplinario de sistemas complejos con alcances sociales y políticos.

### **Complejidad e interdisciplina desde la perspectiva de la TSC**

Rolando García concibió y desarrolló, en los planos teórico y práctico, su teoría de los Sistemas complejos, entre 1960 y 1970. Sin embargo, tuvieron que pasar cuatro décadas para su presentación impresa y su divulgación sistemática como un conjunto coherente de conceptos: en el año 2006 acontece la publicación de su libro *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Seis años antes de la aparición de esta obra, García (2000) había adelantado algunos aspectos de su propuesta en su trabajo *El conocimiento en construcción*.

*De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*. La diferencia entre estos dos escritos estriba en el nivel de elaboración teórica de cada uno: mientras que en *Sistemas complejos* García brinda un enfoque fundamentalmente metodológico de la TSC, aunque sin descuidar los aspectos conceptuales y epistemológicos, en *El conocimiento en construcción* —obra netamente epistemológica—, redefine y sistematiza las bases de la epistemología constructivista a la luz de la teoría de los sistemas complejos.

Con la finalidad de introducir las nociones de complejidad e interdisciplina en la TSC, es pertinente preguntarse qué es la Teoría de los Sistemas Complejos o, mejor aún, ¿cuál es la pretensión de la TSC? La respuesta es que la TSC encarna simultáneamente tres pretensiones epistémicas: (i) ofrecer un marco teórico-conceptual para el estudio de los sistemas complejos; (ii) proponer una metodología de investigación interdisciplinaria para el estudio de problemáticas concretas conceptualizadas como sistemas complejos; y finalmente, (iii) elaborar una fundamentación epistemológica del marco teórico y la metodología propuesta. Estas tres pretensiones remiten respectivamente a tres componentes en los que se encuentra organizada la TSC: el componente teórico, el componente metodológico y el componente epistemológico. En cuanto a este último, es oportuno señalar que comprende tanto una concepción de conocimiento como una concepción de la realidad; y en tal sentido, puede hacerse referencia a un componente epistemológico-ontológico<sup>2</sup>.

Hechas las anteriores precisiones, corresponde preguntarse, en el marco de la TSC, ¿qué es la complejidad? y ¿qué es un sistema complejo? Con respecto al primer interrogante, García (2000) enfatiza que “es necesario reparar en el hecho de que no hay definición del sustantivo «complejidad»” (p. 67). En efecto, en el Diccionario de la Real Academia Española la se le define como ‘cualidad de lo complejo’,

por lo tanto, el sustantivo ‘complejidad’ remite al adjetivo ‘complejo’, descubriendo en consecuencia, dos observaciones epistemológicas. Primero, permite alertar sobre usos esencialistas o sustancialistas del concepto y que pretenden definir la complejidad en sí<sup>3</sup>, y por lo tanto, “restarle legitimidad a la pregunta «¿qué es la complejidad?» y cuestionar la expresión «teorías de la complejidad»” (p. 67). Segundo, si la problemática de la complejidad radica en que tiene que ser pensada más bien como adjetivo que como sustantivo, entonces, lo que se identifica son problemas, “fenómenos, situaciones, comportamientos, procesos, a los que se puede calificar de complejos” (p. 67). Esto habilita a interrogarse *quién califica un problema o fenómeno* como complejo en un determinado *contexto* social, histórico o epistémico. Esta doble observación permite plantear una cuestión epistemológica crucial: la problemática de la complejidad no puede reducirse al sujeto ni al objeto de conocimiento, más bien la complejidad como problema emerge de la relación sujeto-objeto (Tarride, 1995); es decir, entre un sujeto que piensa, interroga, conoce, decide y actúa, y un objeto o experiencia que busca ser pensada, interrogada, conocida o transformada.

En relación con el segundo interrogante –¿qué es un sistema complejo?–, resulta conveniente distinguir entre el término ‘sistema’ y el adjetivo calificativo ‘complejo’. Por un lado, la acepción de sistema alude a una totalidad organizada compuesta por elementos heterogéneos y en interacción. Un sistema presenta un comportamiento global y características de conjunto que no pueden reducirse al comportamiento y propiedades de sus componentes considerados aisladamente. Estas propiedades permiten emplazar a la TSC en filiación directa con el pensamiento sistémico clásico (Bertalanffy, 1976).

Sin embargo, la TSC se distingue de la perspectiva sistémica clásica al sostener que un sistema no es un dato de la realidad empírica. Esto quiere decir que un sistema no está dado en la experiencia inmediata de modo positivo

e independiente de un sujeto de conocimiento. Antes bien, el sistema se construye a partir de que el investigador formula una pregunta conductora que le permite recortar un conjunto de elementos y procesos en un dominio de fenómenos de la realidad<sup>4</sup>. Por esta razón, García (2006) afirma que “ningún sistema está *dado* en el punto de partida de la investigación. El sistema no está definido, pero es definible” (p. 39). En consecuencia, la TSC afirma que si bien un sistema no existe a priori, en tanto que fenómeno directamente observable en la realidad, un sistema puede ser observado y estudiado empíricamente.

La afirmación precedente se fundamenta en la epistemología genético-constructivista de Jean Piaget y de la Escuela de Ginebra; Rolando García contribuyó, a su vez y a partir de 1967<sup>5</sup> al desarrollo de la misma. La TSC asume un enfoque constructivista del conocimiento y afirma una posición anti-empirista. Desde esta postura epistemológica, el conocimiento es concebido como un proceso que se construye a través de una relación dialéctica entre un sujeto y un objeto de conocimiento (García, 2000). Por lo tanto, el conocimiento ni procede ni puede fundamentarse en la observación sensorial de lo que está inmediatamente dado en la experiencia, como sostenían los positivistas lógicos<sup>6</sup>; por el contrario, el constructivismo de Piaget demostró, mediante investigaciones empíricas, que el empirismo es insostenible<sup>7</sup>. Una de las tesis básicas del constructivismo puede resumirse en el *dictum* ‘no hay lectura pura de la experiencia’, lo cual equivale a afirmar que no hay observables puros. Contrariamente, toda observación “supone una previa *construcción* de relaciones por parte del sujeto” (García, 2006, p. 42). Esta precisión permite sostener que la TSC se afirma como un enfoque constructivista de los sistemas complejos.

Habiendo clarificado la noción de sistema, es menester ocuparse del adjetivo ‘complejo’ que acompaña y califica los ‘sistemas’ y que es el objeto de estudio. ¿Qué es lo que hace

complejo a un sistema?; ¿en qué consiste la complejidad de los sistemas complejos? Como respuesta, se propone precisar tres nociones de complejidad, implícitas en la TSC: la complejidad como concepto *metodológico*, como concepto *organizacional* y como concepto *evolutivo*. Cada una de estas concepciones remite respectivamente a tres problemáticas cruciales para la TSC, a saber: la cuestión de la *interdisciplina* como estrategia de investigación requerida para el estudio de los sistemas complejos (dimensión metodológica); la cuestión de la *interdefinibilidad* entre los componentes de un sistema complejo (dimensión organizacional); y finalmente, la cuestión de las *reorganizaciones sucesivas* como modalidad de cambio específica de los sistemas complejos (dimensión evolutiva). A continuación, se exploran cada una de estas conceptualizaciones de complejidad y sus problemáticas asociadas.

*La complejidad como concepto metodológico.* Es, posiblemente, uno de los rasgos más originales de la TSC y este estudio permite aseverar que Rolando García es, posiblemente, el primer autor en conceptualizar de modo riguroso y sistemático la noción de complejidad desde un punto de vista estrictamente metodológico. El calificativo ‘complejo’ tiene en la TSC un sentido preciso. En particular, García emplea el término complejidad en el sentido de *problemáticas concretas* o, mejor aún, problemas complejos que buscan ser diagnosticados y transformados. Las problemáticas complejas refieren a situaciones en las cuales confluyen múltiples procesos interrelacionados que pertenecen al dominio de distintas disciplinas; para ilustrar, se propone el siguiente ejemplo: las situaciones y fenómenos ligados al cambio climático y la degradación ambiental constituyen *problemáticas complejas* en la medida en que se encuentran involucrados procesos ligados al medio físico-biológico, al sistema productivo, a la organización social y a la estructura económica, entre otros (García, 1994). El conocimiento disciplinario es necesario pero insuficiente para dar cuenta de la complejidad de las

problemáticas ambientales. En consecuencia, la complejidad de un problema está ligada a la imposibilidad de comprenderlo sistémicamente desde una disciplina particular. Dicho de otro modo, una problemática compleja es una situación en la cual los procesos y elementos que la constituyen remiten simultáneamente a múltiples disciplinas. El ejemplo planteado permite presentar, como consecuencia metodológica, la necesidad de articular las disciplinas para estudiar problemáticas complejas y, por lo tanto, conduce al desafío de desarrollar una metodología interdisciplinaria.

La TSC asume explícitamente este desafío pero no define la interdisciplina ‘a priori’ o en abstracto. Por el contrario, “definimos primero el objeto y luego nos planteamos la manera de estudiarlo. Llamaremos entonces *investigación interdisciplinaria al tipo de estudio que requiere un sistema complejo*” (García, 2006, p. 88. El énfasis procede del original). Puede sostenerse, pues, que la interdisciplinaria es una consecuencia metodológica de la complejidad, es decir, una implicancia derivada de conceptualizar una problemática concreta como un sistema complejo. La fundamentación de esta elaboración de la TSC es, asimismo, deudora de la epistemología constructivista y la conceptualización, según Piaget, del sistema de las ciencias.

Para Piaget, las ciencias forman un sistema de orden cíclico, no lineal, de articulación de conocimientos. Cada ciencia no organiza sus conocimientos en un único plano sino en distintos niveles. Así, Piaget (1979) distingue entre el *dominio material* (clase de objetos al que se refiere una ciencia); el *dominio conceptual* (elaboraciones teóricas referidas a los objetos de cada ciencia particular); el *dominio epistemológico interno* (la reflexión de cada ciencia sobre sus propios fundamentos); y, el *dominio epistemológico derivado* (relativo a la problemática más general de la construcción del conocimiento) (Piaget, 1979). En este orden de ideas, la complejidad de un sistema está ligada

al hecho que los elementos componentes de dicho sistema pertenecen al *dominio material* de distintas disciplinas. Este concepto metodológico de complejidad es lo que le permite a García (2006) afirmar que “la interdisciplina implica el estudio de problemáticas concebidas como sistemas complejos”, e inversamente, “el estudio de sistemas complejos exige la investigación interdisciplinaria” (p. 33).

Ahora bien, ¿cuál es la concepción de interdisciplina que sostiene la TSC? En una primera aproximación puede sostenerse que la interdisciplina es una metodología orientada a articular los conocimientos disciplinares necesarios para la comprensión de un sistema complejo. La pregunta crucial, desde el punto de vista metodológico, consiste en saber concretamente en qué consiste dicha ‘articulación’ de disciplinas y cómo llevarla adelante. Abordar esta problemática conduce a caracterizar el núcleo metodológico de la TSC, el cual puede ser sintetizado en las siguientes proposiciones:

*Proposición 1.* La metodología de investigación interdisciplinaria de sistemas complejos exige la constitución de un equipo multidisciplinario compuesto por especialistas competentes en las disciplinas implicadas en la problemática bajo estudio.

*Proposición 2.* La metodología interdisciplinaria es un proceso vinculado a un modo de organizar un trabajo colectivo a lo largo del tiempo.

*Proposición 3.* La metodología interdisciplinaria requiere, al comienzo de la investigación, la articulación de diferentes enfoques disciplinares para formular una “pregunta conductora” que permita delimitar y concebir un “problema común” y construir un “sistema complejo”.

*Proposición 4.* La metodología interdisciplinaria requiere que los miembros del equipo

multidisciplinario compartan un *marco epistémico*, esto es, según García (2006), “una concepción compartida de la investigación científica y de sus relaciones con la sociedad” (p. 33).

Estas cuatro proposiciones permiten sistematizar un conjunto de implicancias metodológicas de la concepción de interdisciplina sostenida por la TSC.

*Implicancia 1.* La metodología interdisciplinaria no supone la anulación de las disciplinas ni su integración o fusión en una especie de ‘transdisciplina’. Contrariamente, la investigación interdisciplinaria de un sistema complejo exige conocimientos especializados y especialistas competentes.

*Implicancia 2.* La interdisciplina es una cualidad de un equipo y no propiedad de un investigador individual: que un científico articule en su labor de investigación conocimientos de distintas disciplinas no lo sitúa en el ámbito del trabajo interdisciplinario.

*Implicancia 3.* El término multidisciplinaria es reservado para caracterizar al equipo de investigación mientras que la noción de interdisciplina alude específicamente a un proceso, a la forma particular de organizar el trabajo en el tiempo.

*Implicancia 4.* La metodología interdisciplinaria no emerge espontáneamente por la mera constitución de equipos “multidisciplinarios”, es decir, por el sólo hecho de poner a especialistas de distintas disciplinas a trabajar juntos. En consecuencia, la conformación de equipos multidisciplinarios es una condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo de una práctica metodológica interdisciplinaria. Más importante aún es el hecho que el equipo cuente con “marcos epistémicos, conceptuales y metodológicos compartidos” (p. 89).

*Implicancia 5.* La metodología interdisciplinaria exige la construcción de un problema

común (proposición 3) y un marco epistémico compartido (proposición 4). Son justamente sendas proposiciones las que permiten establecer una distinción precisa y rigurosa entre la investigación interdisciplinaria — tal como la defiende la TSC — y las nociones habituales de multi, poli o transdisciplina. A este respecto, García (2006) observa que en las *investigaciones multidisciplinarias* “se suelen sumar los aportes que cada investigador realiza desde su disciplina particular en torno a una problemática general que puede ser analizada desde diferentes perspectivas” (p. 33). Por esta razón agrega que la multidisciplina, tal como se la practica habitualmente, consiste en un acto de coordinación de resultados y de yuxtaposición de estudios disciplinarios.

Esto quiere decir que la TSC enfatiza la noción de interdisciplina como proceso. En la *investigación interdisciplinaria* de sistemas complejos “la articulación entre las disciplinas comienza en el mismo punto de partida de la investigación” (García, 2006, p. 105) y es condición de posibilidad para delimitar y construir un problema común. Es justamente la construcción compartida de una ‘pregunta’ y un ‘problema’ lo que signa el inicio del proceso de investigación interdisciplinaria.

Tras esta exposición del concepto metodológico de la complejidad, ligado a la concepción de investigación interdisciplinaria de la TSC, es preciso ocuparse de la cuestión de la complejidad como concepto organizacional y como concepto evolutivo. La problemática de la *complejidad como concepto organizacional* está asociada al modo en que la TSC caracteriza las relaciones entre los componentes de un sistema complejo. García acuña el concepto de *interdefinibilidad* para abordar la complejidad organizacional propia de los sistemas complejos. En efecto, “la complejidad de un sistema no está solamente determinada por la heterogeneidad de los elementos” (p. 87). Además, la TSC afirma que “la característica determinante de un sistema complejo es la

*interdefinibilidad* y mutua dependencia de las *funciones* que cumplen dichos elementos dentro del sistema total” (p. 87).

La interdefinibilidad de los elementos de un sistema complejo significa que “los componentes de un sistema [...] no son independientes sino que se determinan mutuamente” (p. 49). En consecuencia, las propiedades y comportamientos de un componente de un sistema complejo no pueden ser definidas aisladamente ni deducidas de cualidades intrínsecas de cada elemento. Por el contrario, la noción de interdefinibilidad señala que las propiedades y comportamientos de un elemento, se definen en virtud del sistema de relaciones en las que se encuentra inscripto. Así, por ejemplo, en el estudio de un sistema socio-agro-ambiental, la degradación de un ecosistema y la desnutrición de los sectores populares son procesos interdefinibles en donde confluyen factores vinculados al “*subsistema físico* (suelo, agua, clima), el *subsistema productivo* (cultivos, métodos de producción) y el *subsistema socioeconómico* (grupos sociales, condiciones económicas, factores políticos)” (p. 143). En este sentido, González (2005) apunta que la interdefinibilidad remite a procesos en los que “confluyen múltiples factores que no pueden ser considerados sólo como dependientes o como independientes sin que se deje de entender cómo *unos definen a los otros* o influyen en la reestructuración de los otros” (p. 77).

Por lo tanto, se puede declarar que el concepto de *interdefinibilidad* enfatiza la primacía de las relaciones en la constitución de los componentes en lugar de considerar a dichos componentes como constituidos previamente a la configuración de las relaciones. Dicho de otro modo, las cualidades de las partes componentes de un sistema se re-significan en la medida en que forman parte de una totalidad organizada. Es por esta razón que González (2005) prefiere emplear el concepto de ‘interdefinibilidad’ en lugar de ‘interacción’, pues el primero permite superar la acción de cosificar que define al segundo (p. 78).

El concepto de interdefinibilidad guarda relación con lo que Herbert Simon (1973), en un texto pionero del enfoque de la complejidad, denominó como descomponibilidad, cuasi-descomponibilidad y no descomponibilidad. Un sistema descomponible es aquel en el cual las partes componentes pueden ser *separadas* para ser estudiadas y modificadas de modo aislado e independiente unas de otras, sin que esto comprometa la organización del sistema. Por el contrario, esto no es posible en un sistema cuasi o no descomponible, en el cual las relaciones entre los elementos son fundamentales, de modo tal que en el largo plazo, “el comportamiento de cada uno de los componentes depende, en forma conjunta únicamente, del comportamiento de los componentes restantes” (p. 145). En la concepción de García (2006), los sistemas complejos son sistemas no descomponibles y la *no descomponibilidad* se debe específicamente a la *interdefinibilidad* de los componentes (p. 182).

Es relevante enfatizar que el concepto de interdefinibilidad plantea fuertes implicancias epistemológicas y metodológicas para la TSC. En primer lugar, la interdefinibilidad conduce a asumir un enfoque antireduccionista por cuanto el conocimiento analítico de las partes, consideradas aisladamente, no es suficiente para comprender el sistema como totalidad organizada compleja. Más aún, el reduccionismo bloquea la comprensión sistémica de la complejidad por cuanto desune elementos y procesos interdefinibles. En segundo lugar, la interdefinibilidad impone consecuencias metodológicas para el tipo de estudio que requiere un sistema complejo. En efecto, los elementos interdefinibles de un sistema complejo no pueden, por lo tanto, ser separados y estudiados aisladamente (García, 2006, p. 21). Por esta razón, un sistema complejo “no puede ser adecuadamente descrito, ni su funcionamiento explicado, por la mera adición de enfoques parciales provenientes de estudios (disciplinarios) independientes de cada uno de sus componentes” (p. 68). El concepto de complejidad organizacional (es decir la interdefinibilidad y no descomponibilidad) permite

especificar los requisitos de una metodología de trabajo interdisciplinaria para el estudio de sistemas complejos, tal como fue descrita anteriormente.

Por último, *la complejidad como concepto evolutivo*, apunta a problematizar la dinámica de los sistemas complejos y su pauta de cambio a lo largo del tiempo. Es así como García sostiene que los sistemas complejos son *sistemas abiertos* en el sentido que carecen de límites precisos y están sometidos a intercambios permanentes con el medio externo. Además, propone el concepto de *condiciones de contorno* para especificar las formas que asumen los *flujos de intercambio* (de entrada y de salida) entre el sistema y su entorno. El punto crucial a destacar radica en que “la interacción del sistema con su entorno es la principal generadora de sus cambios” (Duval, 1999, p. 79). Por lo tanto, comprender la evolución de un sistema implica analizar la historia de los intercambios que ha tenido con su entorno y sus mutuas repercusiones.

De otra parte, cabe destacar dos postulados centrales de la TSC: la dinámica no lineal y las reorganizaciones sucesivas. García establece una clara relación entre el constructivismo de Piaget, dedicado al estudio del sistema cognoscitivo, y los sistemas disipativos estudiados por Ilya Prigogine, en el marco de la termodinámica de los procesos irreversibles. Según García, Piaget se adelantó varias décadas al estudio de la no linealidad de los sistemas complejos, característica de la termodinámica del no equilibrio de la Escuela de Bruselas<sup>8</sup>. ¿Qué es la no linealidad? Un fenómeno no lineal se caracteriza por una ‘sensibilidad a las condiciones iniciales’, esto quiere decir que un pequeño cambio o perturbación puede, en ciertas condiciones, propagarse a todo el sistema produciendo una reorganización de conjunto<sup>9</sup>.

Basada en la epistemología de Piaget y la termodinámica de Prigogine, la TSC problematiza tres pautas o modalidades de cambio de los

sistemas complejos, y que han sido denominadas así: *la hipótesis continuista*, *la hipótesis rupturista* y *la hipótesis no lineal*. La primera afirma que el desarrollo de un sistema se despliega por un proceso acumulativo de carácter lineal y unidireccional; en tal sentido, el continuismo apoya la hipótesis del progreso o direccionalidad en la evolución de un sistema determinado (social, político, económico, cognoscitivo). En el plano epistemológico, esta hipótesis fue defendida por el positivismo lógico. En segunda instancia, la hipótesis rupturista se distancia críticamente del enfoque anterior y afirma que el cambio se produce por procesos discontinuos. La discontinuidad implica que la historia de un sistema evoluciona a través de rupturas o saltos. En el ámbito del debate epistemológico, esta posición se expresa claramente en el rupturismo historicista suscitado por el trabajo de Kuhn sobre las revoluciones científicas<sup>10</sup>.

Sin embargo, en la perspectiva de la TSC, ni el continuismo ni el rupturismo pueden dar cuenta de la complejidad de la relación entre la continuidad y el cambio, es decir, cómo una nueva estructura (una molécula, una especie, un sistema social, una teoría científica o una estructura cognitiva) emerge a partir de la transformación de una estructura precedente. En contraste con estas dos perspectivas, la TSC sostiene un principio de evolución no lineal de los sistemas complejos según el cual, el cambio es esencialmente en un proceso dialéctico<sup>11</sup>. La dialéctica del cambio señala que los sistemas complejos se desarrollan por “reorganizaciones sucesivas, lo cual implica una alternancia de períodos más o menos estables, con períodos de desequilibrios del sistema, producidos por perturbaciones” (García, 2000, p. 80). El principio de reorganizaciones sucesivas especifica que un sistema complejo está sometido a procesos de desestructuración y reestructuración, de desequilibración y reequilibración, de desorganización y reorganización.

El principio de no linealidad y de reorganizaciones sucesivas plantea, igualmente,

consecuencias metodológicas para la TSC. La investigación y diagnóstico de un sistema complejo requiere elaborar una memoria de los procesos de estructuración de dicho sistema, es decir una “historia de los procesos que condujeron al tipo de organización (estructura) que presenta [un sistema] en un momento dado” (García, 2006, p. 81). Este principio metodológico se encuentra condensado en el *dictum* de la epistemología constructivista formulado por Piaget: “no hay estructura sin historia, ni historia sin estructura”. Más aún, puede afirmarse que “una estructura es historia organizada” (Rodríguez-Zoya, 2013, p. 84). Por esta razón, se puede proclamar que los sistemas complejos (físicos, biológicos, sociales, cognoscitivos) son sistemas históricos, por cuanto la organización de un sistema es el resultado de un proceso evolutivo. Con todo, el principio de reorganizaciones sucesivas apunta a problematizar el carácter histórico y no lineal de la estructura de los sistemas complejos.

## La dimensión política de la TSC

La TSC se afirma como un enfoque axiológicamente no neutral que asigna un rol explícito a los valores éticos y políticos en el proceso de construcción del conocimiento (Becerra & Castorina, 2016b; Castañares-Maddox, 2009; Rodríguez-Zoya, 2014). Esta dimensión política de la TSC se manifiesta en dos planos: en la arquitectura interna de la TSC y en la finalidad práctica de la teoría. En cuanto a la primera cuestión, el concepto de *marco epistémico* permite especificar y fundamentar el rol teórico y metodológico que juegan la cosmovisión y los sistemas de valores en la orientación y concepción del diseño de una investigación científica. En segundo lugar, la TSC reclama una finalidad epistémica y política. Por un lado, la TSC tiene como pretensión epistémica ‘construir mejor conocimiento’ a través de un proceso de investigación interdisciplinaria. Por otro lado, la TSC afirma que el conocimiento construido por una práctica metodológica interdisciplinaria tiene una finalidad social y política, por cuanto lo que

se pretende es diseñar estrategias para actuar y transformar un sistema complejo.

En consecuencia, la TSC se sustenta en lo que se propone conceptualizar como un doble principio epistémico-político: ‘investigar para conocer y diagnosticar’ e ‘investigar para actuar y transformar’. En efecto, “el primer objetivo en el estudio de un sistema complejo es establecer un *diagnóstico integrado*” (García, 2006, p. 97), para lo cual es necesario reconstruir la evolución de los procesos y mecanismos que condujeron a la estructuración actual del sistema ya que “sólo a través de esta historia es posible interpretar lo que sucede actualmente” (p. 148). El segundo objetivo es “poder actuar sobre el sistema” (p. 97). Esta pretensión práctica constituye, en realidad, la principal motivación en el estudio de un sistema complejo (por ejemplo, revertir la degradación del ecosistema, mejorar el acceso de los sectores populares al alimento, etc.).

El segundo objetivo conduce a enlazar los estudios de diagnóstico con “estudios de propuestas alternativas [...] de carácter prospectivo” (p. 102). Estos últimos requieren concebir un nuevo estado del sistema y evaluar las transformaciones de los procesos y mecanismos que se han de poner en marcha para lograr que el sistema evolucione, desde las condiciones iniciales, al futuro estado deseado. El propio García (2006) reconoce que el diseño de programas de acción y la elaboración de políticas orientadas a transformar un sistema complejo, entraña un enorme desafío. La principal dificultad reside, a su juicio, “en el juego de interacciones entre procesos con dinámicas diversas y con *diferentes escalas temporales de desarrollo*” (p. 105). Es justamente la no linealidad de las relaciones entre componentes y procesos, la que restringe marcadamente la predictibilidad de los sistemas complejos a largo plazo. No obstante esta dificultad, lo que interesa destacar en este análisis, es que la TSC constituye un enfoque político-epistémico de los sistemas complejos cuya pretensión práctica se orienta simultáneamente, a la construcción

de conocimiento interdisciplinario y al diseño de estrategias políticas de acción para intervenir sobre los sistemas problematizados.

El concepto de *marco epistémico* es la piedra angular a través de la cual la TSC incorpora, de modo crítico y reflexivo, la dimensión ético-política en la arquitectura teórico-metodológica del enfoque. El concepto de *marco epistémico* es introducido por Jean Piaget y Rolando García (2008) en el capítulo IX de *Psicogénesis e historia de la ciencia* y es retomado por García (2000 y 2006) en dos obras posteriores (*El conocimiento en construcción* y *Sistemas complejos* respectivamente). A partir de una comparación entre estos tres *corpus*, se distinguirán dos niveles de aplicación del concepto *marco epistémico*, y estos serán mencionados, en adelante, así: *marco epistémico*<sub>1</sub> y *marco epistémico*<sub>2</sub>.

Se considera *marco epistémico*<sub>1</sub> al nivel de análisis epistemológico utilizado para explicar la sociogénesis del conocimiento desde la perspectiva de la historia de la ciencia. Piaget y García (2008) puntualizan que los cambios de marco epistémico marcan una reorganización en la historia de la ciencia; un ejemplo de ello es la revolución galileano-newtoniana, que dio origen a la ciencia moderna e implicó la consolidación de un nuevo marco epistémico.

Estos autores conciben el marco epistémico como la unión indisoluble de paradigmas sociales y epistémicos. El concepto de paradigma social refiere al tejido de factores sociales (políticos, económicos, filosóficos, religiosos e ideológicos) que influyen en la instauración de una concepción de la sociedad y de la naturaleza. En este sentido, el marco epistémico se podría definir como el término alemán *Weltanschauungen*, que designa “una concepción del mundo o cosmovisión”. Dos ejemplos de ello son: la civilización china plantea una armonía cósmica y en el *Tao de la Naturaleza*, concibe el mundo como un gran organismo donde priman procesos y transformaciones cualitativas; por su parte, en la civilización griega la concep-

ción aristotélica concibe un mundo de sustancias y esencias estáticas.

A todo lo anterior se suma que el concepto de paradigma epistémico expresa una concepción acerca de lo que formaliza un conocimiento válido. Este paradigma no se impone a los individuos de un grupo, sino que es la manera ‘natural’ de considerar la ciencia y el conocimiento en un momento dado. Así, por ejemplo, la mecánica newtoniana tardó más de treinta años en ser aceptada en Francia por no ser considerada como una teoría científica que brindara una explicación física de los fenómenos. Décadas más tarde, el mecanicismo y el reduccionismo se convirtieron en el modo paradigmático de explicación, y ninguna teoría sería considerada científica si no brindaba una explicación a la de Newton (Piaget & García, 2008, p. 231). Aquí encontramos una problemática epistemológica clave, relativa al hecho de la aceptación o rechazo de conceptos o teorías a las que, en cierto momento histórico, se les niega el carácter científico.

Como se mencionaba un poco más arriba, una vez que un marco epistémico se constituye, conforma una unidad en la cual “resulta indiscernible la contribución que proviene de la componente social o de la componente intrínseca al sistema cognoscitivo” (Piaget & García, 2008, p. 234); es decir, los aspectos relativos al paradigma social y al epistémico. Un marco epistémico expresa, entonces, una “concepción del mundo de una sociedad que condiciona el tipo de ciencia que en ella se desarrolla” (García, 1999, p. 5). Es necesario enfatizar que las concepciones del mundo, de la naturaleza y de la sociedad inciden en el desarrollo del conocimiento científico *sólo en la medida* en que constituyen un marco epistémico que condiciona “las características de las conceptualizaciones y las actividades de carácter científico” (García, 2000, p. 159). En síntesis, el *marco epistémico*<sub>1</sub> se caracteriza por ser

Un sistema de pensamiento, rara vez explicitado, que permea las concepciones de la épo-

ca en una cultura dada y condiciona el tipo de teorizaciones que van surgiendo en diversos campos del conocimiento. [...] un marco epistémico *condiciona* las teorizaciones en diversas disciplinas, pero *no determina su contenido*. Orienta y modula los marcos conceptuales, pero no los especifica (García, 2000, p. 157).

Ahora, y en contraste, al concepto de *marco epistémico*<sub>2</sub>, García lo sitúa, en su obra *Sistemas complejos*, en un nivel propiamente metodológico. Uno de los requisitos más exigentes de la TSC consiste en afirmar que “los miembros de un equipo multidisciplinario de investigación interdisciplinaria deben compartir un marco epistémico” (García, 2006, p. 107). En términos más específicos, lo que congrega a los miembros de un equipo para el estudio interdisciplinario de un sistema complejo, es “una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad (es decir, un marco epistémico) que permitirá definir la problemática a estudiar bajo un mismo enfoque” (p. 35). Más aún, un marco epistémico “fija *normas*, basadas en *sistemas de valores* que orientan el tipo de preguntas” y los objetivos que orientan una investigación científica concreta (p. 106); y expresa, asimismo, una concepción del mundo y la jerarquía de valores del investigador (p. 35). Sintetizando, los dos conceptos de marco epistémico presentados se diferencian por su nivel de análisis y contexto de uso: la historia de la ciencia (marco epistémico<sub>1</sub>) y la práctica científica concreta (marco epistémico<sub>2</sub>), aunque no difieren en su núcleo significativo.

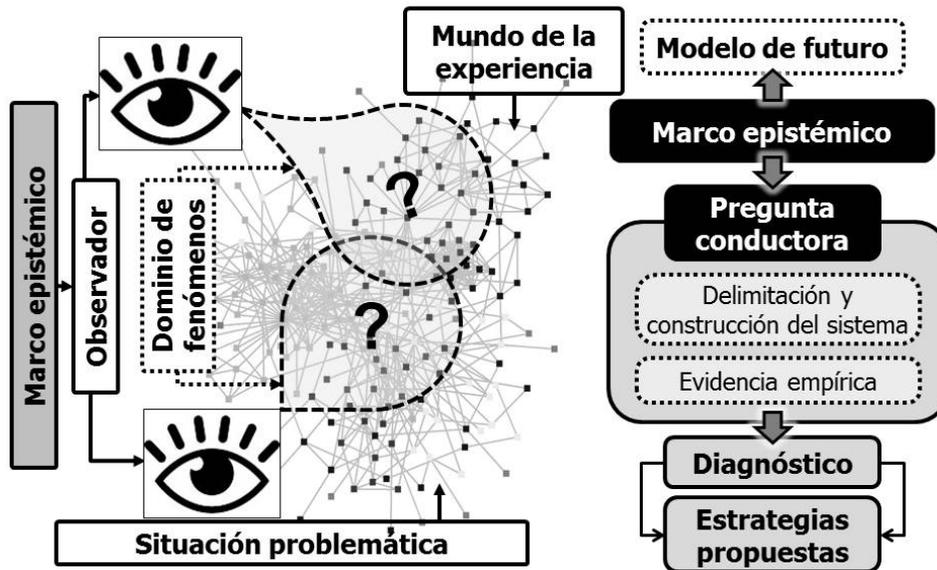
En el plano de la práctica científica, el concepto de marco epistémico adquiere una particular relevancia por cuanto permite destacar la importancia metodológica de hacer explícita la cosmovisión, el sistema de valores y el marco normativo que guía una investigación científica de carácter empírico. Específicamente, el marco epistémico asigna un rol metodológico a los valores ético-políticos en la concepción y diseño de una investigación. Cabe preguntarse, pues, de qué modo el marco epistémico incide en la metodología de la investigación. Como

se señaló anteriormente, el marco epistémico no determina el contenido de una teoría pero sí condiciona la arquitectura metodológica de la investigación en cuatro niveles. En el primero, el marco epistémico condiciona el tipo de preguntas que se formula un investigador frente a un dominio de la experiencia problematizado (por ejemplo la degradación ambiental, la malnutrición, etc.) y, por lo tanto, influye también en la selección de los objetivos de la investigación. En el segundo nivel, al condicionar la pregunta conductora, el marco epistémico incide en la delimitación del dominio empírico de la investigación y en la construcción de la observación científica, esto es, en el tipo de evidencia empírica requerida para dar respuesta a los interrogantes planteados. En el tercero, el marco epistémico respalda las deducciones construidas sobre el material empírico; por lo tanto, condiciona tanto el diagnóstico obtenido

como las estrategias formuladas. Por último y como cuarto nivel, el marco epistémico condiciona, sin duda, el modelo de futuro o situación objetivo, es decir, el nuevo estado hacia el cual se desea orientar la transformación del sistema complejo para revertir la problemática estudiada. Por esta razón, puede sostenerse que dada una misma situación problemática, dos observadores con dos marcos epistémicos distintos, probablemente, delimitarán y construirán sistemas complejos diferentes.

En estos dos últimos casos se llevará adelante una ‘investigación científica de carácter empírico’ con diseños metodológicos que pueden ser igual de rigurosos pero, los modelos de futuro, las conclusiones teóricas fundadas empíricamente y las implicancias ético-políticas serán netamente distintos, como se representa en la Figura 1.

**Figura 1. Gravitación del marco epistémico en la arquitectura metodológica de la investigación**



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se analizan dos ejemplos que dilucidan la gravitación del marco epistémico en el desarrollo de una investigación empírica. El primer ejemplo proviene del contexto de la investigación de García sobre la sequía y

el cambio climático. El segundo corresponde a una comparación entre el Modelo de ‘Los límites del crecimiento’, del Club de Roma y el Modelo Mundial Latinoamericano, de la Fundación Bariloche.

Durante la década de 1960-1970, en distintas partes del planeta se presentaron / hubo prolongadas sequías que provocaron escasez de alimentos y profundas hambrunas. En 1974, la Conferencia Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas alertó sobre la apremiante crisis alimenticia. En este problemático contexto, surgieron varios proyectos de investigación sobre el cambio climático y los problemas alimentarios. En esta misma época, García dirigió el “Programa de Investigación Global de la Atmósfera” (GARP) de la Organización Meteorológica Mundial, y el programa ‘La sequía y el hombre’ de la Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados (IFIAS)<sup>13</sup>. García desarrolló estas investigaciones sobre un marco epistémico diferente al que, sobre esa temática, predominaba en ese entonces. A continuación se examinan comparativamente los respectivos enfoques.

Como el propio García (2000) relata, las investigaciones dominantes estaban organizadas en torno a la siguiente pregunta conductora: “¿Cómo se puede aumentar la producción de alimentos en la región X?” (p. 71). Este interrogante se imponía como necesario e indiscutible dado que las hambrunas eran causadas por la escasez de alimentos. Tal pregunta conductora orientaba un recorte del dominio empírico centrado en la relación entre la población, la producción y el consumo. La variable demográfica resultaba clave para lograr un equilibrio entre producción y consumo. Asimismo, era crucial el incremento de la productividad para satisfacer la demanda de alimentos. Por esta razón, conceptos como el de ‘seguridad alimentaria’ y ‘autosuficiencia’ jugaban un rol prominente en el marco de estas elaboraciones teóricas. En lo que respecta a las inferencias y diagnósticos realizados, los enfoques sostenían que las ‘causas’ del problema eran las ‘catástrofes naturales’ (las sequías); la superpoblación y alta tasa de natalidad de los países ‘en vías de desarrollo’; y el atraso de las técnicas agrícolas de los países pobres que les impedían aumentar la productividad. Sustentadas en estos hallazgos, las estrategias políticas propuestas para actuar sobre el problema se orientaban a im-

plementar programas de control de natalidad y de modernización de la agricultura. Al respecto, como destaca con contundencia García, el principio –simplista– de estas investigaciones era “había que reproducirse menos y producir más” (García, 2006, p. 58).

Como las investigaciones lideradas por García se sustentaron en un marco epistémico diferente, la pregunta conductora se transformó y se planteó en estos términos: “¿Cómo y por qué se ha modificado el *acceso a los alimentos*, por parte de los sectores populares?” (p. 59). Esto suscitó la reorientación del dominio empírico que ahora hacía foco en la relación entre el medio físico, la producción y la sociedad. En consecuencia, la construcción de evidencia empírica no se limitó a “seguir al alimento desde su producción hasta el consumo” (p. 59) y esto permitió observar procesos y realizar inferencias de un talante diferente, como diagnosticar que los “cambios introducidos en el sistema productivo [produjeron una] utilización abusiva del medio físico” (p. 59). De modo concomitante a la degradación del ecosistema se produjo también la marginación de sectores sociales, especialmente con el deterioro de las condiciones de trabajo y niveles de nutrición. En ningún caso podía culparse a un único factor (la sequía), sino que había que considerar también causas ligadas a la estructura socioeconómica y al modelo productivo.

El segundo ejemplo consiste en aplicar la categoría de marco epistémico para comparar las implicancias epistémicas y ético-políticas de dos modelos globales que tuvieron auge en la década de 1970. Por un lado, el informe encargado por el Club de Roma, publicado bajo el nombre *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad* (Meadows, 1972); y por el otro, una respuesta crítica a este paradigma, preparada por un grupo de especialistas de la Fundación Bariloche y publicada bajo el título de *¿Catástrofe o Nueva Sociedad?. Modelo Mundial Latinoamericano* (Herrera et al., 2004).

El *Club de Roma* fue fundado en 1968 como una organización no gubernamental cuyo propósito era estudiar la dinámica mundial, los problemas de la sociedad global y las implicancias de las tendencias actuales en el largo plazo. En este marco, el Club de Roma encargó al Massachusetts Institute of Technology (MIT) la construcción de un modelo de la dinámica global. El equipo del MIT responsable de ese trabajo fue dirigido por Meadows y, desarrolló el *World III*, “el primer modelo mundial auspiciado por el Club de Roma, como una nueva propuesta para el sistema global” (Gallopín, 2004, p. 13). Básicamente, la pregunta conductora del informe fue cómo evitar una catástrofe mundial, y ésta se derivaba del marcado proceso de crecimiento demográfico y agotamiento de los recursos renovables. Con el fin de responder a tal inquietud, se construyó un modelo formal, de base matemática, y se empleó la técnica de modelado y simulación, tomado de la Dinámica de Sistemas, creada por Jay Forrester a comienzos de la década de 1960. El objetivo era establecer un modelo de la dinámica mundial y simular la evolución del crecimiento poblacional y de los recursos del planeta.

El diagnóstico elaborado por este informe advertía que el mundo se dirigía hacia una catástrofe y concluía que el sistema mundial era inviable debido a la tendencia de crecimiento poblacional y consumo de recursos, y que habría, por lo tanto, que poner límites físicos al crecimiento. A partir de este dictamen, la estrategia de acción sugerida por Meadows fue “que en los países centrales se mantuviera un crecimiento económico cero y en la periferia un control y reducción de la población” (Oteiza, 2004, p. 9). En este contexto, cabe destacar que el *World III* se afirmaba como “un modelo objetivo y libre de valores basado en nuestro mejor y más actual conocimiento” (Gallopín, 2004, p. 14) y, asimismo, pretendía constituirse como una herramienta política para la toma de decisiones.

A partir de una conferencia celebrada en Río de Janeiro en 1970, auspiciada por el Club

de Roma con el propósito de analizar y discutir el *World III*, la Fundación Bariloche de Argentina brindó el financiamiento y el espacio institucional en donde un grupo interdisciplinario de científicos desarrolló el *Modelo Mundial Latinoamericano*. Se trata del primer y “único modelo global elaborado en el Sur” (Gallopín, 2004, p. 13), como respuesta estratégica al modelo del Club de Roma.

El objetivo era “la construcción de un «modelo mundial alternativo»” (Oteiza, 2004, p. 8), de carácter formal, empleando la misma técnica utilizada por el grupo del MIT (la Dinámica de Sistemas), y haciendo uso de las mismas variables que el *World III*, pero orientado por un marco epistémico diferente. El “modelo Bariloche” es producto de una concepción del mundo y un posicionamiento ético-político cuya principal motivación era hallar respuestas a la inquietud de cómo construir un mundo mejor. El marco epistémico del modelo Bariloche no pretendía ser axiológicamente neutral sino que asumía un marco normativo explícito, cuya finalidad estratégica era señalar “una manera de alcanzar la meta final de un mundo liberado del atraso y la miseria” (Herrera et al., 2004, p. 45).

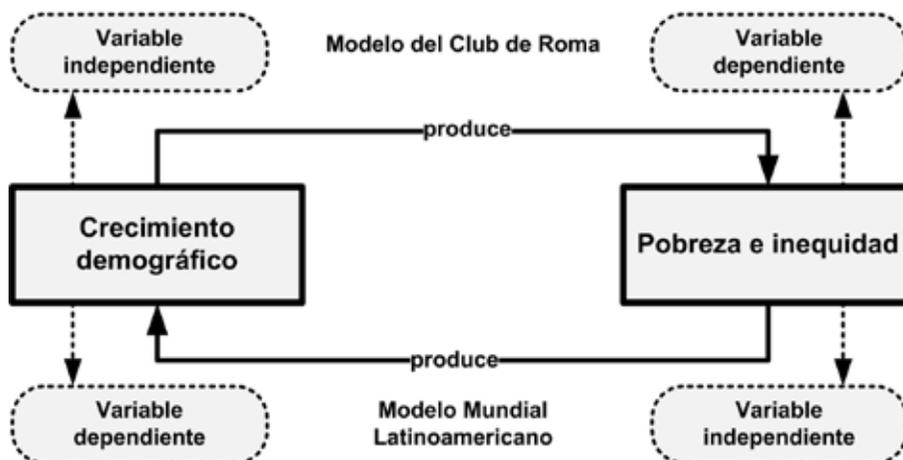
Desde este marco epistémico, el modelo Bariloche reemplazó la pregunta conductora del Club de Roma por “¿cómo los recursos del mundo podrían ser usados de modo más efectivo para mejorar la vida de la población?” (Castro & Jacovkis, 2015, p. 4). La construcción del modelo formal incorporó el concepto de ‘satisfacción de necesidades básicas’ y propuso que habría de incrementarse la ‘esperanza de vida al nacer’ por ser la variable más sensible a la inequidad. El *Modelo Mundial Latinoamericano*, implementado como un modelo de simulación matemática, se utilizó a manera de herramienta para analizar la viabilidad de construir un futuro alternativo con los recursos disponibles en el mundo en ese momento. Una de las principales conclusiones del grupo de especialistas de la Fundación Bariloche fue la demostración de la posibilidad de satisfacer las

necesidades básicas. En desacuerdo crítico con los postulados del modelo del MIT, el *Modelo Mundial Latinoamericano* determinó que los principales límites no eran sólo físicos sino además, y fundamentalmente, políticos. Planteado de otra manera, se dedujo que con los recursos disponibles se podía lograr la construcción de un futuro alternativo en el que se hallase sustancialmente fortalecida la calidad de vida de la población; por lo tanto, los límites no estaban estrictamente ligados al agotamiento de recursos sino a la transformación de las relaciones de poder existentes (Herrera et al., 2004, p. 159).

Otro hallazgo decisivo fue revelar el impacto del “aumento del bienestar de la población en la disminución de las tasas de crecimiento demográfico” (Oteiza, 2004, p. 11). Este resultado permite destacar la gravitación del marco epistémico tanto en la organización de la arquitectura metodológica de una investigación como en el tipo de inferencias causales que se construyen con modelos científicos. En efecto, el marco epistémico definido por el grupo Bariloche permitió invertir la relación entre demografía e inequidad, tal como la sostenía el informe del Club de Roma. Para este último, el crecimiento demográfico jugaba el rol de variable independiente que permitía explicar la distribución desigual de recursos. La consecuencia política de este mo-

delo explicativo era que para desarrollarse económicamente se debía restringir la expansión poblacional. El modelo Bariloche “adoptó la explicación opuesta, que la pobreza y la inequidad son los mayores propulsores del crecimiento poblacional” (Gallopín, 2004, p. 15). Su hipótesis de que “la única manera realmente adecuada de controlar el crecimiento de la población es a través de la mejora de las condiciones básicas de vida” (Herrera et al., 2004, p. 47), fue verificada empleando una simulación desarrollada con un programa informático. Las implicancias políticas del modelo Bariloche pueden sintetizarse en el lema “el mejor contraceptivo es el desarrollo económico” (Pérez-Díaz, 1994, p. 9), que se constituyó en una crítica certera a las formulaciones neomalthusianas de control poblacional promovidas por el Club de Roma. En suma, la redefinición operada en el modelo Bariloche permite ilustrar el modo en que el marco epistémico condiciona las inferencias y las relaciones causales de una teoría o modelo científico; asimismo, destacar que la redefinición de un modelo explicativo —en este caso particular a través de la inversión de la relación entre las variables independientes y dependientes— tiene consecuencias políticas que no son, en ningún caso, axiológicamente neutrales. La figura 2 representa la inversión epistémica del modelo explicativo operado por el modelo Bariloche.

Figura 2. Inversión epistémica del modelo explicativo.



Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, en los modelos expuestos (*World III - Límites del crecimiento* y *Modelo Mundial Latinoamericano*) subyacen dos marcos epistémicos distintos que condicionan tanto la arquitectura teórica y metodológica de cada patrón científico, como sus implicancias éticas y políticas. La disertación de la Fundación Bariloche supuso una crítica ético-política al marco normativo implícito del modelo del Club de Roma. No se trataba de ‘evitar una catástrofe’ futura por un posible agotamiento de recursos, más bien “la catástrofe ya estaba instalada” (Oteiza, 2004, p. 11) puesto que “la mayor parte de la humanidad vivía en un estado de pobreza y mi-

sería” (Gallopín, 2004, p. 16). Por lo tanto, la estrategia política sustentada en el modelo del Club de Roma se dirigía a mantener el orden mundial de ese entonces garantizando, por un lado, que se conservaran los niveles de vida avanzados de las sociedades capitalistas e industrializadas y, por el otro, continuar la marginación y pobreza de vastos sectores de la población mundial. En contraste, el marco epistémico del modelo Bariloche planteaba la construcción de un sistema-mundo alternativo basado en la equidad, la solidaridad, el no consumismo y la participación plena (Herrera et al., 2004). En la tabla 1 se esquematizan las diferencias entre ambos modelos.

**Tabla 1. Comparación de los marcos epistémicos subyacentes en los modelos del Club de Roma y de la Fundación Bariloche.**

Modelo	Modelo <i>World III</i> del Club de Roma	Modelo Mundial Latinoamericano de la Fundación Bariloche
Preguntas conductoras	¿Cómo evitar una catástrofe?; ¿qué sucederá con las estructuras del mundo en el futuro (en 20 años, en 100 años)?	¿Cómo construir un mundo mejor?; ¿cómo los recursos del mundo podrían ser usados más efectivamente para mejorar la vida de la población?
Diagnóstico	Establecer límites físicos al crecimiento mundial por agotamiento de recursos y crecimiento exponencial de la población.	Implantar límites sociopolíticos y no sólo físicos, ligados a la distribución desigual del poder.
Estrategia	Aplicar programas de control de natalidad en los países pobres y restricción al crecimiento económico en los países ricos.	Satisfacer las necesidades básicas e incrementar la expectativa de vida al nacer.
Marco epistémico	Conservación del ‘orden mundial’ existente.	Construcción de un futuro alternativo. Modelo de sociedad participativa, no consumista, solidaria y basada en la equidad.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

La Teoría de los Sistemas Complejos formulada por Rolando García, constituye una propuesta original que se diferencia tanto del enfoque del pensamiento complejo como de las ciencias de la complejidad. La arquitectura teórica y metodológica hace que la TSC se establezca como una propuesta relevante tanto en el plano epistémico como político. En el primer caso, la TSC instaura una perspectiva teórica robusta, metodológicamente operativa y fundamentada epistemológicamente para la construcción de conocimiento interdisciplinario

sobre problemáticas complejas concretas. En el plano socio-político, la TSC se afirma como un enfoque para el diagnóstico de un sistema complejo y el diseño de estrategias para su transformación. El concepto de marco epistémico juega un rol crucial para determinar la dimensión política de los sistemas complejos, y a ellos se puede agregar que es una poderosa categoría epistemológica y metodológica que permite romper la equivalencia entre *neutralidad valorativa* y *objetividad científica*, tradicionalmente asociadas en la concepción positivista de Ciencia. A través del concepto de marco epistémico la TSC afirma la posibilidad de construir *objetividad sin neutralidad valorativa*. Dicho de otro modo, toda investigación supone una concepción del mundo,

un posicionamiento ético-político y un sistema de valores condicionado por el marco epistémico ya que ningún trabajo de problematización ni ninguna pregunta surge de un investigador axiológicamente neutral (García, 2000, p. 72). Pero esto no implica abandonar el rigor lógico, teórico o metodológico, ni renunciar a la construcción de la objetividad científica; es decir, a la oportunidad de una crítica intersubjetiva de juicios y razonamientos basados en evidencia empírica. A través del concepto de marco epistémico, la TSC reclama la posibilidad de elaborar un concepto más complejo de objetividad que incluya reflexivamente los juicios ético-políticos y las cosmovisiones, como orientadores del núcleo de decisiones metodológicas de un proceso de investigación. En cualquier caso, el problema de la objetividad en relación con el constructivismo epistemológico se revela como un tema de trabajo pertinente para el desarrollo de la TSC (que puede ser objeto de trabajos posteriores). Adicionalmente, la explicitación del marco epistémico constituye una apuesta epistémico-política dirigida a la construcción de modelos teóricos rigurosos, empíricamente fundamentados, metodológicamente robustos y axiológicamente no neutrales, es decir, políticamente orientados y éticamente informados.

Este artículo concluye con una hipótesis que amerita ser desplegada y debatida en trabajos posteriores: la TSC elaborada por Rolando García no formula simplemente un enfoque teórico y una metodología de trabajo para la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos desde bases epistemológicas constructivistas; más bien, la TSC entraña la potencialidad de estimular el desarrollo de programas de investigación con alcances sociales y políticos. La construcción de programas de investigación interdisciplinarios en problemáticas complejas concretas requiere, como línea de trabajo futuro, de una crítica sistemática a la TSC para identificar debilidades teóricas, metodológicas y epistemológicas de la propuesta y esclarecer las condiciones epistémicas, políticas e institucionales necesarias para su desarrollo.

## Notas

<sup>1</sup> Por los límites de este trabajo, no resulta factible discutir críticamente el posicionamiento de la TSC en relación al pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. Para una contextualización de la TSC con otras vertientes de la complejidad y teorías sistémicas en ciencias sociales, véase (Becerra, 2016; Rodríguez-Zoya, L. & Rodríguez-Zoya P., 2013).

<sup>2</sup> Distintos autores han tomado a su cargo la discusión epistemológica y teórico-metodológica de la propuesta de Rolando García. Al respecto, véase (Amozurrutia, 2012; Becerra, 2014; Duval, 1999; Rodríguez-Zoya, 2011b).

<sup>3</sup> El propio García observa, en una conferencia dictada en el año 1999 en el Laboratorio Tandar de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina, que “en toda ciencia hay conceptos que no se definen” (García, 1999). Así, por ejemplo, señala que la Matemática se ocupa de los números y la Mecánica del movimiento, pero ni la Matemática ni la Mecánica definen qué es un número y qué es el movimiento. En efecto, la Matemática puede definir distintos tipos de números (números naturales, primos, fraccionarios, irracionales, etc.) pero no define qué es el número en sí. Asimismo, la Mecánica no determina qué es el movimiento sino cómo se produce el movimiento. Esta observación permite citar uno de los debates más habituales en el campo de las ciencias de la complejidad respecto de *qué es la complejidad y cómo medir la complejidad*. A este respecto, véase, por ejemplo el trabajo clásico del Premio Nobel de Física Murray Gell-Mann (1995) titulado ‘¿Qué es la complejidad?’, o el riguroso trabajo de Bruce Edmonds (1999) donde se refieren más de doscientas definiciones del término complejidad.

<sup>4</sup> El autor del artículo coincide con la observación hecha por uno de los revisores anónimos de este trabajo, al sugerir que las relaciones entre observables atribuidas por el sujeto cog-

noscente en la construcción del sistema complejo, tienen siempre una dimensión contextual y política, implícita en la noción de marco epistémico, cuyo tratamiento se desarrolla en la tercera sección de este artículo.

<sup>5</sup> Es interesante señalar que García se formó primero como físico y meteorólogo en la Universidad de Buenos Aires y, más tarde, se especializó en filosofía de la ciencia en los Estados Unidos con Rudolf Carnap y Hans Reichenbach, dos de los más conspicuos representantes del positivismo lógico. Entre 1957 y 1966 se desempeñó, entre otras actividades, como Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, en el período conocido como la ‘edad de oro’ de la ciencia argentina. El Golpe de Estado dirigido por el General Juan Carlos Onganía condujo el 29 de julio de 1966 al acontecimiento conocido como ‘la noche de los bastones largos’. La Policía ingresó por la fuerza a cinco Facultades de la Universidad de Buenos Aires. Rolando García, junto con centenares de docentes, fueron encarcelados. Se produjeron renuncias masivas y cesantías de profesores. Varios laboratorios y bibliotecas fueron destruidos. Rolando García se exilió en Suiza y comenzó una estrecha y fecunda colaboración con Jean Piaget que se prolongaría hasta la muerte del epistemólogo ginebrino en 1980. Cabe destacar que las últimas obras más influyentes de Piaget fueron en co-autoría con Rolando García, entre las que se destacan *Las explicaciones causales* (Piaget & García, 1971); *Hacia una lógica de las significaciones* (Piaget & García, 1987) y *Psicogénesis e Historia de la Ciencia* (Piaget & García, 2008).

<sup>6</sup> En la concepción empirista del conocimiento, la ‘observación sensorial’ es, como afirma Reichenbach “la fuente primera y el juez último de todo conocimiento”. En esta matriz, el positivismo lógico pretendió fundamentar el conocimiento científico en términos empíricos que fueran directamente observables. Parafraseando el pensamiento de Bertrand Russell un

término empírico es ‘una proposición cuya observación es evidencia de su verdad’. Los más grandes lógicos del siglo XX -como Rudolf Carnap, W. O. Quine y Bertrand Russell- reconocieron hacia mediados del siglo XX que el proyecto empirista había fracasado. Como observa García, el propio Russell afirmó que “el empirismo como teoría del conocimiento ha mostrado ser inadecuado”. Quine, por su parte concluyó “hemos dejado de soñar con deducir la ciencia a partir de los datos sensoriales” (García, 2000, p. 23).

<sup>7</sup> García, siguiendo a Piaget, sostiene que las investigaciones de la escuela ginebrina permitieron poner en evidencia que “el empirismo lógico viola sus propios principios al no haber podido ofrecer nunca una validación empírica de sus tesis empiristas, con lo cual, paradójicamente, termina cayendo en el campo de la filosofía especulativa” (García, 1997, p. 36).

<sup>8</sup> Para una introducción al pensamiento de Prigogine, véase Spire (1990). Un análisis de las implicaciones filosóficas y epistemológicas de la termodinámica del no equilibrio se encuentra en Prigogine & Stengers (1983).

<sup>9</sup> Una explicación clara y rigurosa a la no linealidad y a la teoría del caos puede encontrarse en Briggs & Peat (1989).

<sup>10</sup> No resulta factible brindar aquí una disertación en profundidad del pensamiento de Kuhn, el cual tiene varios matices y ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. En cualquier caso, en este artículo se abona la lectura sugerida por Oscar Nudler (2009), quien caracteriza el modelo rupturista implicado en la obra de Kuhn. Esto puede apreciarse, particularmente, en las formulaciones kuhnianas en torno a la incommensurabilidad de los paradigmas que signan las revoluciones científicas. Otro aspecto que ameritaría una exposición más detallada, es la relación entre el *corpus* de la epistemología constructivista de Piaget y García, y el *corpus* kuhniano centrado en el análisis de los paradig-

mas. Para una discusión pormenorizada de este problema véase Becerra y Castorina (2016a).

<sup>11</sup> En el campo del análisis epistemológico y siguiendo una tradición distinta al constructivismo de Piaget –aunque con interesantes coincidencias–, el modelo de espacios controversiales propuesto por Oscar Nudler (2009) plantea una perspectiva dialéctica del conocimiento y dirige una crítica precisa tanto al enfoque continuista como al historicismo rupturista. Para una introducción abreviada, véase Nudler (2004). Una aplicación de este modelo al análisis de la complejidad como espacio controversial, puede encontrarse en Rodríguez Zoya L. y Rodríguez Zoya P. (2013).

<sup>12</sup> Para una discusión crítica sobre los usos y sentidos del concepto *marco epistémico* en la obra de Piaget y García, véase Becerra & Castorina (2015) y Rodríguez-Zoya (2011a).

<sup>13</sup> Los resultados de la investigación sobre la sequía y el hombre fueron publicados en tres volúmenes: *Nautre Pleads Not Guilty*, Vol. 1 (García, 1981); *The Constant Catastrophe*, Vol. 2 (García & Escudero, 1982); y *The Roots of Catastrophe*, Vol. 3 (García & Spitz, 1986).

## Referencias

- Amozurrutia, J. A. (2012). *Complejidad y sistemas sociales. Un modelo adaptativo para la investigación interdisciplinaria*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Becerra, G. (2014). Interdisciplina y Sistemas Complejos. Un enfoque para abordar problemáticas sociales complejas. *PSOCIAL Revista de Investigación en Psicología Social*, 1(1), 34-43.
- Becerra, G. (2016). Sociocibernética: tensiones entre sistemas complejos, sistemas sociales y ciencias de la complejidad. *Athenea Digital*, 16(3), 81-104.
- Becerra, G., & Castorina, J. A. (2015). El condicionamiento del “marco epistémico” en distintos tipos de análisis constructivista. En J. V. Ahumada, et al. (Eds.), *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur* (pp. 101-107). Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Becerra, G., & Castorina, J. A. (2016a). Acerca de la noción de “marco epistémico” del constructivismo. Una comparación con la noción de “paradigma” de Kuhn. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11(31), 9-28.
- Becerra, G., & Castorina, J. A. (2016b). Una mirada social y política de la ciencia en la epistemología constructivista de Rolando García. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 27(52), 459-480.
- Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de sistemas. Fundamentos, desarrollos, aplicaciones*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Briggs, J., & Peat, D. (1989). *Espejo y reflejo: del caos al orden*. Barcelona: Gedisa.
- Castañares-Maddox, E. J. (2009). *Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso del Corredor Biológico Mesoamericano México* (Corredor Biológico Mesoamericano México, Serie Conocimientos No. 6) México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Castro, R., & Jacovkis, P. (2015). Computer-Based Global Models: From Early Experiences to Complex Systems. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 18(1), 1-11.
- Duval, G. (1999). Teoría de sistemas. Una perspectiva constructivista. En S. Ramírez (Ed.), *Perspectivas en la teoría de sistemas* (pp. 75-82). México: Siglo XXI.

- Edmonds, B. (1999). *Syntactic Measures of Complexity*. Doctor of Philosophy, Manchester: Metropolitan University.
- Gallopín, G. (2004). El Modelo Mundial Latinoamericano ("Modelo Bariloche"): Tres décadas atrás. En A. Herrera, et al. (Eds.), *¿Catastrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 años despues* (pp. 13-26). Buenos Aires: Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- García, R. (1981). *Drought and Man. Nature Pleads not Guilty* (Vol. 1). Oxford: Pergamon Press.
- García, R. (1994). Interdisciplinariedad y Sistemas Complejos. En E. Leff (Ed.), *Ciencias Sociales y Formación Ambiental* (pp. 85-124). Barcelona: Gedisa, UNAM.
- García, R. (1997). *La epistemología genética y la ciencia contemporánea*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (Agosto, 1999). *Dialéctica y Estructura de la Construcción del Conocimiento*. Trabajo presentado en la conferencia en el "Tandar", Buenos Aires. Recuperado de <http://www.pensamiento-complejo.com.ar/docs/files/Rolando%20Garcia%2C%20Dialectica%20y%20Estructura%20en%20la%20construccion%20del%20conocimiento.pdf>
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- García, R., & Escudero, J. (1982). *Drought and Man. The Constant Catastrophe: Malnutrition, Famines and Drought* (Vol. 2). Nueva York: Pergamon Press.
- García, R., & Spitz, P. (1986). *Drought and Man. The Roots of Catastrophe* (Vol. 3). Nueva York: Pergamon Press.
- Gell-Mann, M. (1994). *El Quark y el Jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo*. Barcelona: Tusquets.
- Gell-Mann, M. (1995). What is complexity?. *Complexity*, 1(1), 16-19.
- González, P. (2005). *Las nuevas ciencias y las humanidades. De la academia a la política*. Barcelona: Anthropos.
- Herrera, A., et al. (2004). *¿Catastrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 años despues*. Buenos Aires: Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Johnson, S. (2001). *Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Lewin, R. (1995). *Complejidad. El caos como generador de orden*. Barcelona, España: Tusquets.
- Meadows, D. H. (1972). *Los Límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Miller, J. H., & Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton: Princeton Studies in Complexity.
- Morin, E. (1977). *El Método I. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.

- Morin, E. (1980). *El Método II. La vida de la vida*. Madrid: Cátedra. Barcelona. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10261/3703>
- Morin, E. (1986). *El Método III. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra. Piaget, J. (1979). *Tratado de lógica y conocimiento científico. VII. Clasificación de las ciencias y principales corrientes de la epistemología contemporánea*. Buenos Aires: Paidós.
- Morin, E. (1998). *El Método IV. Las ideas*. Madrid: Cátedra. Piaget, J., & García, R. (1971). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral Editores.
- Morin, E. (1999). *Relier les connaissances. Le défi du XXIe siècle*. Paris: Seuil. Piaget, J., & García, R. (1987). *Hacia una lógica de las significaciones*. Barcelona, España: Gedisa.
- Morin, E. (2001). *El Método V. La humanidad de la humanidad. La identidad humana*. Madrid: Cátedra. Piaget, J., & García, R. (2008). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México DF: Siglo XXI.
- Morin, E. (2005). Mesías, pues no. En D. Bounoux, et al. (Eds.), *En torno a Edgar Morin. Argumentos para un método. Coloquio de Cerisy* (pp. 409-431). Xalapa, México: Universidad Veracruzana. Prigogine, I., & Stengers, I. (1983). *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Morin, E. (2006). *El Método VI. Ética*. Madrid: Cátedra. Rodríguez-Zoya, L. (2011a). Introducción crítica a los enfoques de la complejidad: tensiones epistemológicas e implicancias políticas para el Sur. En Centro Iberoamericano de Estudios en Comunicación, Información y Desarrollo (CIECID) (Ed.), *Exploraciones de la complejidad. Aproximación introductoria al pensamiento complejo y a la teoría de los sistemas complejos* (pp. 14-34). Buenos Aires: Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Nudler, O. (2004). Hacia un modelo de cambio conceptual: espacios controversiales y refocalización. *Revista de Filosofía*, 29(2), 7-19. Rodríguez-Zoya, L. (2011b). *Exploraciones de la complejidad. Aproximación introductoria al pensamiento complejo y a la teoría de los sistemas complejos*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Nudler, O. (2009). *Espacios controversiales. Hacia un modelo de cambio filosófico y científico*. Buenos Aires: Miño y Dávila. Rodríguez-Zoya, L. (2013). *El modelo epistemológico del pensamiento complejo. Análisis crítico de la construcción de*
- Oteiza, E. (2004). El modelo Mundial Latinoamericano: scriptum - post scriptum. En A. Herrera, et al. (Eds.), *¿Catastrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 años despues* (pp. 7-12). Buenos Aires: Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Pérez-Díaz, J. (1994). *La política mundial de población* (Centre d'Estudis Demogràfics, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Papers de Demografia, n°90). Barcelona: Universidad Autónoma de

- conocimiento en sistemas complejos* (Tesis de Doctorado en Sociología y Ciencias Sociales). Universidad de Buenos Aires y Universidad de Toulouse, Toulouse.
- Rodríguez-Zoya, L. (2014). Epistemología y política de la metodología interdisciplinaria. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 4(1), 1-8.
- Rodríguez-Zoya, L., & Rodríguez-Zoya, P. (2013). *Modelo de espacios controversiales y estudios de la complejidad en América Latina: Metodología de análisis, propuesta de formalización y aplicación al campo de la complejidad* (Instituto de Investigaciones Gino Germani, Documentos de Jóvenes Investigadores N° 37). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Buenos Aires. Recuperado de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Argentina/iigguaba/20130619031834/dji37.pdf>
- Simon, H. (Ed.) (1973). La arquitectura de la complejidad. En, *Las ciencias de lo artificial* (pp. 125-169). Barcelona: A.T.E.
- Spire, A. (1990). *El pensamiento de Prigogine. La belleza del caos*. Barcelona: Andres Bello.
- Tarride, M. (1995). Complejidad y Sistemas Complejos. *Manguinhos*, 2(1), 46-66.
- Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. Nueva York: Simon & Schuster.