

# **Contribución a la crítica de la teoría de los sistemas complejos: bases para un programa de investigación\***

***Leonardo G. Rodríguez Zoya***

Instituto de Investigaciones Gino Germani,  
Universidad de Buenos Aires  
leonardo.rzoya@gmail.com

---

## ***Resumen***

El propósito de este trabajo es elaborar una crítica sistemática a la teoría de los sistemas complejos (TSC) formulada por Rolando García, con el fin estratégico de contribuir a desarrollarla como un programa de investigación interdisciplinario en sistemas complejos con alcances sociales y políticos. Se plantean nueve críticas, y para cada una se ofrece la problematización conceptual de un aspecto insuficientemente tratado o no tematizado por la TSC y se sugiere, a modo de hipótesis, una vía posible para su desarrollo.

Palabras clave: sistemas complejos; investigación interdisciplinaria; epistemología; metodología; política.

\* Trabajo realizado en el marco del plan de investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), 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, y del proyecto N° 32-15 331 de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

**Abstract****Contribution to the critique of the theory of complex systems: basis for a research program**

The aim of this paper is to elaborate a systematic critique of the theory of complex systems (TSC) developed by Rolando García. The strategic goal of this task is to contribute to the development of the TSC as an interdisciplinary research program on complex systems from a social and political perspective. The paper sketches out nine criticisms to TSC. For each criticism we offer a conceptual problematization of an aspect of the TSC and we suggest a hypothetical way for its treatment.

Key words: complex systems; interdisciplinary research; epistemology; methodology; politics.

---

**1. Introducción**

La teoría de los sistemas complejos (TSC), desarrollada por Rolando García (García, 1981, 2000, 2006; García & Escudero, 1982; García & Spitz, 1986), constituye un enfoque teórico-metodológico para la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos. A pesar de que su planteamiento ha tenido cierta difusión en América Latina en los últimos años (Amozurrutia, 2012; Becerra & Castorina, 2016; Farinola, 2014; Rodríguez Zoya, 2011), y de que sus trabajos clásicos sobre cambio climático son habitualmente mencionados en los estudios ambientales (Castañares Maddox, 2009; Leff, 1986; Leff, Ezcurra, Pisanty & Romero Lankao, 2002), la TSC no ha sido, hasta el presente, objeto de una crítica sistemática que permita identificar debilidades e incongruencias de sus planteos teórico-metodológicos, sus bases epistemológicas y sus alcances políticos.

Este trabajo se inscribe en un horizonte programático cuya meta en el mediano plazo es desarrollar estratégicamente las potencialidades de la TSC como un programa de investigación interdisciplinario de sistemas complejos con alcances sociales y políticos. Para este fin, resulta crucial hacer una crítica sistemática que permita problematizar aspectos no tematizados o insuficientemente abordados por la TSC. Esta labor es necesaria para esclarecer las condiciones de posibilidad —epistémicas, metodológicas, culturales, institucionales y políticas— para el desarrollo de una práctica científica interdisciplinaria orientada a elaborar diagnósticos integrados de problemas complejos concretos y diseñar estrategias y políticas para su transformación.

El concepto de “programa de investigación” aludido difiere del sentido que este término tiene en la obra de Irme Lakatos (1983), en la cual los programas son concebidos como secuencias de teorías científicas. Desde el enfoque constructivo desarrollado por Óscar Varsavsky (1975), la noción de programa de investigación es reformulada a partir de la pregunta “¿cómo es la sociedad que queremos y cómo se pasa de la sociedad actual a la deseada?” (Varsavsky, 1982, p. 8). En esta perspectiva, un programa de investigación abarca un conjunto de prácticas científicas sistemáticas, sostenidas en el tiempo, con alcance espacial variable, orientadas hacia un dominio de problemas o campo problemático. El alcance social y político de un programa de investigación consiste, desde un punto de vista constructivo, en que tales prácticas científicas se proponen simultáneamente una meta epistémica y política; es decir, construir conocimiento y construir estrategias para transformar problemáticas concretas en situaciones más deseables. Uno de los supuestos en que se sustenta la labor acometida en este trabajo sostiene que la TSC contiene aspectos epistemológicos, metodológicos y teóricos para desarrollar constructivamente programas de investigación interdisciplinarios en problemas complejos.

En estas coordenadas, el objetivo específico de este artículo es sistematizar una crítica programática a la TSC. El carácter programático de esta labor radica en que no se ofrece un tratamiento exhaustivo de cada una de las críticas tematizadas, cuyo desarrollo pormenorizado debe ser objeto de trabajos posteriores. Más bien, se propone conceptualizar un conjunto de críticas como vectores para el desarrollo estratégico de la TSC en tanto programa de investigación. Asimismo, para cada crítica se sugiere una hipótesis o vía posible para su tratamiento. En tal sentido, la pretensión práctica es promover la discusión epistemológica, metodológica y política en la comunidad científica ligada al pensamiento y a los sistemas complejos como componente ineludible de un trabajo de problematización colectiva.

La estrategia argumental está organizada del siguiente modo. En primer lugar, se caracteriza sintéticamente la TSC. La finalidad no es resumir el enfoque de García —suficientemente claro en el desarrollo de su obra—, sino brindar una introducción al lector no familiarizado con la propuesta. En segundo lugar, se precisa el concepto de crítica entendida con una raíz kantiana y foucaultiana, como un trabajo de problematización de los límites de lo que somos y su franqueamiento posible. En tercer lugar, se desarrolla una crítica programática a la TSC. Se sintetizan nueve críticas: la ambigüedad del concepto de modelo, la ambigüedad del concepto de problema y sistema complejo, el descuido de la dimensión comunicacional de la investigación interdisciplinaria, la problematización de la operatividad metodológica y técnica de

la TSC, la problematización del marco epistémico, el déficit democrático de la TSC, el desafío pedagógico de la TSC, la factibilidad organizacional de la TSC y, finalmente, la relación entre políticas públicas, política científica interdisciplinaria y sistemas complejos.

## 2. Caracterización sintética de la TSC

La teoría de los sistemas complejos (TSC) formulada por Rolando García constituye un enfoque teórico-metodológico original que se distingue de otras propuestas en torno a la complejidad y los sistemas complejos, tales como el pensamiento complejo de Edgar Morin (1990), las ciencias de la complejidad (Miller & Page, 2007), la modelización y simulación de sistemas complejos (Edmonds & Meyer, 2013) y la complejidad ambiental (Leff, 2003). La característica distintiva de la propuesta de García radica en la articulación sistemática y explícita de la dimensión política, epistemológica, teórica y metodológica en la arquitectura conceptual de la TSC. Esta aseveración puede sintetizarse en cuatro pretensiones del enfoque: *i*) brindar un marco conceptual riguroso para el estudio de sistemas complejos, *ii*) proponer una metodología empíricamente operativa para la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, *iii*) fundamentar desde bases epistemológicas constructivistas el marco conceptual y la metodología propuesta y, finalmente, *iv*) construir una herramienta para el diagnóstico integrado de sistemas complejos y la elaboración de políticas y programas de acción que permitan actuar sobre el sistema para transformarlo.

Esta breve caracterización puede complementarse señalando algunos postulados centrales de la TSC, lo que permite especificar el sentido preciso de los conceptos de sistemas complejos e interdisciplina en este enfoque:

*Primer postulado.* Con fundamento en la epistemología constructivista desarrollada por Piaget y la escuela de Ginebra, la TSC sostiene que un sistema complejo no es una entidad directamente observable de la realidad empírica. Esto quiere decir que un sistema complejo no está dado en la experiencia inmediata y definido en el punto de partida de la investigación. Por el contrario, un sistema se construye a partir de la formulación de una *pregunta conductora*, lo que permite abstraer un conjunto de elementos y relaciones de un dominio empírico determinado.

*Segundo postulado.* Un sistema es una *totalidad organizada* compuesta por elementos heterogéneos y en interacción. El sistema como un todo pre-

venta propiedades de conjunto que no resultan de la suma o adición de las propiedades de los elementos constituyentes.

*Tercer postulado.* La complejidad de un sistema está ligada a la *interdefinibilidad* de los elementos y a la mutua dependencia de las funciones. El concepto de interdefinibilidad, acuñado por García, plantea que las propiedades y los comportamientos de cada elemento sólo pueden ser definidos en función del resto de los componentes del sistema. Es por esta razón que la interdefinibilidad permite conceptualizar los sistemas complejos como *sistemas no descomponibles* (Simon, 1973), puesto que los elementos no pueden separarse para ser estudiados de modo aislado por la adición de estudios disciplinarios independientes.

*Cuarto postulado.* La complejidad de un sistema está particularmente ligada a que los elementos y procesos que constituyen un sistema complejo pertenecen al *dominio de distintas disciplinas*. Por ejemplo, una problemática ambiental puede ser calificada de compleja en la medida en que en dicha situación confluyen múltiples procesos interrelacionados relativos al “medio físico-biológico, la producción, la tecnología, la organización social, la economía” (García, 2006, p. 87). Por lo tanto, el conocimiento disciplinario es necesario, pero insuficiente para explicar el funcionamiento de un sistema complejo.

*Quinto postulado.* La metodología de trabajo interdisciplinaria es el tipo de estudio que requieren las problemáticas concebidas como sistemas complejos. Hay una diferencia sustantiva entre la metodología interdisciplinaria, tal como la conceptualiza la TSC, y los enfoques multi o transdisciplinarios. En estos últimos se producen investigaciones disciplinarias independientes, y luego se coordinan e integran resultados *a posteriori*. Por el contrario, para la TSC *la interdisciplina es un proceso* que comienza con la articulación de los enfoques disciplinarios desde el punto de inicio de la investigación con la finalidad de construir un problema común (y no un acto de coordinación de resultados).

*Sexto postulado.* La investigación de un sistema complejo supone la constitución de un *equipo multidisciplinario* integrado por especialistas competentes en las disciplinas involucradas en el problema estudiado. En tal sentido, el calificativo de “multidisciplinario” se reserva para caracterizar al equipo de investigación, mientras que el término “interdisciplinario” alude a una metodología específica puesta en práctica por dicho equipo.

*Séptimo postulado.* Los miembros de un equipo multidisciplinario deben compartir un *marco epistémico*, es decir, una cosmovisión y “una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad” (García, 2006, p. 35).

*Octavo postulado.* En términos teóricos los sistemas complejos se caracterizan por un *principio de estratificación* y un *principio de evolución*. Por un lado, los componentes de un sistema complejo se encuentran estructurados en niveles de organización semiautónomos, pero interactuantes entre sí (García, 2000, pp. 74-76). Cada nivel de organización puede comprender escalas de fenómenos y escalas temporales específicas, por ejemplo, el medio biofísico, el sistema productivo y la estructura socioeconómica de una región. Por otro lado, los sistemas complejos evolucionan de acuerdo con una pauta de cambio no lineal, es decir, pequeños cambios en una parte del sistema pueden amplificarse y afectar, en el largo plazo, al sistema en su conjunto. La dinámica no lineal implica que un sistema complejo no se desarrolla de modo continuo y progresivo ni por saltos o discontinuidades, sino por *reorganizaciones sucesivas* que involucran procesos de estructuración y desestructuración (García, 2000, pp. 76-78).

*Noveno postulado.* La investigación interdisciplinaria de sistemas complejos tiene una doble finalidad epistémica y política. Por un lado, se propone elaborar un *diagnóstico integrado* de un sistema complejo, lo que implica reconstruir la historia de los procesos de estructuración que condujeron a la organización actual del sistema (García, 2006, pp. 97-98). Por otro lado, se orienta a *estudios de propuestas alternativas* de carácter prospectivo que buscan evaluar estrategias que permitan actuar sobre el sistema para transformarlo, con la finalidad de que evolucione hacia una situación más deseable (García, 2006, pp. 102-103).

### 3. La crítica como trabajo de problematización

El concepto de *crítica* puesto en juego en este trabajo guarda relación con la filosofía kantiana y el pensamiento de Michel Foucault, para quien la obra de Kant ocupa un rol ineludible. En la filosofía de Kant, la crítica alude a un método cuyo objetivo es establecer los fundamentos y límites de la razón.<sup>1</sup> Doscientos años después de que Kant publicara el texto titulado *¿Qué es la*

<sup>1</sup> El proyecto filosófico de Kant puede interpretarse como el desarrollo de una filosofía crítica condensada, principalmente, en tres obras: *Crítica de la razón pura*, *Crítica de la razón práctica* y *Crítica del juicio*. La primera despliega una indagación trascendental sobre los límites del conocimiento humano y problematiza la relación entre las ciencias empíricas y la metafísica. La segunda aborda la filosofía moral y explora la posibilidad de una ética de carácter racional y universal. Finalmente, la tercera problematiza los fundamentos de los juicios estéticos y teleológicos. Para una introducción al concepto de crítica en la filosofía de Kant, véase Cortina (1982).

*Ilustración?*, Foucault regresa en 1984 sobre ese mismo interrogante<sup>2</sup> para encontrar en Kant al “primer filósofo que, como un arquero, dirige la flecha al corazón de un presente condensado en actualidad y, con ello, inaugura el discurso de la Modernidad” (Habermas, 1994, p. 100). Para Foucault, la Ilustración no es una época o un proyecto, sino más bien una actitud, un *ethos*, un modo de vida cuya característica decisiva consiste en “problematizar su propia actualidad” (Foucault, 1991, p. 199) bajo la forma de una *crítica permanente a lo que somos*, a nuestro modo de decir, de hacer y de pensar. El proyecto filosófico foucaultiano puede sintetizarse en la elaboración de una *ontología crítica de nosotros mismos*, es decir, una problematización acerca de cómo hemos llegado a ser lo que somos, cómo hemos llegado a pensar como pensamos, cómo hemos llegado a actuar del modo en que nos comportamos.

Para Foucault, “la crítica es el análisis de los límites y la reflexión sobre ellos” (Foucault, 1999b, p. 347). Así, la crítica de lo que pensamos, decimos y hacemos asume la forma de una práctica que comprende “a la vez un análisis de los límites que se nos han establecido y un examen de su franqueamiento posible” (Foucault, 1999b, p. 351). Sin pretender agotar en absoluto la complejidad del pensamiento foucaultiano, cabe destacar un concepto clave que brinda inteligibilidad al proyecto crítico: la noción de *problematización*.<sup>3</sup> ¿Qué es problematizar? Según Foucault, “no quiere decir representación de un objeto preexistente, así como tampoco creación mediante el discurso de un objeto que no existe” (Foucault, 1999a, p. 1007). La problematización es el resultado de una práctica histórica a través de la cual algo “se constituye como objeto para el pensamiento” (Foucault, 1999a, p. 1007). El proceso de problematización es el análisis de las condiciones acerca de “cómo y por qué ciertas cosas (una conducta, un fenómeno, un proceso) se convierten en un *problema*” (Foucault, 1988, p. 17, énfasis en el original). El punto crucial para Foucault consiste en que *la problematización* involucra un *trabajo del*

<sup>2</sup> El texto de Kant fue publicado en 1784 bajo el título “Was ist Aufklärung?”, en *Berlinische Monatsschrift*, IV, núm. 6, diciembre de 1784, pp. 481-491. Hay traducción castellana, véase Kant (1964). Hay dos textos distintos de Foucault publicados con el título “¿Qué es la Ilustración?”. Uno corresponde a un extracto del curso celebrado en el Collège de France en 1983 e incluido en la compilación titulada *Saber y verdad* (Foucault, 1991). El otro fue publicado en la compilación *The Foucault reader* coordinada por Paul Rabinow y publicada en Nueva York por Pantheon Books en 1984, pp. 35-50, e incorporada en español a la compilación *Dichos y escritos* (Foucault, 1999b).

<sup>3</sup> En una entrevista de mayo de 1984, casi un mes antes de su muerte, Foucault afirma: “La noción que sirve de forma común a los estudios que he emprendido tras la *Historia de la locura* es la de la *problematización*, pese a que aún no había aislado suficientemente esta noción” (Foucault, 1999a, p. 1006, énfasis en el original).

*pensamiento* a través del cual éste elabora las condiciones por las cuales una experiencia, un dominio de prácticas o un campo de saber, se constituye como problema y objeto de la reflexión crítica.

En estas coordenadas, la propuesta de una crítica sistemática a la TSC puede interpretarse como el inicio de un trabajo de problematización cuya finalidad estratégica consiste en pensar los límites teóricos y prácticos, conceptuales y metodológicos, epistémicos y políticos de la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos propuesta por Rolando García. Así entendida, la crítica como trabajo de problematización conduce a elaborar lo que Óscar Nudler (2002, 2004, 2009) denomina *espacios controversiales*. Mientras que una controversia es un objeto en torno al cual se genera un disenso o desacuerdo que suscita una argumentación y contraposición racional, un espacio controversial es una red de controversias interrelacionadas. Por lo tanto, la crítica no equivale a la polémica, a la denuncia, a la objeción ni al conflicto, por el contrario, convoca a la problematización como trabajo del pensamiento de carácter controversial y dialéctico.<sup>4</sup>

Con todo, la práctica crítica que aquí se propone consiste en problematizar la TSC para constituirla como un espacio controversial o red de controversias. Es través de un proceso controversial o dialéctico como la crítica puede desarrollarse constructivamente para visualizar alternativas posibles y explorar el franqueamiento de los límites problematizados.

#### 4. Crítica programática a la TSC

##### 4.1. Primera crítica: ambigüedad del concepto de modelo

La palabra *modelo* aparece mencionada unas cincuenta veces en la obra *Sistemas complejos* (García, 2006); sin embargo, el término nunca es precisado o conceptualizado, ni siquiera caracterizado someramente. En tal sentido, puede plantearse que hay un uso implícito y poco sistemático de la noción de modelo. Esto no representaría un problema en sí mismo si no fuera porque el concepto parece tener un rol central en la arquitectura teórico-metodológica

<sup>4</sup> La palabra *dialéctica* es empleada aquí en su etimología griega proveniente del verbo *dialégomai* (dialogar) y significa el arte del diálogo y la discusión. Específicamente, “la dialéctica era la parte de la retórica ligada al *logos*, al desarrollo de la argumentación misma” (Nudler, 2009, p. 25). Por tanto, la dialéctica implica un proceso discursivo de diálogo y contraposición argumental. Por esta razón, el *modelo de espacios controversiales* desarrollado por Óscar Nudler establece una relación recursiva entre las controversias y la dialéctica. En tal sentido, los espacios controversiales constituyen un modelo para problematizar el desarrollo del pensamiento y el conocimiento como proceso dialéctico.



que propone la TSC. Un análisis del contexto argumentativo en donde se emplea permite hipotetizar que la noción de modelo se emplea en dos sentidos opuestos, por un lado, para precisar características específicas de la TSC, y por el otro, para aludir a una crítica a ciertos tipos de modelos.

En primer lugar, el proceso de investigación interdisciplinaria de un sistema complejo puede ser caracterizado como la elaboración de “sucesivas modelizaciones hasta llegar a un modelo aceptable, entendiendo por tal un modelo que permite formular explicaciones causales de los fenómenos que son objeto de estudio” (García, 2006, p. 84). Asimismo, desde un enfoque epistemológico constructivista, la TSC sostiene que un sistema complejo no es un dato o entidad de la realidad, sino una construcción realizada por el investigador. Para García, la construcción de un sistema complejo “no es otra cosa que la construcción de sucesivos modelos que representen la realidad que se quiere estudiar” (García, 2006, p. 98). Por esta vía, la TSC incurre en una ambigüedad semántica en la que el concepto de modelo remite simultáneamente a una representación simplificada de la realidad y a un sinónimo del sistema complejo construido. Más allá de este hecho, el punto crucial es que la TSC no especifica en qué consisten los sucesivos modelos de un sistema complejo ni cómo se construyen. Tampoco aborda qué técnicas de modelización podrían ser empleadas ni qué lenguajes y soportes podrían utilizarse para el trabajo de modelización.

En segundo lugar, el término *modelo* es empleado por García para señalar las limitaciones de los modelos formales y matemáticos. Este matiz semántico es utilizado, en general, para dirigir una crítica a las ciencias de la complejidad que, a juicio de García, hacen aparecer “como no científico todo estudio de procesos no ‘modelables’ a través de un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales (o de otras modelizaciones más sofisticadas)” (García, 2006, p. 75). Esta noción de modelo parece desempeñar un papel crítico en la TSC para alertar sobre los límites de la formalización, ya que “los grandes temas sociales, económicos y políticos no son matematizables” (García, 2000, p. 67).

La ambigüedad de la noción de modelo que subyace a la TSC, derivada de este doble sentido asignado al término, puede inscribirse en una controversia más amplia sobre el concepto. En efecto, el concepto de modelo tiene distintas acepciones en el contexto de las ciencias formales y las ciencias empíricas. Mientras para las primeras un modelo es la ejemplificación concreta de un sistema formal, para las segundas es una representación —formalizada o no— de un sistema de referencia u objeto de estudio.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Para un desarrollo analítico y documentado de esta controversia, véase el trabajo sobre

Una estrategia posible para desarrollar constructivamente esta controversia podría consistir en problematizar la complejidad de la noción de modelo, por ejemplo, a partir de la conceptualización de Minsky: “Para un observador B, un objeto A\* es un modelo de un objeto A en la medida en que B puede usar A\* para responder preguntas que le interesan sobre A” (Minsky, 1965). Por esta vía, podrían distinguirse una pluralidad de modelos de distinto tipo de generalidad, lenguaje y soporte, por ejemplo, modelos explícitos y modelos implícitos, modelos formales y modelos expresados en lenguaje natural, modelos discursivos y modelos físicos, modelos conceptuales y modelos teóricos, modelos cualitativos o hermenéuticos, modelos cuantitativos o estadísticos y modelos computacionales o de simulación, entre otros.

Si bien no resulta factible profundizar aquí en una teoría de la modelización, cabe sugerir que la TSC podría reinterpretarse metodológicamente a la luz del concepto de modelo. En tal sentido, se plantea como hipótesis que la metodología de investigación interdisciplinaria de sistemas complejos es un proceso de modelización en el que interviene la construcción de distintos tipos de modelos. A título indicativo puede sugerirse: la puesta en juego de los *modelos mentales* implícitos de los distintos miembros de un equipo multidisciplinario, la construcción conjunta de *modelos discursivos* del problema estudiado, la elaboración de *modelos conceptuales* de distintos niveles de abstracción y precisión, la utilización de distintos tipos de datos empíricos para la construcción de *modelos cualitativos o cuantitativos* y, eventualmente, la formalización de modelos conceptuales para construir *modelos matemáticos* y *modelos de simulación*, según lo requiera el problema estudiado. En efecto, no toda investigación interdisciplinaria en sistemas complejos pone en juego toda esta gama de modelos. No obstante, una línea de trabajo para el desarrollo estratégico de la TSC y su fortalecimiento metodológico consistiría en explicitar el proceso interdisciplinario de modelizaciones sucesivas.

#### 4.2. Segunda crítica: ambigüedad del concepto de problema y sistema complejo

La TSC presenta dos debilidades conceptuales centrales en su arquitectura teórico-metodológica: por un lado, la escasa reflexión y fundamentación del concepto de problema y, asociado a esto, un uso ambiguo del término *sistema complejo*. García parece ser consciente de esta dificultad cuando declara

---

*La noción de modelo en ciencias sociales*, de Armatte (2006). Una problematización sintética de esta cuestión se encuentra en Varsavsky *et al.* (1971).

“la expresión ‘sistema complejo’ es ambigua en más de un sentido [...] No se refiere a alguna entidad que esté dada en la realidad [...] Se trata, por el contrario, de un modelo teórico construido con datos empíricos” (García, 2006, p. 86).

La ausencia de un tratamiento sistemático del concepto de “problema”, a veces empleado por García de modo intercambiable con el de “problemática”, resulta particularmente cuestionable por cuanto la TSC tiene la pretensión de brindar un enfoque teórico y una “metodología práctica de investigación para el estudio de *problemas* que involucren a la sociedad” (García, 2006, p. 86 énfasis agregado). Más aún, puede afirmarse que la más alta pretensión epistémica y política del enfoque constructivista de los sistemas complejos desarrollado por García se orienta a diagnosticar e intervenir sobre “*problemáticas complejas*, [caracterizadas] por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, a la cual hemos denominado *sistema complejo*” (García, 1994, énfasis agregado).

Al respecto cabe preguntarse: ¿cuál es la diferencia entre un problema y una problemática?, ¿qué relación teórica puede establecerse entre el concepto de “problemáticas complejas” y “sistemas complejos”? La TSC no brinda un tratamiento explícito a estas cuestiones. No obstante, puede inferirse que la expresión *sistema complejo* opera como concepto bifronte; por un lado, remite a problemáticas concretas que buscan ser conocidas y transformadas y, por otro, alude a la construcción de un modelo teórico explicativo del fenómeno estudiado. Este tratamiento de la TSC resulta insatisfactorio y compromete el rigor y la precisión conceptual de la propia teoría.

Una estrategia posible para abordar constructivamente esta crítica consistiría en proponer y desarrollar el concepto de *problemas complejos* como categoría clave para redefinir la TSC en tanto programa de investigación interdisciplinario. Tal concepto resulta, en principio, novedoso por cuanto la amplia literatura teórica, científica y filosófica en torno a la cuestión de la complejidad, se ha ocupado de nociones como pensamiento complejo, sistemas complejos, ciencias de la complejidad, redes complejas, estructuras complejas; sin embargo, no se registra un esfuerzo análogo orientado a pensar y desarrollar la categoría de *problemas complejos*.

A partir del concepto de *entrelazamiento* (*entanglement*) sugerido por el filósofo Hilary Putnam (2004), puede plantearse la siguiente conjetura teórica como caracterización preliminar del concepto: *un problema complejo remite a la constitución de una experiencia problematizada en la cual se encuentran entrelazados aspectos epistémicos, éticos y prácticos*. En términos *epistémicos*, un problema complejo presenta una dificultad de comprensión porque

involucra a diversos actores, distintos procesos interrelacionados y múltiples escalas temporales (corta, media, larga duración), dinámicas y niveles de organización (micro, meso, macro). En términos éticos, un problema complejo remite a una experiencia problematizada que se evalúa como no deseable en virtud de ciertos juicios de valor, por lo tanto, no se trata de un concepto axiológicamente neutral. En congruencia con los principios constructivistas de la TSC, puede afirmarse que un problema no es un dato de la realidad. Contrariamente, un problema es una experiencia que se ha vuelto problemática para alguien y, por lo tanto, debe ser pensada como el resultado de un proceso de problematización en el que se ponen en juego distintos tipos de saberes, relaciones de poder y marcos normativos. Finalmente, en términos *prácticos*, un problema complejo es una situación que nos interpela como sujetos de conocimiento y acción. En efecto, se pretende no sólo *conocer* un problema complejo, sino también *actuar* con la meta de *construir futuros alternativos*. Desde un punto de vista constructivo, la noción de problema complejo conjuga un doble imperativo práctico: investigar para conocer e investigar para actuar y transformar.

Evidentemente, un desarrollo teórico sistemático del concepto *problema complejo* —el cual sólo ha sido caracterizado tentativamente— podría contribuir a robustecer la TSC y a establecer una diferencia en relación con la categoría de *sistema complejo*. Al respecto se sugiere que un *problema complejo* puede ser descrito a través de múltiples *modelos interdisciplinarios de sistemas complejos*. Dicho de otro modo, un sistema complejo es un modelo (o, en términos más precisos, un conjunto de modelos) de un problema complejo, pero, dado un mismo problema, distintas modelizaciones son igualmente posibles. Para concluir, se sugiere precisar el rigor de la TSC a través de la elaboración de la tríada conceptual *problemas complejos-modelos-sistemas complejos*. Por esta vía, el enfoque constructivista de sistemas complejos podría desarrollarse como un programa de modelización interdisciplinaria de problemas complejos.

#### *4.3. Tercera crítica: descuido de la dimensión comunicacional de la investigación interdisciplinaria*

Una de las mayores debilidades metodológicas de la TSC consiste en que no explicita la *dimensión comunicacional de la investigación interdisciplinaria*. Se propone este concepto para dar cuenta del proceso a través del cual los especialistas de distintas disciplinas, con diversos marcos axiológicos, teóricos y metodológicos, logran comunicarse y comprenderse con la finalidad

de alcanzar tres cuestiones que la propia teoría plantea como cruciales: *i*) la construcción de un marco epistémico común, esto es, una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad; *ii*) la elaboración de una definición compartida del problema de investigación; y *iii*) la construcción de un modelo conceptual común del sistema complejo en estudio.

Esta crítica afirma que la metodología de la TSC no explicita cómo los especialistas pueden lograr tales “construcciones compartidas” en un proceso interdisciplinario, simplemente se limita a señalar que son necesarias. Esta debilidad no es una cuestión tangencial para la TSC. Por el contrario, constituye un problema mayor que compromete la satisfacción de los requisitos de una metodología interdisciplinaria. El esclarecimiento metodológico de la dimensión comunicacional de la investigación interdisciplinaria resulta, en definitiva, crucial para incrementar la factibilidad práctica de la TSC.

La dimensión comunicacional de la interdisciplina constituye un problema de enorme complejidad, cuyo tratamiento requeriría de investigaciones sistemáticas tanto en el plano teórico como empírico. En el primer caso, cabría considerar aportes de múltiples dominios, como la pragmática comunicativa de Habermas, la lógica natural de Grize, la psicología y sociología organizacional, el enfoque de la cognición distribuida, entre otros. En el segundo caso, podrían conducirse investigaciones empíricas concretas para estudiar las pautas de diálogo y comunicación entre los miembros de un equipo interdisciplinario orientado al estudio de problemáticas complejas concretas.<sup>6</sup>

Asimismo, una vía concreta para abordar constructivamente esta limitación metodológica de la TSC consistiría en explorar la utilidad del lenguaje unificado de modelado (UML) como herramienta para el trabajo interdisciplinario y la modelización de sistemas complejos. El lenguaje UML es una herramienta para la representación gráfica de sistemas, desarrollado originalmente en el campo de la ingeniería de *software* (Booch, Rumbaugh & Jacobson, 2006). Este lenguaje consiste en un conjunto de símbolos que permiten crear diagramas estáticos (modelos estructurales de un sistema complejo) y diagramas dinámicos (modelos de comportamiento, evolución o cambio de un sistema). El interés metodológico de UML radica en que su notación gráfica es fácilmente comprensible por investigadores de distintas disciplinas. Por lo tanto, puede conjeturarse que el UML constituye una herramienta para el trabajo interdisciplinario en tanto facilita y organiza el

<sup>6</sup> Esta línea de trabajo está siendo desarrollada actualmente en Argentina por el proyecto “Investigación interdisciplinaria, problemas complejos del desarrollo y construcción de conocimiento innovador”, en cuyo marco ha sido elaborado este artículo.

diálogo entre especialistas de distintas disciplinas y coadyuva la construcción colaborativa de un modelo conceptual común de un sistema complejo.

Si bien UML no ha sido articulado con la TSC, se documentan antecedentes de su empleo en una multiplicidad de dominios que resultan de interés para el desarrollo de una metodología interdisciplinaria de sistemas complejos, entre los que se destacan: *i)* la modelización y simulación en ciencias sociales y humanas (Ferber, 2006; Müller & Bommel, 2007), sobre todo en el campo de la simulación social basada en agentes y las sociedades artificiales (Bersini, 2012); *ii)* el modelado de sistemas socioagroambientales y socioecológicos (Sibertin-Blanc, Théron, Montiel & Mazzega, 2011; Théron *et al.*, 2014); y, finalmente, *iii)* en el campo de la modelización participativa (Étienne, 2010), UML ha sido empleado para la construcción de ontologías que permiten representar los múltiples puntos de vista de actores involucrados en una problemática (Müller & Aubert, 2009).

#### *4.4. Cuarta crítica: problematización de la operatividad metodológica y técnica de la TSC*

La TSC presenta un particular vacío metodológico por cuanto no especifica cómo articular la metodología interdisciplinaria con métodos de investigación de otras ciencias y disciplinas, como la investigación cualitativa, la estadística o la simulación computacional. Reviste especial interés interrogarse sobre la complementariedad entre la metodología interdisciplinaria y los métodos cualitativos y cuantitativos y, más específicamente, con las técnicas de investigación en ciencias sociales. Esta problematización puede sintetizarse en la pregunta ¿qué métodos y técnicas pueden emplearse para la modelización interdisciplinaria de un sistema complejo en los términos de la TSC?

Este interrogante no tiene una respuesta en el corpus de la obra de García, pero es necesario decir que todo desarrollo teórico de envergadura, como el enfoque constructivista de los sistemas complejos, se sitúa en cierto grado de abstracción y elaboración. En este sentido, la cuestión de la operatividad metodológica y técnica de la TSC se ubica en un plano de reflexión que excede el ámbito específico en el que fue desarrollada la teoría. Ahora bien, toda teoría científica es necesariamente una construcción abierta e inacabada, es decir, incompleta. Esto plantea la necesidad de realizar un esfuerzo análogo al que García acometió respecto de la epistemología piagetiana para “extenderla en áreas que quedaron necesariamente inconclusas” (García, 2000, p. 11).

La cuestión de la operatividad metodológica y técnica de la TSC constituye, por lo tanto, un tema abierto y una línea de trabajo concreta para el desarrollo de la teoría. Asimismo, cabe observar que métodos y técnicas convocados en una investigación interdisciplinaria dependerán necesariamente del problema que se estudie, de las disciplinas implicadas y del tipo de evidencia empírica requerida para su tratamiento. Sin embargo, esta observación no salda en absoluto la cuestión problematizada.

Una vía posible para abordar esta controversia metodológica sobre la interdisciplina y los sistemas complejos consistiría en plantearse seriamente la pregunta ¿qué es un método y qué tipo de método es la metodología interdisciplinaria en la que se sustenta la TSC? Sin pretender agotar este asunto, pueden distinguirse preliminarmente tres conceptos de método: la idea de método de pensamiento, de método de trabajo y de método de investigación. La primera noción apunta a un arte de la interrogación y de la concepción de problemas; la segunda concierne a un modo de organizar una actividad práctica; y la tercera —que es, asimismo, la más habitual en ciencias— se enfoca en las estrategias y técnicas empleadas para construir y analizar evidencia empírica. En este último sentido, pueden citarse tres grandes familias de métodos: *i*) cualitativos, interpretativos y hermenéuticos; *ii*) cuantitativos y estadísticos de base matemática, y *iii*) de simulación computacional.

Esta sucinta reflexión permite conjeturar que la metodología interdisciplinaria de sistemas complejos es, ante todo, un método de trabajo, es decir, un modo de organizar un proceso de investigación colectivo. Por lo tanto, se abren dos líneas de trabajo posibles que conciernen a la relación de la metodología de trabajo interdisciplinaria con los métodos de pensamiento y con los métodos de investigación. Respecto a los enfoques de la complejidad, la primera cuestión conduciría a explorar la relación entre el método del pensamiento complejo desarrollado por Edgar Morin y la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, considerando, sobre todo la crítica dirigida por García al filósofo francés (García, 2006, pp. 19-21). Por otro lado, la segunda cuestión requeriría profundizar la relación entre el enfoque constructivista de los sistemas complejos y las ciencias de la complejidad, respecto de las cuales García se muestra escéptico (García, 2000, pp. 66-67, 2006, p. 75). En esta última cuestión, un interrogante se impone: ¿cuáles son las posibilidades y límites de emplear las herramientas de modelado y simulación computacional de las ciencias de la complejidad para la modelización interdisciplinaria de un sistema complejo en los términos que propone la TSC?

#### 4.5. *Quinta crítica: problematización del marco epistémico*

Uno de los requisitos más exigentes de la TSC consiste en afirmar que los miembros de un equipo multidisciplinario deben compartir un marco epistémico. Este concepto fue desarrollado originalmente por Piaget y García (2008) en la obra *Psicogénesis e historia de la ciencia* como una categoría epistemológica para el análisis de la construcción del conocimiento en la historia de la ciencia. En la obra *Sistemas complejos*, García opera una redefinición metodológica del concepto al sostener que un marco epistémico común es condición de posibilidad para una investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, de modo tal que “sin ello no es posible lograr un estudio sistémico que conduzca a un diagnóstico integrado y a una formulación compartida de políticas alternativas” (García, 2006, pp. 105-106). La importancia metodológica del marco epistémico radica en que “fija *normas*, basadas en *sistemas de valores* que orientan el tipo de preguntas” (García, 2006, p. 106). Por lo tanto, el marco epistémico asigna un rol metodológico a los valores ético-políticos en la concepción y diseño de una investigación. Por esta vía, la TSC se afirma como un enfoque teórico-metodológico axiomáticamente no neutral.

Ahora bien, cabe señalar dos cuestiones problemáticas que no se encuentran saldadas en la obra de Piaget y García. Por un lado, ¿cómo investigar empíricamente un marco epistémico?, y, por el otro, ¿cómo pueden los miembros de un equipo de investigación explicitar y construir en conjunto un marco epistémico común? El primer interrogante es relevante si se pretende realizar una investigación epistemológica de carácter empírico sobre la gravitación del marco epistémico en la construcción del conocimiento de una ciencia o disciplina particular. La segunda cuestión es metodológicamente crucial para la factibilidad práctica de la TSC.

Una vía para abordar el primer problema requeriría desarrollar una operacionalización metodológica del concepto de *marco epistémico*. Una estrategia ha sido propuesta en esta línea a través de la conceptualización del marco epistémico como un sistema de creencias científicas y del desarrollo de una metodología cualitativa y psicométrica para su investigación empírica (Rodríguez Zoya, 2013; Rodríguez Zoya & Roggero, 2013).

El segundo problema relativo a la explicitación de un marco epistémico compartido entraña un desafío práctico y teórico mayúsculo que no es adecuadamente tratado por la TSC. Si el marco epistémico, tal como lo caracterizan Piaget y García, constituye una cosmovisión o sistema de pensamiento tácito que modula un modo natural de percibir y organizar la realidad, entonces habrá que aceptar que un marco epistémico no es una elección deliberada y cons-



ciente. En efecto, no elegimos el marco epistémico con el cual pensar, sino que pensamos en virtud de un marco epistémico construido social, cultural e históricamente. Por lo tanto, no resulta factible sostener que cada miembro del equipo de investigación puede explicitar verbalmente su propio marco epistémico. Tal aseveración supondría un sujeto transparente para sí mismo que, como el *cogito* cartesiano, puede tener acceso a sus estados inmediatos de conciencia. La crítica filosófica a la metafísica de la sustancia, el psicoanálisis, la crítica a las ideologías como discurso del inconsciente, la psicología y las ciencias cognitivas constituyen un plexo teórico que hace saltar a la palestra la inaccesibilidad de la conciencia a las capas profundas de los procesos mentales y los sistemas de creencia. Por lo tanto, resulta crucial explicitar los enormes obstáculos psicológicos y cognitivos que supone para un individuo o un grupo autoobservar y explicitar su propia cosmovisión, su marco normativo, su sistema de creencias, en una palabra, su marco epistémico.

Este examen crítico del marco epistémico implica, en el plano de la práctica interdisciplinaria que propone la TSC, interrogarse acerca de cómo un grupo (el equipo de investigación) puede pensar su propio pensamiento y problematizarlo. El problema del pensar sobre el pensar, implícito en el concepto de marco epistémico, tiene estrecha relación con tres preocupaciones centrales en la obra de Edgar Morin: la reflexividad, la metacognición y el conocimiento de segundo orden (Morin, 1986). El pensamiento complejo puede caracterizarse como una estrategia metacognitiva que procura la reintroducción reflexiva y autocrítica del sujeto en el conocimiento que produce (Morin, 1984). Esta estrategia requiere la construcción de un metapunto de vista que permita a los sistemas observadores observarse a sí mismos para desarrollar una observación de segundo orden: el pensamiento del pensamiento, el conocimiento del conocimiento. Puede conjeturarse, pues, que a pesar de la crítica que García le dirige a Morin, el pensamiento complejo contiene elementos epistémicos para robustecer la TSC y superar una de sus principales limitaciones. Ciertamente, un tratamiento exhaustivo de esta cuestión excede con creces los límites de este trabajo, pero la controversia sobre el marco epistémico merece ser destacada como el problema metodológico mayor de la TSC y, posiblemente, inherente a toda metodología científica.

#### 4.6. Sexta crítica: el déficit democrático de la TSC

La TSC concibe el proceso de investigación interdisciplinaria de un sistema complejo en dos fases: primero, se trata de elaborar un *diagnóstico integrado* del funcionamiento del sistema; segundo, se busca diseñar una *estrategia o*

*programa de acción* para transformar el sistema. Para la primera fase resulta crucial la definición de una *pregunta conductora* que permita construir el sistema, mientras que la segunda implica definir un *estado futuro del sistema* hacia el cual se desea orientar su evolución. Según García, el marco epistémico incide en el tipo de preguntas y objetivos que se formulan; asimismo, puede inferirse que condiciona los modelos de futuro deseable que buscan ser alcanzados mediante la acción sobre el sistema. Por lo tanto, ni la elaboración de la pregunta conductora ni la construcción de un modelo de futuro son axiológicamente neutrales, puesto que allí se pone en juego la cosmovisión y sistema de valores que constituyen el marco epistémico.

Ahora bien, cabe interrogarse: ¿quiénes deciden *la pregunta conductora* y *el estado futuro del sistema*? y, más específicamente, ¿para quién es deseable un modelo de futuro que define el estado del sistema que busca ser alcanzado? Estas preguntas no son abordadas directamente por García, pero el desarrollo de la TSC parecería sugerir que son los propios investigadores quienes toman tales decisiones y, eventualmente, los planificadores, decisores y hacedores de políticas de los organismos involucrados.

Si esta interpretación de la TSC es plausible, entonces cabe destacar un déficit democrático del enfoque constructivista de los sistemas complejos, por cuanto los actores sociales que forman parte de las problemáticas estudiadas no son incorporados explícitamente a la construcción metodológica de la investigación interdisciplinaria en sistemas complejos. En la medida en que son los científicos y los planificadores los únicos que deciden la construcción de la pregunta conductora y la definición de los modelos de futuro, puede señalarse un sesgo tecnocrático de la TSC.

Una estrategia posible para desarrollar constructivamente esta crítica consistiría en articular la TSC con las metodologías de modelización participativa que se proponen “trabajar científicamente *con y por* los actores” implicados en una problemática (Ferrand, 2006, p. 221). Así, puede proponerse un principio ético-político de la modelización de sistemas complejos no contemplado originalmente por la TSC: si el estudio de un sistema complejo pretende emplearse para la acción y la toma de decisiones que afecta la vida de un conjunto de actores, los puntos de vista de los actores implicados en la situación problemática deben ser tenidos en cuenta para la elaboración de la pregunta conductora y la construcción de los modelos de futuro.

#### 4.7. Séptima crítica: el desafío pedagógico de la TSC

La factibilidad práctica de la TSC como enfoque teórico y metodológico para conducir investigaciones empíricas sobre problemáticas complejas concretas supone científicos competentes, aptos para el trabajo interdisciplinario. En efecto, la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos no puede prescindir de los conocimientos especializados ni de los especialistas (García, 2006). Esta cuestión conduce a conectar la TSC con el sistema educativo y permite interrogarse acerca de dos cuestiones: *i)* en qué medida el sistema educativo superior de un determinado país favorece u obstaculiza una práctica interdisciplinaria de la ciencia, y *ii)* “cómo formar profesionales e investigadores capaces de abordar el estudio interdisciplinario de sistemas complejos” (García, 2006, p. 109).

Si bien esta cuestión podría considerarse como un problema extrínseco a la TSC, en realidad es determinante para el desarrollo práctico de la teoría. Esta problemática abre, pues, un campo de trabajo fecundo entre las ciencias de la educación, la psicología del aprendizaje, la metodología interdisciplinaria y los sistemas complejos.<sup>7</sup> Un trabajo sistemático en este campo podría orientarse por la siguiente pregunta: ¿qué tipo de valores, actitudes, conocimientos y competencias requiere una práctica metodológica interdisciplinaria? y, asociado a esto, ¿cuáles son las estrategias pedagógicas más adecuadas para la formación interdisciplinaria de especialistas disciplinarios?

Como hipótesis de trabajo en esta línea, puede sugerirse que la formación interdisciplinaria estaría menos ligada a la transmisión de conocimientos acerca de qué es la interdisciplina, los sistemas complejos y sus fundamentos epistemológicos, y mucho más conectada con la construcción práctica de experiencias interdisciplinarias en cuyo seno los investigadores puedan adquirir valores que estimulen actitudes que faciliten el trabajo colectivo colaborativo. El objetivo estratégico de una formación interdisciplinaria consistiría en enseñar a aprender a dialogar, comunicarse y comprenderse con quienes hablan lenguajes diferentes (los especialistas de otras ciencias y los actores sociales involucrados en las problemáticas) para poder pensar y actuar juntos la complejidad de un problema. En suma, puede conjeturarse que el desafío educativo de una práctica interdisciplinaria está más vinculado a la construcción de un *ethos* de investigación, es decir, un modo de pensar y hacer ciencia, que al desarrollo de un contenido programático o un corpus teórico de conocimientos.

<sup>7</sup> Cabe destacar los trabajos pioneros de Leo Apostel sobre educación superior, interdisciplinaria y ciencias sociales (Apostel *et al.*, 1983; Apostel, Berger & Michaud, 1975).

El desafío educativo de la interdisciplina involucra múltiples niveles: la formación de docentes, las prácticas de investigación, el diseño de los planes de estudio y el currículum, las políticas educativas, la organización institucional de la ciencia y la universidad. Con todo, el problema de la pedagogía de la interdisciplina constituye un tópico ineludible en toda discusión sustantiva sobre la reforma de la educación y de la universidad, puesto que el desafío principal no consiste en “aprender más cosas, sino en pensar de otra manera [...] es decir, reformular la concepción de la práctica de la ciencia” (García, 2006, p. 90).

#### 4.8. Octava crítica: la factibilidad político-organizacional de la TSC

El problema de la factibilidad organizacional de la TSC puede resumirse en esta pregunta: ¿en qué medida la cultura organizacional y las reglas institucionales de los sistemas de ciencia y tecnología de los diversos países estimulan u obstaculizan el desarrollo de prácticas científicas interdisciplinarias? Esta problemática, al igual que la cuestión educativo-pedagógica, podría considerarse un problema externo a la TSC; sin embargo, constituye una condición de posibilidad para el desarrollo práctico de programas de investigación interdisciplinarios en sistemas complejos.

Las políticas de evaluación en ciencia y tecnología están, generalmente, regidas por criterios cuantitativos, básicamente la cantidad de *papers* producidos por un científico. Esta tendencia de la ciencia contemporánea se sintetiza en el conocido *dictum* “*publish or perish*” (publicar o perecer). La evaluación de la calidad es más difícil de medir y, habitualmente, se realiza de modo indirecto, en función del índice de impacto de la revista donde un trabajo es publicado.

Es posible conjeturar que las reglas e incentivos de los sistemas de ciencia y tecnología tienden a promover una práctica científicista de la ciencia. Esto implica, por un lado, una forma de construir conocimiento desvinculado de los problemas reales de la sociedad y, por el otro, científicos adaptados al sistema que privilegia su permanencia y ascenso en la carrera por sobre la dimensión social y política de sus prácticas (Varsavsky, 1969; Wallerstein, 2005). De este modo, se tiende a investigar temas que garanticen publicaciones continuas y rápidas. Si esta hipótesis es plausible, entonces, puede conjeturarse también que este contexto normativo, cultural e institucional no favorece la investigación interdisciplinaria de problemas complejos concretos, por cuanto este tipo de estudios es arduo, lento, costoso y enfrenta múltiples obstáculos, teóricos y prácticos, metodológicos y financieros, institucionales y políticos.

Abrir la TSC a la problemática político-institucional de la interdisciplina podría dar lugar a una línea de trabajo en el campo de estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad que abordara la cuestión de *cómo promover y cómo evaluar la investigación interdisciplinaria*. El primer interrogante conduciría a problematizar las características organizativas que deberían tener las instituciones de ciencia y tecnología para favorecer las relaciones interdisciplinarias entre las ciencias y estimular prácticas de trabajo interdisciplinario. El segundo, implicaría diseñar mecanismos y procedimientos de evaluación de la calidad del trabajo interdisciplinario, trascendiendo el mero criterio de la contabilización de *papers*.

#### 4.9. Novena crítica: la política de los sistemas complejos

Si se pretende redefinir la TSC como un programa de investigación interdisciplinario en sistemas complejos con alcances sociales concretos, resulta ineludible problematizar la relación ciencia y política en tres niveles: *i*) la política científica, es decir, uno de los mecanismos concretos a través de los cuales la sociedad condiciona el tipo de ciencia que en ella se desarrolla (Herrera, 1972; Sábado, 2011; Varsavsky, 1972); *ii*) las políticas públicas, uno de los mecanismos a través de los cuales la ciencia influye en la sociedad; *iii*) el rol de los valores éticos y políticos en las instancias internas de la ciencia, es decir, en el proceso de construcción de conocimiento científico.

Este último punto puede ser tematizado desde el marco teórico de la TSC a través del concepto de marco epistémico que posibilita la incorporación reflexiva de la dimensión axiológico-valorativa en la construcción teórico-metodológica de una investigación. Los otros dos tópicos no son abordados explícitamente por la TSC e implicaría abrir la teoría a dos interrogantes cruciales. Por un lado, qué tipo de política científica sería necesaria para promover el desarrollo de programas de investigación interdisciplinaria de problemas complejos concretos. Por el otro, de qué modo la construcción de conocimiento interdisciplinario de sistemas complejos podría articularse virtuosamente con el diseño de políticas públicas orientadas a la gestión y transformación de problemas complejos. En suma, el diseño de una política científica interdisciplinaria y la elaboración de políticas públicas para la gestión de sistemas complejos constituyen dos retos mayores para el desarrollo estratégico de la TSC como un programa de investigación con alcances sociales y políticos.

## 5. Conclusiones: la TSC como espacio controversial

Este trabajo desarrolló una crítica a la teoría de los sistemas complejos de Rolando García, entendida como un trabajo de problematización de los límites conceptuales, metodológicos, prácticos y políticos de la teoría. Esta labor permite problematizar la TSC como un espacio controversial constituido por las nueve críticas elaboradas.

La principal limitación de este trabajo se sitúa en dos planos. Por un lado, la amplitud de las nuevas críticas planteadas ha limitado fuertemente la posibilidad de profundizar en las problematizaciones sugeridas. Por el otro, la reflexión crítica elaborada tiene un carácter esencialmente programático. Esto se evidencia, particularmente, en que no se brindan respuestas precisas a las críticas desarrolladas, simplemente se sugieren vías posibles para su tratamiento desde un punto de vista constructivo. Esta doble debilidad es, al mismo tiempo, la virtud del trabajo acometido, ya que constituye, a mi juicio, un esquema ordenador para orientar un programa de trabajo que pretende regenerar y expandir el pensamiento de Rolando García y su teoría de los sistemas complejos.

No cabe duda, hay una relación recursiva entre la ciencia y la sociedad, de modo que la ciencia influye, por múltiples vías, en la organización simbólica, práctica y material de la sociedad; y, concomitantemente, la sociedad condiciona el tipo de ciencia que en ella se desarrolla, determinando así sus propias posibilidades futuras. Pensar constructivamente el futuro de nuestra vida social requiere problematizar el estatuto político de la ciencia y estimular prácticas que coadyuven a resignificar los problemas complejos que afectan el buen vivir de nuestra existencia colectiva. El desarrollo de programas de investigación interdisciplinarios de problemas complejos constituye una estrategia posible para enfrentar estos desafíos.

Este trabajo concluye con una conjetura que sugiere, asimismo, una línea de trabajo. Si la TSC pretende ser desarrollada como programa de investigación interdisciplinario en sistemas complejos, debe atenderse la red de controversias problematizadas a partir de la crítica programática elaborada precedentemente. Abordar de modo sistemático y riguroso estas críticas es condición de posibilidad para el desarrollo estratégico de la TSC. La labor aquí emprendida conlleva un desafío y una invitación a trabajar colectivamente para incrementar la factibilidad de la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos y, así, apropiarnos creativamente del porvenir y construir nuestro futuro científico y político.

Recibido: 6 de septiembre de 2016

Aprobado: 29 de marzo de 2017

## Bibliografía

- Amozurrutia, J. A. (2012). *Complejidad y sistemas sociales. Un modelo adaptativo para la investigación interdisciplinaria*. México, D. F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Apostel, L., Benoist, J.-M., Bottomore, T., Dufrenne, M., Mommsen, W., Morin, E., Piattelli-Palmarini, M. & Smirnov, S. N. (1983). *Interdisciplinariedad y ciencias humanas*. Madrid, España: Tecnos.
- Apostel, L., Berger, G. & Michaud, G. (1975). *Interdisciplinariedad. Problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*. México, D. F., México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
- Armatte, M. (2006). La noción de modelo en las ciencias sociales. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 11, 33-70.
- Becerra, G. & Castorina, J. A. (2016). Una mirada social y política de la ciencia en la epistemología constructivista de Rolando García. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 27(52), 459-480.
- Bersini, H. (2012). UML for ABM. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 15(1), 1-15.
- Booch, G., Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (2006). *El lenguaje unificado de modelado*. Madrid, España: Pearson.
- Castañares Maddox, E. J. (2009). *Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso del Corredor Biológico Mesoamericano México*. México, D. F., México: Corredor Biológico Mesoamericano México.
- Cortina, A. (1982). El concepto de “crítica” en la filosofía trascendental de Kant. *Cuadernos Salmantinos de Filosofía*, 9, 5-22.
- Edmonds, B. & Meyer, R. (2013). *Simulating social complexity*. Berlín, Alemania: Springer.
- Étienne, M. (2010). *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*. Versailles, Francia: Quae.
- Farinola, M. (2014). La metodología de los sistemas complejos de Rolando García aplicada a la investigación en actividad física y salud. *Journal de Ciencias Sociales*, 2(3), 88-97.
- Ferber, J. (2006). Concepts et méthodologies multi-agents. En F. Amblard & D. Phan (Eds.), *Modélisation et simulation multi-agents* (pp. 23-48). Paris, Francia: Hermes-Lavoisier.
- Ferrand, N. (2006). Modéliser avec et pour les acteurs de terrain. En F. Amblard & D. Phan (Eds.), *Modélisation et simulation multi-agents* (pp. 219-239). Paris, Francia: Hermes-Lavoisier.
- Foucault, M. (1988). On problematization. *The History of the Present*, 4, 16-17.
- Foucault, M. (1991). ¿Qué es la ilustración? En J. Varela & F. Álvarez-Uría (Eds.), *Saber y verdad* (pp. 197-207). Madrid, España: La Piqueta.
- Foucault, M. (1999a). El cuidado de la verdad. En M. Foucault (Ed.), *Obras esenciales* (pp. 1005-1015). Barcelona, España: Paidós.

- Foucault, M. (1999b). ¿Qué es la Ilustración? En M. Foucault (Ed.), *Obras esenciales* (pp. 335-352). Barcelona, España: Paidós.
- García, R. (1981). *Drought and man. Nature pleads not guilty. Volume. 1*. Oxford, Reino Unido: Pergamon.
- García, R. (1994). Interdisciplinarietà y sistemas complejos. En E. Leff (Ed.), *Ciencias sociales y formación ambiental* (pp. 85-124). Barcelona, España: Gedisa y Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*. Barcelona, España: Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, España: Gedisa.
- García, R. & Escudero, J. (1982). *Drought and man. The constant catastrophe: malnutrition, famines and drought. Volume 2*. Nueva York, NY: Pergamon.
- García, R. & Spitz, P. (1986). *Drought and man. The roots of catastrophe. Volume 3*. Nueva York, NY: Pergamon.
- Habermas, J. (1994). *Ensayos políticos*. Barcelona, España: Península.
- Herrera, A. (1972). *Ciencia y política en América Latina*. Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI.
- Kant, I. (1964). ¿Qué es la Ilustración? En I. Kant, *Filosofía de la historia* (pp. 57-65). Buenos Aires, Argentina: Nova.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, España: Alianza.
- Leff, E. (1986). *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. México, D. F., México: Siglo XXI.
- Leff, E. (2003). *La complejidad ambiental*. México, D. F., México: Siglo XXI.
- Leff, E., Ezcurra, E., Pisanty, I. & Romero Lankao, P. (2002). *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. México, D. F., México: Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma Metropolitana y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Miller, J. H. & Page, S. E. (2007). *Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life*. Princeton, NJ: Princeton Studies in Complexity.
- Minsky, M. (1965). Matter, mind and models. *International Federation of Information Processing Congress*, 1, 45-49.
- Morin, E. (1984). *Ciencia con conciencia*. Barcelona, España: Anthropos Editorial del Hombre.
- Morin, E. (1986). *El método III. El conocimiento del conocimiento*. Madrid, España: Cátedra.
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona, España: Gedisa.
- Müller, J.-P. & Aubert, S. (2009). L'ontologie pour construire une représentation multi-niveau de et par les systèmes sociaux. 18èmes Journées de Rochebrune: Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels, Rochebrune, Francia, 19-23 de enero.
- Müller, J.-P. & Bommel, P. (2007). An introduction to UML for modeling in the human and social sciences. En D. Phan & F. Amblard (Eds.), *Agent-based modelling*



- and simulation in the social and human sciences* (pp. 273-294). Oxford, Reino Unido: Bardwell.
- Nudler, Ó. (2002). Campos controversiales y progreso en filosofía. *Manuscrito. Revista Internacional de Filosofía*, 25(2), 337-352.
- Nudler, Ó. (2004). Hacia un modelo de cambio conceptual: espacios controversiales y refocalización. *Revista de Filosofía*, 29(2), 7-19.
- Nudler, Ó. (2009). *Espacios controversiales. Hacia un modelo de cambio filosófico y científico*. Buenos Aires, Argentina: Miño y Dávila.
- Piaget, J. & García, R. (2008). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México D. F., México: Siglo XXI.
- Putnam, H. (2004). *El desplome de la dicotomía hecho-valor y otros ensayos*. Barcelona, España: Paidós.
- Rodríguez Zoya, L. (2011). *Exploraciones de la complejidad. Aproximación introductoria al pensamiento complejo y a la teoría de los sistemas complejos*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Rodríguez Zoya, L. (2013). *El modelo epistemológico del pensamiento complejo. Análisis crítico de la construcción de conocimiento en sistemas complejos*. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires y Universidad de Toulouse, Toulouse.
- Rodríguez Zoya, L. & Roggero, P. (2013). El modelo epistemológico del pensamiento complejo. Resultados de una investigación empírica y crítica en sistemas complejos y lineamientos para un programa de investigación en epistemología compleja. XXIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología, Santiago, Chile: 29 de septiembre-4 de octubre.
- Sábato, J. (2011). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia*. Buenos Aires, Argentina: Biblioteca Nacional.
- Sibertin-Blanc, C., Théron, O., Montiel, C. & Mazzega, P. (2011). *Formal modeling of social-ecological systems*. Montpellier, Francia: European Social Simulation Association.
- Simon, H. (1973). La arquitectura de la complejidad. En H. Simon (Ed.), *Las ciencias de lo artificial* (pp. 125-169). Barcelona, España: A.T.E.
- Théron, O., Sibertin-Blanc, C., Lardy, R., Gaudou, B., Balestrat, M., Hong, Y., Louail, T., Nguyen, V. B., Panzoli, D., Sánchez-Pérez, J. M., Sauvage, S., Taillandier, P., Vavasseur, M. & Mazzega, P. (2014). Integrated modelling of social-ecological systems: The MAELIA highresolution multi-agent platform to deal with water scarcity problems. 7th International Environmental Modelling and Software Society, San Diego, CA.
- Varsavsky, Ó. (1969). *Ciencia, política y cientificismo*. Buenos Aires, Argentina: Centro Editor de América Latina.
- Varsavsky, Ó. (1972). *Hacia una política científica nacional*. Buenos Aires, Argentina: Periferia.
- Varsavsky, Ó. (1975). *Marco histórico constructivo para estilos sociales, proyectos nacionales y sus estrategias*. Buenos Aires, Argentina: Centro Editor de América Latina.

- Varsavsky, Ó. (1982). *Obras escogidas*. Buenos Aires, Argentina: Centro Editor de América Latina.
- Varsavsky, Ó., Calcagno, A. E., Ibarra, J., Barbieri, J. de, Naon, E., Núñez del Prado, A., Sainz, P., La Fuente, M., Bianciotto, J., Leal, L., Marzulli, L., Leiva, D., Pérez, J., Yero, L., Domingo, C., Sábato, J., Cornblit, Ó., Di Tella, T. & Gallo, E. (1971). *América Latina. Modelos matemáticos*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Wallerstein, I. (2005). *Las incertidumbres del saber*. Barcelona, España: Gedisa.

### **Acerca del autor**

Leonardo G. Rodríguez Zoya es doctor en Sociología por la Universidad de Toulouse 1-Capitole, Francia, y doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina, Instituto de Investigaciones Gino Germani, Universidad de Buenos Aires (IIGG-UBA). Profesor de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Sus áreas de interés abarcan la investigación interdisciplinaria de problemas complejos del desarrollo, la modelización y simulación de sistemas complejos, el pensamiento complejo, la epistemología y metodología de las ciencias sociales, la teoría social y la filosofía política. Dos de sus publicaciones más recientes son, en coautoría con Pascal Roggero, “Modelos basados en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social”, *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, vol. 60, núm. 225, 2015, pp. 227-260; y con Paula Rodríguez Zoya, “El doble vínculo entre representaciones sociales y comunicación social”, *Palabra Clave*, vol. 18, núm. 3, 2015, pp. 905-937.