



## Interdisciplinariedad y sistemas complejos\*

Rolando García\*\*

### Introducción

Las situaciones a las cuales se suele aplicar la expresión "problemas ambientales" cubren un amplio espectro: en un extremo, aparecen problemas locales y circunscriptos, como puede ser el caso de un río contaminado por los desechos de una fábrica próxima que torna tóxica el agua que se bebe en una ciudad situada a sus orillas. En el otro, se incluyen situaciones tales como las condiciones insalubres de vida en grandes centros urbanos, o el deterioro del medio físico y de las condiciones de vida en extensas regiones.

Este artículo no se ocupará del tipo de situaciones correspondientes al primer grupo. Para resolverlos puede ser necesario recurrir a conocimientos que provengan de diversas disciplinas (química, física, biología, tecnologías específicas de la producción). Sin embargo, en la concepción que expondremos en este artículo, esa pluri (o multi) disciplina no le otorga al estudio características de una investigación interdisciplinaria.

Las otras situaciones arriba mencionadas corresponden a problemáticas complejas, donde están involucrados el medio físico-biológico, la producción, la tecnología, la organización social, la economía. Tales situaciones se caracterizan 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, 1986).

La complejidad de un sistema no está solamente determinada por la heterogeneidad de los elementos (o subsistemas) que lo componen y cuya naturaleza los sitúa normalmente dentro del dominio de diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Además de la heterogeneidad la característica determinante de un sistema complejo es la

---

\* "Interdisciplinariedad y Sistemas Complejos" (p. 85-124) en *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*, coordinado por Enrique Leff © 1994 Editorial Gedisa, Barcelona. Derechos cedidos por Editorial Gedisa, S. A. Agradecemos a Leonardo Rodríguez Zoya por la gestión realizada ante Editorial Gedisa, y a Catarina da Lisca, de la Editorial, por la celeridad y amabilidad de la respuesta.

\*\* Miembro de la Academia Mexicana de Investigación Científica.



*interdefinibilidad* y mutua dependencia de las *funciones* que cumplen dichos elementos dentro del sistema total. Esta característica excluye la posibilidad de obtener un análisis de un sistema complejo por la simple adición de estudios sectoriales correspondientes a cada uno de los elementos.

La no aditividad de los estudios sectoriales se torna aún más evidente cuando se trata de evaluar las implicaciones de la introducción de modificaciones en un sistema, o de proponer, por ejemplo, políticas alternativas para el desarrollo sustentable de una determinada región. En efecto, un principio básico de la teoría de sistemas complejos que aquí expondremos afirma que toda alteración en un sector se propaga de diversas maneras a través del conjunto de relaciones que definen la estructura del sistema y, en situaciones críticas (baja resiliencia), genera una reorganización total. Las nuevas relaciones -y la nueva estructura que de allí emerge- implican tanto modificaciones de los elementos, como del funcionamiento del sistema total. El juego dialéctico involucrado en la doble direccionalidad de los procesos que van de la modificación de los elementos a los cambios del funcionamiento de la totalidad, y de los cambios de funcionamiento a la reorganización de los elementos, constituye uno de los problemas que ofrece mayor dificultad en el estudio de la dinámica de los sistemas complejos. Estas interacciones entre la totalidad y las partes no pueden ser analizadas fraccionando el sistema en un conjunto de áreas parciales que correspondan al dominio disciplinario de cada uno de los elementos. Desde nuestro enfoque, allí situamos la diferencia entre multi o pluridisciplina e interdisciplina.

Del planteo precedente surge una redefinición de la interdisciplinariedad. En este trabajo, llamaremos "*investigación interdisciplinaria*" al tipo de estudio que requiere un sistema complejo.

En otros términos, no partimos de una definición de "interdisciplina" *in-abstracto*, que luego aplicamos a ese objeto de estudio particular que es un sistema complejo. Por el contrario, definimos primero el objeto de estudio, y luego nos planteamos la manera de estudiarlo. Este cambio del "punto de partida" tiene implicaciones importantes: las características de los sistemas complejos no sólo establecen la necesidad de estudiarlos con una metodología adecuada, de carácter interdisciplinario, sino que determinan en buena medida, cuáles son las condiciones que debe reunir dicha metodología. En este contexto, metodología "adecuada" significa que debe servir como instrumento de análisis de los procesos que tienen lugar en un sistema complejo y que explican su comportamiento y evolución como *totalidad organizada*.



Algunas reflexiones adicionales sobre los alcances y limitaciones de nuestra propuesta pueden ser necesarias (aunque parezcan obvias) para disipar frecuentes incomprensiones.

- No toda investigación es interdisciplinaria: un químico que está estudiando la composición de una sustancia puede tener que recurrir a conocimientos y técnicas provenientes de varias disciplinas. Sin embargo, la *utilización* de esos conocimientos multi-disciplinarios no significa que su trabajo sea inter-disciplinario.
- La palabra “complejo”, asociada a “sistema”, como nombre y apellido de una única entidad, tiene un significado que difiere de aquel que podemos asignarle en expresiones como “sustancia compleja” u otras de una gran variedad. Ser “complicado” o estar “compuesto de elementos heterogéneos” no determinan el concepto de complejidad que interviene en la definición de “sistema complejo” que hemos enunciado más arriba.
- Cuando afirmamos que la investigación interdisciplinaria es el tipo de estudio requerido por un sistema complejo, esto no excluye en modo alguno estudios parciales de alguno de sus elementos o de alguna de sus funciones. Ningún análisis de tales sistemas puede prescindir de estudios especializados. Sin embargo, tan ricos y necesarios como pueden llegar a ser dichos estudios, la simple suma de ellos rara vez podría, por sí sola, conducir a una interpretación de los procesos que determinan el funcionamiento del sistema como tal, es decir, como totalidad organizada.
- Un estudio *integrado* de un sistema complejo, donde esté en juego el funcionamiento de la totalidad del sistema sólo puede ser obra de un equipo con marcos epistémicos, conceptuales y metodológicos compartidos. Esta aserción es un principio básico de la metodología desarrollada en este artículo.

Los estudios sobre la problemática ambiental han puesto de manifiesto, de manera reiterada, la insuficiencia de las metodologías tradicionales (o, más exactamente, de lo que tradicionalmente se entiende por metodología) para realizarlos. De allí a elaborar propuestas concretas que constituyan verdaderas alternativas para realizar dichos estudios, y que reúnan, además, la indispensable condición de ser operativas, es decir, de traducirse en procedimientos más o menos precisos que orienten las investigaciones, hay un largo camino erizado de dificultades. Como ocurre en todos los campos, es más fácil ponerse de acuerdo sobre lo que debemos abandonar y superar en las viejas prácticas de investigación, que concordar en una propuesta superadora.

Hay, sin duda consenso en considerar que para abordar los problemas ambientales es necesario lograr una verdadera *articulación* de las diversas disciplinas involucradas, a



fin de obtener un estudio "integrado" de esa compleja problemática. Sin embargo, el acuerdo sobre la necesidad de realizar un estudio integrado del medio ambiente puede ser sólo superficial si no se aclara sobre qué bases conceptuales y metodológicas se puede orientar una investigación que llegue a ese objetivo, y en qué consiste una investigación interdisciplinaria para lograrlo.

Por otra parte, la consideración de marcos conceptuales y de las metodologías adecuadas para abordar el estudio de la problemática ambiental, en toda su complejidad, no pasaría de ser un ejercicio puramente académico, de alcances limitados, si no se planteara su necesaria proyección hacia la formación de investigadores. Las instituciones de enseñanza superior, todavía con resabios indelebles de las estructuras universitarias surgidas en el Medioevo, presentan a los estudiantes, con raras excepciones, un saber fragmentario y una práctica anacrónica de la ciencia y de la tecnología. Las deficiencias de esta formación básica de los egresados constituyen el más serio obstáculo para integrar los equipos de investigadores que requiere el estudio de los problemas arriba enunciados. No se trata de aprender "más cosas", sino de "pensar de otra manera" los problemas que se presentan en la investigación, es decir, de reformular la concepción de la práctica de la ciencia. Desde esta perspectiva, uno de los propósitos de este artículo, concordante con el objetivo general de la obra, es exponer algunas reflexiones y sugerir acciones concretas que contribuyan a estimular un cambio en la concepción de la investigación interdisciplinaria y en la formación de investigadores capaces de realizarla. Si bien el tema de esta obra se circunscribe a la problemática ambiental, el objetivo del artículo tiene mayores alcances por cuanto atañe a una amplia gama de problemas sobre los cuales hay creciente conciencia de que requieren ser estudiados con un enfoque sistémico.

La conceptualización de la investigación interdisciplinaria que aquí se expondrá no sólo tiene implicaciones metodológicas para el trabajo concreto e implicaciones para la formación de investigadores. Ambas realizaciones requieren también una reconceptualización del interior de cada disciplina. Cada uno de los capítulos de la obra aborda este problema desde un enfoque particular. El tema será retomado aquí desde la perspectiva del estudio de un sistema complejo.

## 1. Interdisciplinarietà

### 1.1. *Los enfoques tradicionales*



La realización de estudios interdisciplinarios constituye una preocupación dominante en muchas universidades e institutos de investigación. La búsqueda de formas de organización que hagan posible el trabajo interdisciplinario surge, sin duda, como reacción contra la excesiva especialización que prevalece en el desarrollo de la ciencia contemporánea pero no consideramos que sea ese un punto de partida adecuado. Tal especialización -se arguye- conduce a una fragmentación de los problemas de la realidad. Al aumentar progresivamente dicha fragmentación - continúa el argumento- no sólo se parcializa el estudio hasta perder contacto con el problema original, sino que el propio investigador, adquiere una perspectiva de los problemas que torna imposible realizar el trabajo de síntesis necesario para interpretar una realidad compleja. El ejemplo más frecuentemente mencionado es la ultraespecialización en medicina, que ha conducido a estudiar manifestaciones aisladas, en un órgano particular, de fenómenos que afectan a un organismo que, sin embargo, reacciona como una totalidad. El “médico general”, el “clínico” con una visión integrada del funcionamiento del organismo humano -se ha repetido con alarma una y otra vez-, es una “especie” que tiende a desaparecer.

Todo eso es correcto. Sin embargo, ni la condena a la “especialización excesiva” conduce, por oposición, a la interdisciplina, ni es posible prescindir de los especialistas aún en la investigación interdisciplinaria. Se trata de un problema mal formulado. No toda la investigación es interdisciplinaria, ni todo profesional necesita ocuparse de interdisciplina.

Un argumento que va en la misma dirección consiste en mostrar que las distintas disciplinas (o ramas de la ciencia) se han ido definiendo históricamente y han establecido fronteras arbitrarias, dejando de lado problemas que cubren dominios de dos o más disciplinas sin pertenecer íntegramente a ninguna de ellas. Esto ha conducido a establecer “puentes” entre las diversas disciplinas. En ellos no se hace más que seguir una tendencia de larga data que surgió del interior mismo de las ciencias: la fisicoquímica, la bioquímica, la biofísica, o la psicolingüística no han conocido otro origen. Hoy es práctica frecuente juntar el nombre de dos disciplinas -con guión intermedio o sin él- para establecer un dominio de estudio que exige el aporte de ambas. Este camino por sí mismo, tampoco conduce necesariamente a la interdisciplinariedad. Las nuevas disciplinas -por muy compuestos que sean sus nombres- terminan también por definir temas de estudio tan superespecializados como las disciplinas originarias que aparecen ahora “unidas” por un guión o integradas en una sola palabra.

Otra forma de abordar la interdisciplina, que también se basa en la idea de que el enemigo es el “especialismo”, ha consistido en un intento de formar “generalistas”. Se supone que el generalista tiene una cultura muy amplia, sin ser estrictamente especialista en ninguna disciplina. Se piensa que está, por consiguiente, especialmente dotado para



abordar problemas complejos y efectuar síntesis superadoras del especialismo estrecho. Este enfoque de la interdisciplinariedad presenta serias dificultades que es necesario señalar.

En primer término surge el problema de cómo formar tales generalistas. No son raras las veces en que se somete al alumno a “cursos interdisciplinarios” que consisten simplemente en un conjunto de temas “puestos juntos”, cada uno de los cuales es desarrollado por Un... especialista! En tales casos se deja al alumno la tarea más difícil: efectuar por sí mismo la síntesis integradora.

Pero hay una objeción más de fondo que puede formularse a la formación de generalistas: difícilmente surgen de allí buenos investigadores. Porque no hay otro camino, para llegar a ser investigador, que comenzar a formarse aprendiendo a explorar en profundidad -junto a un investigador ya formado- algún problema específico, o parte de un tal problema.

Finalmente, la vía alternativa, vía que suele proponerse para abordar el problema de la interdisciplinariedad, es la formación de equipos pluri-disciplinarios. No hay -se afirma- personas interdisciplinarias. Nadie puede abarcar el amplio espectro de conocimientos que requieren los estudios interdisciplinarios. Por consiguiente, la única forma de abordar tales estudios es a través de grupos de trabajo integrados por representantes de diversas disciplinas. La interdisciplinariedad -se insiste- sólo se da en un equipo, y un trabajo interdisciplinario es siempre el resultado de un equipo pluridisciplinario. Esta formulación resulta muy atractiva a primera vista, y hasta tiene ribetes de solución obvia. Sin embargo, a poco que se analice en detalle se advierte su insuficiencia. Un conjunto de especialistas puede ser denominado multidisciplinario o pluridisciplinario, pero no por el mero hecho de estar juntos se torna inter-disciplinario. La yuxtaposición de especialistas (multi- o pluri-) no produce la interdisciplinariedad, que es una forma de trabajo, un cierto tipo de actividad. La experiencia histórica es, en este sentido, concluyente. Con muy raras excepciones, los grupos multi-disciplinarios no han producido nada más que conjuntos de trabajos... especializados. El hecho de que alguien escriba luego un prólogo que procura descubrir “conexiones” entre ellos, y que se los publique en un mismo volumen con una tapa común, no los convierte en estudios interdisciplinarios.

No negamos con esto que el trabajo interdisciplinario requiera un equipo de trabajo constituido por especialistas de diverso origen. Esta es una **condición necesaria**, pero está lejos de ser una condición suficiente. La inter-disciplinariedad no emerge espontáneamente poniendo juntos a varios especialistas. Con esta "solución" el problema queda intacto.



## 1.2. Necesidad de una reformulación

Las observaciones precedentes tienden simplemente a mostrar que la investigación interdisciplinaria -no obstante la frondosa bibliografía a ella referida- es un tema que permanece en un nivel de análisis altamente insatisfactorio. No se trata de que no se hayan propuesto soluciones adecuadas a problemas bien planteados. La situación es aún más grave: la formulación misma del problema sigue siendo vaga y confusa. Éste no es un diagnóstico personal, ni apresurado. La lectura de una de las obras más conocidas sobre ese tema lo confirma de manera categórica. Se ha escrito mucho luego del encuentro internacional que dio lugar a la obra citada pero no se ha logrado avanzar mucho más.

En el planteo de los problemas que presenta la investigación interdisciplinaria hay una primera dificultad que reside en el significado mismo de la palabra. ¿A qué se refiere el “inter” cuando se habla de interdisciplina? Al responder a esta pregunta se suele caer frecuentemente en confusiones que provienen de establecer analogías con casos que sólo en apariencia son similares.

Derecho internacional no es el derecho que rige en ninguna nación en particular. Es el derecho que rige las *relaciones* entre naciones. De la misma manera, un viaje interplanetario no es un viaje *en* ninguno de los planetas. Si transferimos directamente el sentido que tiene el “inter” en esos dos ejemplos, tendríamos que concluir que los problemas de la investigación interdisciplinaria no estarían *en* las disciplinas, sino *entre* ellas. Esta extensión del sentido sería altamente equívoca. ¿Qué estudio sería ese que no perteneciera a ninguna disciplina sino que estuviera “entre” ellas?

La razón del equívoco estriba en haber caído en una trampa del lenguaje: como ya sabemos lo que es “disciplina”, sólo necesitaríamos agregarle el sentido que pueda tener el “inter”. Así planteado el problema entra en un callejón sin salida.

Los ejemplos precedentes muestran que no se trata de encontrar respuestas más adecuadas a preguntas ya bien formuladas, sino que debemos poner en tela de juicio las preguntas mismas que han servido para definir los alcances del problema. Ellas suelen restringirse a considerar algunos aspectos de la problemática involucrada y resultan insuficientes para llegar a una solución integral. Como lo hemos señalado en la introducción, la reformulación de las preguntas, en la propuesta que aquí se presentará, no tomará como punto de partida las interrelaciones entre disciplinas, sino el análisis de las interrelaciones que se dan en un sistema complejo entre los procesos que determinan su funcionamiento. La inter-disciplinariedad surgirá como un subproducto de dicho análisis.



## 2. Características del estudio de un sistema complejo

La metodología de trabajo interdisciplinario que se expone en este artículo responde a la necesidad de lograr una síntesis integradora de los elementos de análisis provenientes de tres fuentes:

- a) *El objeto de estudio*, es decir, el sistema complejo (que en nuestro caso es un “sistema ambiental”) fuente de una problemática no reducible a la simple yuxtaposición de situaciones o fenómenos que pertenezcan al dominio exclusivo de una disciplina.
- b) *El marco conceptual* desde el cual se aborda el objeto de estudio; es decir, el bagaje teórico desde cuya perspectiva los investigadores identifican, seleccionan y organizan los datos de la realidad que se proponen estudiar.
- c) *Los estudios disciplinarios* que corresponden a aquellos aspectos o “recortes” de esa realidad compleja, visualizados desde una disciplina específica.

El objetivo es llegar a una *interpretación sistémica* de la problemática original que presenta el objeto de estudio. A partir de allí, será posible lograr *un diagnóstico integrado*, que provea las bases para proponer acciones concretas y políticas generales alternativas que permitan influir sobre la evolución del sistema.

### 2.1. El objeto de estudio

El punto de partida es el reconocimiento de que hay problemáticas complejas (o situaciones complejas) determinadas por la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que no son aislables y que, por consiguiente, no pueden ser descriptos y explicados “sumando” simplemente enfoques parciales de distintos especialistas que los estudien de forma independiente.

De aquí ha surgido la afirmación de que la realidad misma es interdisciplinaria. Sería más correcto decir que “la realidad no es disciplinaria” entendiendo por tal que la realidad no presenta sus problemas cuidadosamente clasificados en correspondencia con las disciplinas que han ido surgiendo en la historia de la ciencia.

Dijimos más arriba que no toda investigación es interdisciplinaria. Cabe señalar, asimismo, que la diferencia entre la *multi*-disciplina y la *inter*-disciplina no es tajante. Y a nadie se le puede negar el derecho de llamar “inter-disciplinaria” una investigación en la cual intervengan especialistas de diversas disciplinas, cualquiera que sea su modalidad de trabajo. Por esa razón, no comenzamos nuestra propuesta preguntándonos “¿Qué es la





interdisciplinaria?” sino “¿Cómo establecer una estrategia de trabajo para un equipo de investigación que aborda como objeto de estudio un *sistema complejo*?”. En otros términos: ¿cómo se puede lograr un esquema explicativo del funcionamiento de un sistema caracterizado por fenómenos que están determinados por *procesos* donde entran en interacción elementos que pertenecen al dominio de diversas disciplinas?

Desde esta perspectiva, la cuestión central se desplaza de las disciplinas hacia los fenómenos que son objeto de estudio. Por consiguiente, la pregunta clave será: ¿Cómo se estudia un *sistema complejo*?

Los sistemas ambientales, son sistemas complejos. Para dar mayor precisión a nuestro análisis, tomaremos como ejemplo estudios ya realizados sobre sistemas agrarios. Un sistema ambiental tiene una localización geográfica y es el asiento de un conjunto de fenómenos que pueden agruparse, en principio, en un cierto número de componentes, que llamaremos *subsistemas*, y que varían según la naturaleza del sistema. En el caso de un sistema rural asentado en una región ecológica, por ejemplo, tendríamos un sustento físico, una flora y fauna características, un cierto tipo de producción, una población con determinada conformación social, un comportamiento económico, construcciones y obras de infraestructura, conjuntos de políticas que rigen diversos aspectos de la actividad dentro de la región.

A riesgo de ser repetitivos, insistimos en que la heterogeneidad de los fenómenos y de los componentes de ese sistema, no son suficientes para definirlo como “sistema complejo”. El carácter de “complejo” está dado por las interrelaciones entre los componentes, cuyas funciones dentro del sistema no son independientes. El conjunto de sus relaciones constituye la *estructura*, que da al sistema la forma de *organización* que le hace *funcionar* como una *totalidad*. De aquí el nombre de “*sistema*”.

Los sistemas, en tanto totalidades organizadas, tienen dos características fundamentales:

- Las *propiedades* del sistema, en un momento dado, no resultan de la simple adición de las propiedades de los componentes. La vulnerabilidad o resiliencia, así como las condiciones de estabilidad, son propiedades estructurales del sistema en su conjunto.
- La *evolución* del sistema responde a una dinámica que difiere de las dinámicas propias de sus componentes. Así, por ejemplo, el sistema total integra, en su evolución, procesos de escalas temporales que varían considerablemente entre los subsistemas, e induce cambios en estos últimos.



Está claro que, aún cuando hablemos de esos sistemas como “totalidades”, ello no indica que tengan límites precisos, puesto que están inmersos en una variedad de contextos que se van insertando en dominios cada vez más amplios. Este problema ha sido planteado con mucha fuerza desde el materialismo dialéctico y posiciones afines. La llamada “categoría de totalidad” ocupa un lugar central en la teoría marxista, pero su utilización por los seguidores de Marx ha introducido frecuentemente no poca confusión.

Debe hacerse notar, empero, que aunque Marx hizo amplio uso de este concepto, no llegó a teorizar sobre él. No hay, dentro del materialismo dialéctico, una “teoría de la totalidad” que explique satisfactoriamente la relación entre la totalidad y las partes, y que pueda servir como instrumento de análisis para interpretar la evolución de dichas totalidades.

Con frecuencia se hace una utilización abusiva del concepto de totalidad, sin un análisis profundo de sus implicaciones para la práctica concreta de la investigación. Suele afirmarse, por ejemplo, que si se recorta la realidad para estudiar un fragmento de ella se están desnaturalizando los problemas. Se aduce como razón, que al proceder así se están dejando de lado, irremisiblemente, las interacciones de ese fragmento de la realidad con la totalidad dentro de la cual está inmerso. Dichas interacciones -continúa el argumento- son indispensables para comprender la naturaleza (a veces se dice “la esencia”) del objeto de estudio. Esto conduce a un callejón sin salida.

Porque en el universo todo interactúa con todo y, si se toma al pie de la letra la propuesta “interaccionista” así formulada, ¿no sería válido ningún estudio que incluyera menos de la totalidad del universo! Es obvio que ninguna teoría del conocimiento puede servir de base a tal posición. Todo conocimiento supone abstraer algunos elementos de la realidad. El problema no reside en que se fragmente la realidad, sino en la manera de hacerlo. En otros trabajos hemos propuesto una forma de análisis sistémicos que a nuestro juicio provee una respuesta adecuada a esos problemas y que retomaremos aquí como parte de nuestro marco conceptual.

## *2.2. Marco conceptual*

Las consideraciones precedentes conducen a dos preguntas básicas que deberán orientar la elaboración de un marco conceptual y metodológico para el estudio de un sistema complejo:

1) Puesto que todo estudio supone necesariamente un recorte de la realidad, ¿es posible realizar el recorte en forma tal que no desnaturalice el fragmento de la realidad que así se



haya abstraído del resto? Más aún: ¿es posible tomar en cuenta las interacciones que relacionan a dicho fragmento con la totalidad en la cual está inmerso sin que ello exija ampliar ad-infinitum los límites del estudio?

II) ¿Pueden formularse bases conceptuales suficientemente generales como para servir de marco a programas de investigación interdisciplinaria, es decir, que hagan posible un estudio que rebase los límites de disciplinas específicas, permitiendo un conocimiento integrado de problemas complejos de la realidad?

La primera pregunta tiene hoy su respuesta en una “teoría general de sistemas”, esbozada ya por Bertalanffy a mediados del siglo, que ha logrado importantes desarrollos en las últimas décadas, en particular con los aportes de la escuela de Bruselas de Ilya Prigogine. En forma paralela, aunque con raíces más antiguas, Jean Piaget y su escuela ginebrina desarrollaron una epistemología constructivista que plantea una evolución del sistema cognoscitivo, tanto al nivel individual como en la historia de la ciencia, con notables puntos de coincidencia con la escuela de Bruselas. Sobre esas bases hemos propuesto en otras publicaciones (y aplicado en diversos proyectos de investigación empírica), un tipo de análisis sistémico alejado de los modelos econométricos y de la ingeniería de sistemas, que permite reformular la manera en que se plantea la necesidad de estudiar “totalidades”, superando el aparente escollo de la inevitabilidad de los “recortes” de la realidad para poder analizarlas. Los aspectos teóricos están resumidos en nuestros trabajos (García, 1984; 1986); las aplicaciones están referidas en “estudios de caso” (García *et al.*, 1988a; 1988b)

La segunda pregunta concierne a la metodología de la investigación interdisciplinaria de esas totalidades. Ya hemos señalado que ella no se logra por el hecho de “poner juntos” a los especialistas diversas disciplinas y pidiéndoles que articulen sus resultados (aunque esto sea, obviamente, parte esencial del proceso de la investigación). La interdisciplinaria comienza desde la formulación misma de los problemas, *antes de los estudios disciplinarios*, se prolonga un largo proceso (que no es lineal, que pasa por diversas fases, cada una con sus propias “reglas de juego”) y acompaña a los propios estudios disciplinarios hasta el término mismo de la investigación. Esta forma de abordar el objeto de estudio plantea, como se verá más adelante, una problemática que no es sólo metodológica, sino fundamentalmente epistemológica.



### 2.3. Los estudios disciplinarios

Todo equipo de investigadores que aborde el estudio interdisciplinario de un sistema complejo, tiene como integrantes a científicos formados en diversas disciplinas. En el inicio del estudio, cada investigador tendrá una visión de los problemas planteados por el objeto de estudio desde la perspectiva que le ofrece su propia disciplina y su propia concepción de esa disciplina. Surge, por consiguiente, una pregunta ineludible:

¿El sistema actual de las ciencias constituye un instrumento idóneo para realizar el tipo de estudios que surgirían de planteamientos como los referidos en las preguntas anteriores (2.2), o está todo conocimiento irremisiblemente condenado a ser parcial y fragmentario?

Esta pregunta nos remite al problema clásico de la clasificación de las ciencias y de las interrelaciones entre las disciplinas. Este tema se torna imperativo en toda formulación de la interdisciplinariedad puesto que es obvio que ésta no puede existir si no hay posibilidad de una articulación entre las ciencias. A este respecto es necesario poner claramente de manifiesto la inadecuación de las dos posiciones extremas que han prevalecido en las múltiples propuestas de clasificación de las ciencias, a través de la historia. Por una parte, la posición reduccionista, que borra la especificidad de los fenómenos que pertenecen al dominio de cada disciplina. Por la otra, la posición que erige barreras infranqueables entre las disciplinas, sobre la base de la especificidad de los fenómenos. Sólo un análisis epistemológico puede superar ambas posiciones y mostrar la posibilidad de integrar los estudios disciplinarios en la práctica concreta de la investigación interdisciplinaria, respetando la especificidad del dominio de cada disciplina.

En el Anexo se exponen brevemente las razones históricas que condujeron a las diversas concepciones sobre la clasificación de las ciencias. La posición que adoptaremos y que allí fundamentamos —con fuerte influencia de los trabajos de Jean Piaget sobre el tema— conduce a una concepción unificada, *no reduccionista*, de la investigación científica compatible con la pluralidad de las ciencias, que torna legítima la pretensión de proponer una metodología de trabajo interdisciplinario como la que presentamos en este artículo.

La tesis central en que se basa dicha concepción es que desde el punto de vista de la generación y adquisición del conocimiento (epistemología general) no existen diferencias que permitan fundamentar la persistente idea de una dicotomía entre ciencias de la naturaleza y ciencias sociales (o "ciencias del espíritu"). No hay, por consiguiente, maneras específicas de generar el conocimiento científico para cada uno de los objetos, fenómenos y situaciones que corresponden a los diversos dominios de la realidad. Hay diferencias obvias, sin embargo, cuando se trata de las conceptualizaciones de tales dominios al



interior de cada disciplina, pero esas diferencias no son reducibles a la oposición "ciencias de la naturaleza" y "ciencias sociales".

Para comprender las razones que tuvieron en su momento quienes introdujeron dicha dicotomía, y para poder explicar el surgimiento de las tesis reduccionistas mostrando finalmente, las falacias que ellas encierran es necesario realizar un análisis histórico, del cual presentamos un esbozo en el Anexo.

Una concepción unificada, no reduccionista, de las diversas ciencias hace posible plantearse el problema de su articulación en el trabajo interdisciplinario. En la metodología que expondremos, esa articulación plantea dos problemas diferentes, aunque complementarios:

- Cómo articular la participación de los investigadores de las diversas disciplinas en la práctica concreta de la investigación interdisciplinaria. Este será el tema de la Sección 3.
- Cómo articular las diversas disciplinas, para hacer posible la coordinación de los aportes de cada una de ellas. Algunos de los problemas que aquí se presentan serán analizados en la Sección 4.

### 3. Conceptualizaciones y metodologías en el estudio de sistemas complejos

Hasta aquí hemos analizado las características que debe tener un estudio integrado de un sistema complejo, desde el punto de vista de los instrumentos necesarios para abordar la investigación. Es necesario ahora referirse al contenido y a los objetivos de los estudios.

El primer objetivo de un estudio integral es obtener un diagnóstico del funcionamiento del sistema. Aquí, como en un diagnóstico médico, es necesario analizar la anatomía y la fisiología de cada uno de los componentes (órganos o subsistemas), así como su armonización o desarmonía en el comportamiento general del individuo (sistema).

El segundo objetivo -y, en realidad, la principal motivación de los estudios- es poder actuar sobre el sistema: detener la enfermedad y, en lo posible, curar al paciente, en el caso de la medicina; detener y, en lo posible, revertir los procesos deteriorantes en el caso de los estudios ambientales. Los criterios y prioridades aplicables en esta etapa no surgen sólo del interior de la ciencia: están basados en sistemas de valores cuya justificación proviene de una ética social (cf. Sección 4).



El segundo de los objetivos en el caso de los estudios ambientales suele plantearse como la formulación de políticas alternativas no deteriorantes o políticas de desarrollo sustentable de tales sistemas.

### 3.1. El diagnóstico

Los sistemas complejos se comportan como “totalidades” compuestas de subsistemas. Siguiendo una terminología que hemos utilizado en otros trabajos, llamaremos funcionamiento del sistema al conjunto de actividades del sistema como un todo, y función a la contribución de cada elemento o subsistema al funcionamiento del sistema. Debe notarse, sin embargo, que ambas expresiones son relativas: lo que llamamos “sistema total”, en un contexto dado del análisis, es también un subsistema de sistemas más amplios, dentro de los cuales puede desempeñar una o más funciones.

La decisión de emprender el estudio de un cierto sistema ambiental proviene, en general, del reconocimiento de situaciones o fenómenos que tienen lugar en esa localización geográfica y que han generado (o están generados por) procesos de deterioro en el medio físico, y en el medio social. Estas situaciones, fenómenos, procesos, constituyen la “realidad” que es objeto de estudio.

Cuando un investigador o un equipo de investigadores enfrenta la necesidad de llevar a cabo ese estudio, en ningún caso se ve en presencia de un “sistema” ya dado que no hay más que observar y analizar. Una parte fundamental del esfuerzo de investigación es la “construcción” (conceptualización) del sistema, como recorte más o menos arbitrario de una realidad que no se presenta con límites ni definiciones precisas.

Esta “construcción” del sistema no es otra cosa que la construcción de sucesivos modelos que representen la realidad que se quiere estudiar. Es un proceso laborioso de aproximaciones sucesivas. El test de haber arribado a una meta satisfactoria en la definición de sistema (como “modelo” de la realidad que se está estudiando) sólo puede basarse en su capacidad de explicar un funcionamiento que dé cuenta de los hechos observados.

Para ello no es suficiente tener un modelo que represente una clara descripción del sistema en el momento o período que se estudia. Los estudios históricos son una herramienta indispensable en el análisis sistémico. No se trata de reconstruir la historia total de la región que se estudia, sino de reconstruir la evolución de los principales procesos que determinan el funcionamiento del sistema. La relación entre función y estructura (o entre procesos y estados) es la clave para la comprensión de los fenómenos.



Ningún proyecto de investigación comienza de cero. En general, se dispone de suficiente conocimiento de dichos fenómenos o situaciones, que definen, en primera aproximación, la problemática a estudiar, como para formular preguntas generales que constituyan el punto de partida de la investigación. A partir de allí, comienza el proceso que conducirá a la definición del sistema objeto de estudio.

Hemos dicho que un sistema no es simplemente un conjunto de elementos sino que, en tanto sistema, está caracterizado por su estructura. Por consiguiente, un sistema estará definido solamente cuando se haya identificado un número suficiente de relaciones entre cierto conjunto de elementos, que permitan vincularlos con referencia al funcionamiento del conjunto como totalidad. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que con los mismos elementos pueden definirse sistemas diferentes, es decir, sistemas cuyas estructuras difieren en tanto se hayan tomado en consideración distintos conjuntos de relaciones entre los elementos.

Las observaciones precedentes no introducen, sin embargo, completa arbitrariedad en la definición del sistema de estudio. La selección dependerá de los objetivos de la investigación, y estará determinada, como ya lo hemos señalado, por las preguntas específicas que se hayan formulado con respecto al tipo de situaciones que se desea estudiar (que, en nuestro caso, son situaciones características del medio físico, del sistema productivo y del sistema socioeconómico, considerados como “elementos” o subsistemas de un sistema único).

Por otra parte, los fenómenos que caracterizan dichas situaciones pueden corresponder a escalas o niveles diferentes. Es importante señalar, a este respecto, que las “interacciones” entre elementos o subsistemas no son análogas, en modo alguno, al principio de “acción y reacción” en Física. La “acción” de un cultivo sobre el medio físico, y la “reacción” de este último sobre el primero, corresponden en general a escalas temporales que pueden llegar a diferir en órdenes de magnitud.

La hipótesis de trabajo con la cual se inicia una investigación sistémica puede resumirse por consiguiente en la suposición siguiente: dado un conjunto de preguntas referentes a situaciones complejas del sector de la realidad que es objeto de estudio, puede definirse un sistema, en términos de ciertos elementos e interacciones entre ellos, cuya estructura sea la que corresponda al tipo de funcionamiento que se desea explicar y que responda a las preguntas iniciales.

El esquema explicativo corresponde siempre a un cierto nivel de análisis para un período dado del funcionamiento del sistema. Pero un esquema explicativo coherente y suficientemente comprensivo como para abarcar la amplia gama de hechos significativos de los cuales debe dar cuenta la investigación no se logra en un primer



intento. Suele ser el fruto de un largo proceso cuya dinámica es parte esencial de los estudios sobre interdisciplinariedad.

Las relaciones que determinan la estructura del sistema no se descubren a posteriori de los estudios disciplinarios parciales, sino que deben plantearse desde el inicio y se continúan elaborando y replanteando a través de toda la investigación. Por eso insistimos en concebir la investigación interdisciplinaria como un proceso y no como un “acto” de coordinación de resultados.

En forma esquemática, dicho proceso debería incluir “fases” del tipo siguiente:

1. Reconocimiento general -por parte del equipo de investigación en su conjunto- de los problemas que se procura interpretar y para los cuales se intenta encontrar solución. Formulación de las preguntas de base.
2. Análisis de estudios anteriores realizados sobre aspectos diversos de dicha problemática. En estos análisis debe ponerse especial atención en aquella información que permita preparar el camino para reconstruir la historia de las situaciones y fenómenos que constituyen la motivación del estudio.
3. Identificación de elementos y relaciones para caracterizar, en primera aproximación, un sistema que involucre la problemática referida en (1) y (2), con sus condiciones de contorno.
4. Planteo de hipótesis de trabajo que permitirían explicar el comportamiento del sistema. Esto supone reformular las preguntas de base en términos de las funciones que cumplen los subsistemas y del funcionamiento del sistema.
5. Identificación de la problemática a investigar en cada subsistema para verificar o refutar las hipótesis sobre sus funciones dentro del Sistema. Planificación de trabajos sobre temas especializados que requieren estudios en profundidad.
6. Investigaciones disciplinarias de los problemas referidos en (5), en el contexto de las relaciones entre los dominios, de los subsistemas establecidas en el punto 3.
7. Primera integración de los resultados obtenidos en (6), lo cual conduce, generalmente a redefinir el sistema formulado en (3), e incluso a reformular las preguntas iniciales.
8. Repetición de las fases (5) y (6) en relación con la nueva definición del sistema.
9. Segunda integración de resultados y nueva redefinición del sistema,
10. Repetición sucesiva de las fases (8) y (9) tantas veces como sea necesario hasta llegar a una explicación coherente que dé cuenta de todos los hechos observados y responda a las preguntas que han ido surgiendo en el proceso descripto.





Las fases (6), (8) y las sucesivas fases pares serán denominadas *fases de diferenciación*. En ellas, predomina la investigación disciplinaria. Allí puede ser necesario el concurso de muy buenos especialistas, en dominios muy restringidos, ajenos al equipo, y sin preocupación por la problemática general.

Las fases (7), (9), y las sucesivas fases impares serán denominadas *fases de integración*. Allí es necesario que los miembros del equipo tengan la *capacidad de descentración* necesaria para: a) comprender y apreciar los problemas planteados a su propio dominio desde los otros dominios; b) percibir aquellos problemas de su dominio que se prolongan en los otros, y formularlos adecuadamente a quienes se especializan en estos últimos.

La tesis central de nuestro trabajo puede ahora enunciarse de la siguiente manera:

*Los objetivos de una investigación interdisciplinaria se logran a través del juego dialéctico en las fases de diferenciación e integración que tienen lugar en el proceso que conduce a la definición y estudio de un sistema complejo.*

El esquema precedente es sólo indicativo de la forma de coordinar un equipo interdisciplinario. Su objetivo es mostrar la necesidad de distinguir las fases características desde el punto de vista de la interdisciplinarietà. Un aspecto importante de este esquema es la ubicación de la tarea disciplinaria dentro de la actividad interdisciplinaria en su conjunto.

### 3.2. Acciones concretas y políticas alternativas

Nuevamente tomaremos el ejemplo de un sistema agrario. Sin embargo, las consideraciones que hagamos son aplicables mutatis-mutandis a todos los sistemas ambientales a los cuales hemos hecho referencia.

La elaboración de propuestas alternativas para un desarrollo regional sustentable en el mediano y largo plazo, que contemple la problemática ambiental planteada en el presente libro, debe satisfacer dos criterios que son condición indispensable de su aceptabilidad:

- debe de estar dirigida, en primer término, a detener y, en lo posible, revertir los procesos que han significado un progresivo deterioro del sistema socioambiental, o que tiendan a producirlo.



- debe poder reorientar el sistema productivo, conduciendo a un desarrollo sustentable, definido no solamente en términos de productividad y de conservación del medio ambiente biofísico, sino también -como condición sine-qua-non- con el requerimiento de que los beneficios generados en la región permitan directa o indirectamente, elevar el nivel de vida de las poblaciones involucradas en los procesos productivos que ella abarque.

Con esto no pretendemos dar una definición precisa del concepto de desarrollo sustentable, que involucra muchos otros factores tales como escalas temporales y capacidad de reacción ante los cambios de situaciones internas o externas. El análisis del concepto escapa a los alcances de este artículo.

Una propuesta de desarrollo regional que satisfaga tales condiciones de aceptabilidad debe basarse necesariamente en el diagnóstico surgido de estudios precedentes. Sin embargo, el estudio de propuestas de políticas alternativas requiere una investigación específica que tiene analogías y diferencias con los estudios de diagnóstico y cuyas características diferenciales podemos resumir en los siguientes puntos:

- Los estudios de diagnóstico están centrados en la identificación de procesos y mecanismos que son, por definición, concatenación de eventos que han sucedido en un intervalo de tiempo. El diagnóstico requiere reconstruir la historia, porque lo que ocurre hoy en el sistema es el resultado de esa historia. En otros términos: el diagnóstico del funcionamiento de una estructura requiere conocer los procesos que condujeron a su estructuración.
- Los estudios de propuestas alternativas son por el contrario de carácter prospectivo. Están centrados en la predictibilidad de la evolución de un nuevo sistema -modificación del actual que resultaría luego de implementar las medidas que se propongan. Esto requiere identificar (prever) los nuevos procesos que se pondrían en marcha cuando se introdujeran los cambios.
- La teoría de sistemas complejos señala -y la investigación empírica lo confirma- que una modificación de un sector en un sistema introduce cambios en mayor o menor grado, con distintas escalas temporales- en toda la estructura del sistema. La “sustentabilidad” será el resultado de las propiedades estructurales (vulnerabilidad, resiliencia, etc.,) del sistema resultante.
- El pasaje de una investigación de diagnóstico a un estudio de políticas alternativas no es lineal. Nuevas estrategias productivas, por ejemplo, pueden tener incidencia en partes del sistema que no fueron (o no fueron suficientemente) analizadas para el diagnóstico por no



tener un papel importante en los procesos que estaban en acción con el sistema productivo vigente. De aquí surge la necesidad de volver repetidamente al diagnóstico en el análisis de cada propuesta de cambio, para investigar aspectos no considerados anteriormente.

- Finalmente, la elaboración de una propuesta no puede restringirse a concebir un nuevo estado de la región (obviamente, que sea mejor que el actual). Para llegar a un tal estado ideal deben considerarse el tipo de transformaciones que deben ponerse en marcha para que sea posible llegar a ese estado del sistema, lo cual requiere analizar cómo pueden modificarse aquellos procesos que rigen en el presente el funcionamiento del sistema.

Así planteado, el objetivo del proyecto es resolver lo que en Física se llama “problema con *condiciones iniciales*” las cuales imponen restricciones severas a la viabilidad de las soluciones que se conciben. Por ejemplo, en una investigación realizada en México, en una región llamada “La Comarca Lagunera” se verificó que el sistema hidrológico había llegado a un grado de deterioro posible de detener, difícil de revertir, y seguramente no restaurable en el corto plazo. En la misma región, el subsistema socioeconómico aparece como susceptible de transformaciones con menos condiciones restrictivas, aún cuando el deterioro del sector campesino ha conducido a desarrollar estrategias de sobrevivencia familiar cuya reversión, con miras a elevar el nivel de vida y las condiciones de trabajo, requerirá profundos cambios en la economía regional.

Es en ese contexto que deben concebirse las políticas alternativas. Ninguna propuesta que no contemple la posibilidad efectiva de poner en marcha transformaciones que conduzcan al sistema, desde las condiciones iniciales (estado actual del sistema), hasta el estado de desarrollo sostenido que se haya concebido hipotéticamente como meta, podrá considerarse como aceptable.

El estudio específico de cada propuesta se desarrolla en dos etapas. La *primera etapa* está dirigida a:

- comprender la naturaleza y el alcance de los objetivos declarados, es decir, las modificaciones que explícitamente se propone introducir;
- poner de relieve los objetivos implícitos, es decir, las políticas regionales o nacionales a las cuales responderá su implementación;
- evaluar los recursos que requerirá su puesta en marcha y su sostenimiento.

La *segunda etapa* —la más difícil y la que requiere más tiempo de estudio— consiste en un análisis sistémico de cada propuesta, que debe comprender:



- a) La forma en que los cambios propuestos en un sector o subsistema se proyectarían sobre los otros sectores o subsistemas.
- b) Las nuevas interacciones entre los subsistemas, como consecuencia de las modificaciones de los mismos.
- c) Las características de la nueva estructura que adoptaría el sistema (propiedades estructurales).
- d) Las modificaciones necesarias en las condiciones de contorno para permitir el funcionamiento del nuevo sistema.

Como resultado de ese análisis, el sistema inicial (surgido del diagnóstico) puede requerir una reformulación debido a la posibilidad de que el análisis haga entrar en juego factores que no se tuvieron anteriormente en cuenta. Habrá por consiguiente un “sistema reconstruido” correspondiente a cada propuesta. Es obvio, por otra parte, que el resultado no puede ser unívoco, dado el grado de indeterminación que tendrán los elementos a considerar en cada uno de los análisis parciales de las etapas señaladas en *a* y *d*.

A partir de allí, el problema consiste en prever cuál sería la evolución de cada sistema reconstruido. La proyección hacia el futuro de un sistema bio-socio-ambiental no es un problema de fácil solución. La dificultad reside en el juego de interacciones entre procesos con dinámicas diversas y con *diferentes escalas temporales de desarrollo*.

Esto requiere evaluar para cada uno de ellos la velocidad de desarrollo de los procesos generados en sus subsistemas, el periodo de tiempo en el cual un proceso dado llegue a valores críticos que introducen inestabilidad potencial en el sistema y, finalmente, las posibilidades de fluctuaciones que lo desestabilicen.

El estudio de las proyecciones en el tiempo de los procesos significativos de cada “sistema reconstruido”, y de sus interrelaciones que es —obviamente— un *estudio diacrónico*, debe complementarse con el *análisis sincrónico* del comportamiento que tendría el sistema global en diversos momentos futuros, si las proyecciones son correctas. Esto significa realizar “cortes” en el tiempo, con intervalos que estarán sugeridos por la dinámica de los procesos. Cada corte conduce a recomponer el sistema, mostrar cómo estaría funcionando en ese momento y proceder al tipo de análisis sistémico ya enunciado. El sistema recompuesto, para cada corte en el tiempo, lo denominamos “escenario” adoptando una terminología ya usual en la literatura aunque con variantes que corresponden a otros contextos.



Al término de la etapa anterior será posible completar la clasificación y evaluación del valor relativo de las diversas propuestas. Sobre esa base se elabora finalmente el “proyecto de cambio recomendado”.

#### 4. Las bases de la articulación disciplinaria

Toda teoría científica, cualquiera sea su grado de formalización o su nivel de explicitación, se ha desarrollado históricamente como un intento de explicación de cierto dominio de fenómenos y como respuesta a preguntas específicas sobre dichos fenómenos. En Piaget y García (1982) hemos mostrado cómo las revoluciones científicas y las nuevas teorías que emergen de ellas no fueron producidas tanto por quienes encontraron nuevas respuestas para las viejas preguntas, sino por quienes fueron capaces de formular nuevas preguntas para los viejos problemas (y obviamente, también para los nuevos). En esa obra, denominamos “marco epistémico” al conjunto de preguntas (o cuestionamientos, no siempre formulados como preguntas precisas) que se plantea el investigador frente a un dominio de la realidad que se propone estudiar.

El marco epistémico representa una cierta concepción del mundo, y en muchas ocasiones expresa, aunque de manera vaga e implícita, la “tabla de valores” del propio investigador. En este sentido, la separación tajante entre el “contenido cognoscitivo” y el “contenido normativo” de la ciencia que realizan algunos autores no puede sostenerse. Y es precisamente a partir de un análisis epistemológico (sociogenético) que es posible poner al descubierto las raíces ideológicas de teorías científicas que se presentan como “conocimiento objetivo” de la realidad.

En trabajos anteriores hemos adoptado la feliz expresión de Russell Hanson “todo observable está cargado de teoría” y hemos fundamentado desde la epistemología la aserción de que no hay *observables puros*.

Los “datos” que un investigador registra, y que toma como valores de las variables que va a manejar, son seleccionados a partir de sus conceptualizaciones previas sobre los fenómenos que va a estudiar. Qué es lo que selecciona y con qué interpretación los registra como observables está en gran medida determinado por el marco epistémico de las teorías desde las cuales organizará su material empírico. Los *valores*, explícitos o implícitos en el marco epistémico, están allí en acción desde los primeros registros del dato empírico.

Un caso concreto permitirá aclarar el sentido de esta afirmación. Un plan de investigación concebido para responder a la pregunta “¿cómo proceder para aumentar la



productividad de alimentos básicos, con el objetivo de llegar a la autosuficiencia alimentaria?”, será muy diferente de aquel elaborado para responder a la pregunta “¿por qué aumenta, en ciertos países, la desnutrición de los sectores populares?”. En ambos casos se plantearán problemas relacionados con la productividad y la autosuficiencia alimentaria, pero desde distintas perspectivas. En el segundo caso también caben diferencias de marco epistémico, un investigador, convencido de que la malnutrición es una consecuencia del desequilibrio entre la producción y crecimiento demográfico buscará (y sin duda encontrará) información muy diferente de la que buscan quienes conciben dicha situación con el resultado de problemas estructurales que engloban un conjunto complejo de relaciones sociales, económicas y políticas.

Aquí se corrobora lo que la epistemología ha demostrado, a nuestro juicio de manera fehaciente: los *hechos* que recoge la experiencia no son identificables y observables sino dentro del marco de una concepción general de los fenómenos que son objeto de investigación. Dicho de otra manera: los “hechos” que el investigador se esfuerza por explicar corresponden a sus propios esquemas conceptuales. Éste es el contenido de la aserción hecha más arriba: no hay “observables puros”.

Por eso podemos afirmar que en el estudio interdisciplinario de los sistemas ambientales, la articulación entre las disciplinas comienza en el mismo punto de partida de la investigación, a *través de un marco epistémico común*. Sin ello no es posible lograr un estudio sistémico que conduzca a un *diagnóstico integrado* y a una *formulación compartida de políticas alternativas*.

El marco epistémico está orientado por una normatividad extradisciplinaria de contenido social. “¿Qué es lo que debería hacerse?” está involucrado allí y sirve de base a la investigación posterior (desde la elección inicial de “observables”). Esta consideración borró todo límite preciso que permita establecer una diferencia neta entre una explicación de lo que sucede y una apelación a lo que debe suceder. Desde esta perspectiva, conceptos tales como la “racionalidad ambiental” (Enrique Leff) o “uso correcto de los recursos” (Víctor Toledo) adquieren sentido preciso a partir de un marco epistémico que fija *normas*, basadas en *sistemas de valores* que orientan el tipo de preguntas que cada investigador va a traducir en términos de su propia disciplina. Si el edafólogo, el hidrólogo, el agrónomo, el tecnólogo, el sociólogo, el economista, no concuerdan en esto *desde el comienzo*, la investigación en equipo de un sistema ambiental, en el sentido amplio definido en este libro, se torna imposible o, por lo menos, conflictiva.

Sin embargo, el marco epistémico y la normatividad implícita que encierra, no son elementos “exógenos” que hay que aceptar o rechazar por decisiones puramente



subjetivas. La insistencia en buscar una diferencia neta entre explicación y normatividad proviene de haber extrapolado de manera ilegítima la diferencia entre *hechos y normas*. Se olvida aquí que la aplicación de la norma tiene implicaciones prácticas, las cuales son susceptibles de *estudio empírico*. El pasaje del hecho a la norma es ilegítimo. Sin embargo, la aplicación de una norma es un hecho. Y este tipo de hechos que suelen designarse como “hechos normativos” son un objeto legítimo de análisis como cualquier otro hecho económico o social.

Quizás sea la Economía la disciplina donde más claramente se pone de manifiesto el papel fundamental que juega el marco epistémico, y el capítulo de Pablo Gutman lo demuestra claramente. Las implicaciones para la vida de la sociedad son enormes. Los economistas suelen defenderse diciendo que: “suponer que la sociedad se comporta como se comporta porque los economistas (u otros científicos) lo recomiendan es una interpretación errónea (o ingenua) de la relación entre ciencia y sociedad”.

Sin embargo, en muchos países —particularmente en Latinoamérica— son los Ministerios de Economía (erigidos en verdaderos superministerios) quienes establecen y aplican las normas que afectan profundamente a la sociedad. Si no son ellos quienes las generan, son ellos quienes proveen la “racionalidad económica” de las medidas que aplican. ¿Quiénes sino ellos justifican el comportamiento del país en su conjunto frente a los problemas de la deuda, a las privatizaciones, a las políticas de inversiones, a la utilización de los recursos, a las políticas de precios y salarios? Las justificaciones que ofrecen obedecen a cierta concepción de la economía. Allí la normatividad juega a dos puntas: por un extremo, está implícita en el marco epistémico a partir del cual se genera la teoría; pero luego la teoría se utiliza para fundamentar la “legitimidad” o “racionalidad” de las normas que se aplican.

Los meteorólogos no son culpables de las trayectorias que siguen los ciclones tropicales, ni de las devastaciones que producen, por lo menos hasta que no tengan éxito los ensayos para desviarlos de su curso natural. Por el contrario hay ejemplos claros de “trayectorias” que sigue la economía de los países, que son el resultado de políticas *impuestas*, y luego justificadas “científicamente”.

Las consideraciones precedentes nos conducen a una clara conclusión: para establecer una real articulación entre las disciplinas, en un estudio integrado de sistemas ambientales, es necesario que los especialistas de cada dominio disciplinario reformulen la problemática de su propio campo a partir del marco epistémico que se haya acordado dentro del equipo de investigadores.



Así como el “inter” del *trabajo interdisciplinario* lo hemos situado en los *procesos* del sistema a estudiar, el “inter” de la *articulación interdisciplinaria* lo situamos en el marco epistémico que guía la formulación inicial de los problemas.

En la Sección 3 hemos propuesto una metodología para lograr un diagnóstico integrado de un sistema ambiental, y para abordar el Estudio de políticas alternativas. Las fases que allí hemos indicado responden a una de las preguntas formuladas al final de la Sección 2.3: “¿cómo *articular la participación* de los investigadores en un estudio integrado?” La propuesta es de carácter operativo, y constituye una metodología de trabajo.

El siguiente problema ha sido “¿cómo *articular las contribuciones que puede ofrecer cada disciplina?*” Aquí el problema no es metodológico sino conceptual y epistemológico. Las consideraciones precedentes sobre la necesidad de un marco epistémico común constituyen, desde nuestra perspectiva epistemológica, las bases para una propuesta coherente con la anterior.

En efecto, en la propuesta para la elaboración del diagnóstico, por ejemplo, las cinco primeras fases señaladas en la Sección 3.1 tienden a establecer tanto una problemática común, como los objetivos comunes de todas las investigaciones disciplinarias del sistema. Es allí donde el equipo *multi-* (o *pluri-*) disciplinario se transforma en equipo interdisciplinario. Es allí donde, *frente a cada caso* concreto, se plantean los problemas de “racionalidad ambiental”.

Solamente después de profundas discusiones sobre esas fases preliminares de la investigación se puede acometer la fase 6, sin que la distribución de los problemas por disciplina implique una fragmentación de la problemática inicial en trozos que, luego de procesos de elaboración independiente, resulten imposibles de integrar.

Aquí es necesario hacer una pausa para despejar algunas confusiones persistentes aún entre investigadores que comparten los conceptos de una “racionalidad ambiental”. Compartir un marco epistémico y concordar en el análisis de una problemática común no significa poseer una teoría común omniabarcante de toda esa problemática. Sí significa compartir una posición crítica frente a conceptos basados en “verdades científicas” a medias, erigidas en mitos: las ventajas comparativas, la productividad, el eficientismo, la modernización, la sobrepoblación.

Quienes han sostenido que la destrucción de esos mitos se hace desde una teoría general suelen afirmar también que la aplicación de esos mitos en la explotación abusiva de recursos no es sino un corolario de los modelos de acumulación capitalista. Esta afirmación es equívoca, y requiere dos tipos de aclaración.





En primer lugar, si bien es cierto que la acumulación capitalista, generalmente orientada hacia la obtención de máximas ganancias en el mínimo de tiempo, conduce a formas de explotación que se justifican con argumentos donde entran en juego dichos mitos, no puede negarse que también varios de ellos encontraron aplicación en el mundo socialista.

Por otra parte, la cuestión no se resuelve señalando al culpable. El desafío que el estudio integrado de sistemas ambientales plantea a los científicos es la detección y el análisis de los *mecanismos* de deterioro físico y social. Sin ese conocimiento no es posible orientar la búsqueda de políticas alternativas. Y no existe una teoría de *todos* los mecanismos, porque los procesos que tienen lugar en distintos sectores de la realidad son específicos de cada dominio, aunque su génesis última responda a causas comunes. La búsqueda de una teoría general es utópica. Ni aún en el dominio más restringido de la Física existe *una* teoría que explique todos los fenómenos.

Esto plantea nuevamente la necesidad de estudios disciplinarios y su articulación. Pero no una articulación de resultados, a *posteriori* de los estudios parciales, sino una articulación desde el inicio, que se va perfeccionando a través de las sucesivas fases de diferenciación e integración descriptas en 3.1.

La concepción de la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, esbozada en este artículo constituye un instrumento poderoso para lograr dos tipos de integración:

- La articulación de los estudios que realicen los integrantes de un equipo, en la práctica concreta de la investigación.
- La interpretación de la evolución de un sistema, como totalidad organizada en la cual los diversos elementos (subsistemas) están en constante interacción y donde se interconectan procesos con distintas escalas espaciales y temporales.

## 5. Algunas reflexiones sobre la formación de científicos sociales

Los diversos capítulos de este libro, presentados desde la perspectiva que ofrece la disciplina de los respectivos autores, convergen en muchos aspectos fundamentales. Hay consenso en la crítica a la situación imperante en cada una de las disciplinas, en lo que se refiere a la insuficiencia de los enfoques “tradicionales” para el tratamiento de lo que hemos llamado “la problemática ambiental”. Hay también coincidencia en que los problemas allí involucrados tienen raíces profundas en la sociedad.



La pregunta última hacia la cual se encamina toda la argumentación -que estuvo en el origen de esta obra- es ¿cómo se forman profesionales e investigadores capaces de abordar esa problemática con una visión que abarque la diversidad de aspectos que han quedado planteados en la obra?

En este artículo hemos presentado un marco conceptual que creemos puede ser útil para intentar una respuesta a esa pregunta en sus múltiples dimensiones. Para ello, debemos analizarla desde una perspectiva diferente, replanteando el problema desde el contenido mismo del concepto de problemática ambiental. ¿Cuál sería un punto de partida adecuado?

Es posible concordar -racional o emocionalmente- con Hebe Vessuri cuando declara que “el ambiente es una categoría existencial”, aunque es difícil tomarlo como premisa de un argumento, porque interpretado al pie de la letra colocaría el estudio del ambiente más allá del alcance de la ciencia empírica.

Por otra parte, Pablo Gutman, en una lúcida sección titulada “La cuestión de las racionalidades”, señala que el interés en un desarrollo alternativo dentro del cual se inscribe la temática ambiental replantea el problema de la racionalidad económica con una nueva urgencia”. Y, a renglón seguido, declara que “frente a la insatisfacción de las declaraciones ambientales corrientes, las ciencias sociales deberían mejorar nuestros conocimientos sobre el proceso de constitución de valores, racionalidades y conductas, y el conflicto y coexistencia entre diferentes racionalidades”.

Sin embargo, el camino que va de una comprensión de “el proceso de constitución de valores, racionalidades y conductas”, o de una vivencia sanreana del ambiente, hasta poder establecer las bases para formar investigadores y profesionales imbuidos de esas concepciones, para la solución de los problemas ambientales concretos que afectan a la humanidad, es largo, sinuoso y cortado por abismos. Esto no significa que propongamos renunciar a esas formulaciones, sino que es necesario ubicarlas en el contexto apropiado.

El punto de partida que sugerimos es más *terre-a-terre*; nos ha surgido en los numerosos estudios de caso que hemos desarrollado en países de varios continentes, y está implícito en los análisis y propuestas de los autores de los capítulos precedentes. Se trata de tres situaciones cuyo reconocimiento es insoslayable.

En primer término, debemos tener clara conciencia de que estamos frente a problemas de un alcance mucho mayor que el correspondiente a la temática central de este libro. Las cuestiones que plantea la problemática ambiental para la economía, la antropología o la ecología no están en modo alguno restringidas al medio ambiente ni son generadas por él. No intentamos con esto desechar lo que afirman los respectivos autores sino, por el contrario, realzarlo.



En segundo lugar, parecería que la problemática ambiental actúa muchas veces como detonante que dispara el mecanismo de apertura de un telón que deja al descubierto el escenario dramático del mundo contemporáneo.

Hay mil millones de desnutridos, según cifras de la OMS. Uno de cada cinco niños que nacen en el Tercer Mundo muere antes del primer año de vida, por factores derivados de la miseria. La pobreza de un gran sector de la humanidad aumenta en proporciones crecientes. La lista de calamidades sociales podríamos continuarla, pero no es necesario para nuestro propósito. Muchas de esas situaciones -pero no todas- tienen una vinculación causal con el deterioro ambiental (aunque hay una concomitancia progresiva entre la extensión de la miseria y la devastación de vastas regiones del planeta). Los cambios de enfoque que preconizan los autores de esta obra para sus propias disciplinas son tan necesarios, cuando se trata del medio ambiente, como cuando se desea investigar la desnutrición o la pobreza.

Hay un tercer punto que es pertinente considerar en este contexto. Los problemas señalados no son nuevos excepto en las dimensiones que han adquirido las catástrofes. Lo que sí es nuevo es el hecho de que los problemas del medio ambiente hayan pasado a primer plano en la atención de los gobiernos y de los organismos internacionales. No es muy aventurado pensar que esa prioridad mundial que adquirió la problemática ambiental se debe, en buena medida, a que también los “grandes” están ahora entre las víctimas. La mitad de la Selva Negra esta aniquilada: ni Schubert, ni Strauss podrían hoy inspirarse frente al Rhin o al Danubio: y en las grandes ciudades, el “smog” ignora insolentemente las diferencias de clase. Tampoco es aventurado inferir que esas son las razones por las cuales la lucha contra la contaminación recibe el mayor apoyo frente a otros problemas de deterioro ambiental, como aquellos que han generado hambrunas en extensas regiones del Tercer Mundo. Los tres puntos precedentes conducen a algunas conclusiones que no creemos que puedan ignorarse si se pretende formular una propuesta global sobre las preguntas formuladas al inicio de esta Sección. En forma condensada señalaremos prioritariamente las siguientes:

- Para los científicos sociales, y en particular aquellos que pertenecen a lo que fue considerado como Tercer Mundo (aunque hoy todas esas designaciones han quedado obsoletas), aquella parte de la problemática ambiental que les concierne directamente, está indisolublemente unida a la problemática general, social y política.
- Preparar científicos sociales capaces de enfrentar esa problemática requiere un cambio profundo en la formación de los científicos –“sociales” o “naturales”- que signifique una toma de conciencia de la dimensión social de la ciencia y de la responsabilidad social del



científico. Parecería una extraña redundancia, o aún una ridícula paradoja hablar de la responsabilidad social del científico social, pero no lo es. La problemática ambiental puede servir aquí también de detonante, dado el reconocimiento universal de la gravedad de la situación en ese dominio, siempre que no se restrinja la temática al solo campo de la contaminación.

- La toma de conciencia de estos problemas no se puede dejar para un postgrado o para un “invisible college”. ¿O es que se piensa que sólo quienes hagan un postgrado en economía ambiental o en antropología ambiental deben tomar contacto con la problemática analizada por Pablo Gutman o Hebe Vessuri? No cabe duda de que lo que ellos plantean queda bien ejemplificado con el medio ambiente. ¿No es eso, sin embargo, sólo una parte de la problemática general del Tercer Mundo?

## 6. Conclusiones

A manera de conclusión, y a riesgo de ser reiterativos, nos parece necesario sintetizar las principales implicaciones de los análisis que hemos presentado en las secciones precedentes:

1. La gravedad de los problemas planteados por la problemática ambiental, así como sus proyecciones sociales, económicas y políticas, han puesto de manifiesto serias limitaciones en los estudios realizados para diagnosticar la raíz de los problemas, para prevenirlos, o para generar políticas que detengan y reviertan el deterioro.
2. Una de las limitaciones tiene como fuente la fragmentación ilegítima de los problemas. La mayoría de los estudios son de carácter sectorial, circunscriptos al dominio de una disciplina. Los casos, menos frecuentes, de estudios multi-sectoriales se realizan por simple adición de estudios parciales, ignorando las características sistémicas de los procesos fundamentales involucrados en la problemática ambiental. El presente artículo contiene una propuesta de análisis sistémico capaz de superar esa limitación.
3. La segunda limitación es correlativa con la anterior y tiene que ver con la estrechez de los marcos conceptuales dentro de los cuales se mueven las disciplinas. Los diversos autores de esta obra han insistido en la necesidad de reformular los enfoques tradicionales en cada una de sus respectivas disciplinas, con el doble objetivo de extender su dominio de aplicación y de incorporar temáticas comunes con otras disciplinas para permitir la articulación de sus análisis.



4. La ampliación del dominio de problemas que abarca cada disciplina no es sólo un requerimiento de la problemática ambiental. Como ya hemos puesto de manifiesto, esta última está actuando como detonante de una situación de crisis en las ciencias sociales, en lo que concierne a su capacidad para tratar los problemas estructurales que afectan particularmente a los países del llamado Tercer Mundo.

5. Los capítulos precedentes contienen los elementos necesarios para poner de relieve la orientación que deben tener los estudios sobre problemas ambientales vistos *desde* cada una de las disciplinas involucradas. Pero muestran, además, ámbitos de convergencia, complementación y articulación de los diversos dominios disciplinarios. Sin embargo, en este artículo hemos sostenido que cuando se trata de un sistema ambiental complejo, no basta con visualizar desde cada disciplina los problemas allí involucrados para luego “poner juntos” los resultados de los respectivos análisis. Un sistema complejo funciona como una totalidad. Los procesos que allí tienen lugar están determinados por la interacción de elementos o subsistemas que pertenecen a dominios disciplinarios diversos y cuya contribución a cada proceso no es enteramente separable de las otras contribuciones. Esta consideración adquiere fundamental importancia cuando se estudia la *evolución* del sistema como tal, por cuanto *la dinámica de la totalidad no es deducible de la dinámica de los elementos considerados aisladamente*.

Si se aceptan los cinco puntos precedentes parece necesario considerar varios niveles de acción en la formación de profesionales e investigadores en el campo de la problemática ambiental:

- Hay un *nivel epistémico*, que condiciona el marco ideológico dentro del cual se inscribe la “racionalidad ambiental” varias veces referida en esta obra. En la Sección 4 hemos analizado la significación y alcances de los marcos epistémicos. La discusión de esta temática creemos que debe formar parte de la formación de profesionales e investigadores, *en todos los niveles y todas las disciplinas* involucradas en las temáticas que hemos considerado.
- Viene, luego, un *nivel disciplinario* donde se inscriben los análisis y recomendaciones hechos por los autores de los diversos capítulos precedentes. Creemos absolutamente necesario que *la enseñanza universitaria* de las respectivas disciplinas se modifique en ese sentido. Lograr ese objetivo debería ser parte esencial de los esfuerzos que se realizan actualmente, tanto en el orden nacional como internacional, con referencia a las grandes temáticas de la problemática ambiental y el desarrollo sostenido.



- Finalmente, el estudio y la práctica de la investigación de sistemas complejos -que llamaremos el nivel sistémico- debería formar parte de programas de postgrado desarrollados sobre la base de proyectos concretos de investigación interdisciplinaria.

## Anexo

### Unidad y multiplicidad en las ciencias

El problema que hemos planteado en este trabajo es la posibilidad misma de estudios interdisciplinarios que no sean la simple adición de estudios parciales realizados en forma independiente por especialistas de diversas disciplinas. La respuesta a este problema es imperativa por cuanto desde la concepción del estudio integrado de un sistema complejo que incluya procesos que resultan de la interacción entre la sociedad y el sistema productivo, conjuntamente con el medio ecológico que lo sustenta, expuesta en este trabajo es utópica, o bien debe demostrarse la factibilidad misma de lograr una articulación entre aquellas disciplinas que estudian aspectos específicos del sistema y concurren a un estudio integrado. Afirmar que esa articulación es factible implica negar las frecuentes barreras conceptuales que suelen establecerse entre las diversas ciencias.

En efecto, la metodología propuesta en este trabajo sería inaplicable si se pudieran establecer demarcaciones estrictas entre las disciplinas, y la concepción de un estudio integrado de sistemas ambientales que hemos considerado en este libro quedaría desvirtuada. En particular, si se mantuviera una separación tajante entre las llamadas “ciencias de la naturaleza” y “ciencias del hombre” —como es aún corriente entre buen número de científicos sociales— sería cuestionable plantearse una investigación sobre los procesos determinados por las interacciones entre el medio físico y la sociedad.

No sería lícito, sin embargo, declarar borrada dicha dicotomía sólo porque es impuesta por la necesidad de un estudio sociedad/naturaleza. El problema lo planteamos de manera inversa: el rechazo de las dicotomías, por razones epistemológicas e históricas, abre la *vía* a los estudios “integrados”, sin hacer violencia a las disciplinas en juego. La fundamentación de esta afirmación nos obliga a incursionar, aunque sea brevemente, en cuestiones concernientes a la historia de la ciencia y a las clasificaciones de las ciencias.



Es bien sabido que una de las principales causas de interés en clasificación de las ciencias, quizás desde la biblioteca de Alejandría en adelante, ha sido la preocupación de los bibliotecarios por el ordenamiento de los libros. Con mucha frecuencia, la base para distinguir una disciplina como una “ciencia separada de las otras” fue simplemente el uso de un término, como lo señaló Kotarbinski agudamente: “Se suele considerar que “filosofía” es una ciencia específica; quienes así lo hacen, clasifican como “filosofía” todo aquello, sólo aquello, que alguna vez fue designado así”.

La antigüedad clásica no establecía diferencias entre el estudio de los problemas de la naturaleza y los del hombre. En la Física de Aristóteles, el movimiento se refiere tanto al desplazamiento de los cuerpos, como al pasaje de la enfermedad a la salud, o de la ignorancia a conocimiento.

Las clasificaciones posteriores al trivium y quadrivium fluctúan en la elección de los criterios. Es asombroso observar, sin embargo, la persistencia de viejas ideas a través de los siglos. En la famosa clasificación de Francis Bacon, la “historia natural” se presenta dividida según los cuatro elementos de la tradición griega (tierra, agua, aire, fuego). Esta distinción más que anacrónica para su época, se encuentra aún en el siglo XVIII, como lo atestigua la Enciclopedia de Diderot D'Alembert.

No es este el lugar para revisar las numerosas clasificaciones propuestas en cada época. Aquí sólo haremos referencia a dos períodos de la historia del pensamiento que se plasmaron en dos posiciones antagónicas con respecto a la ubicación de las ciencias dentro del campo del conocimiento. El propósito de esta elección es poner de manifiesto el origen de una polémica que sigue siendo actual. Creemos que la historia muestra claramente la *raison d'être* de cada posición, así como sus limitaciones y la vía para superarlas.

Quizás sean el economista y jurista inglés Jeremy Bentham, y el físico francés Andre Ampere quienes introdujeron de manera neta 1a dicotomía entre ciencias de la naturaleza y ciencias del hombre. Ambos desarrollan sendas clasificaciones, muy profusas, con abundantes neologismos en un esfuerzo por organizar “todos” los campos de conocimiento.

Ampere introduce una primera dicotomía entre lo que él llama ciencias cosmológicas y ciencias neológicas (derivando esta palabra del “nous” griego). Luego, por dicotomías sucesivas, agrupa lo que él considera como formas posibles de conocimiento de la realidad, en tres niveles, el tercero de los cuales contiene 128 ciencias especiales, muchas de ellas fruto de su inventiva.

Las ciencias cosmológicas y las ciencias neológicas corresponden, con excepción de las matemáticas, a lo que Wundt llamará luego “ciencias de la naturaleza” y “ciencias del



espíritu”, distinción a la que este último autor atribuye “extraordinaria importancia”. Una dicotomía similar será vigorosamente defendida por Windelband, centrando su análisis en la diferencia entre ciencias nomotéticas e ideográficas. Con ciertas variantes, Rickert y Dilthey se convertirán en los máximos exponentes de esta posición.

Los argumentos entonces utilizados no pueden aceptarse hoy como válidos, aunque siguen siendo sostenidos por no pocos científicos sociales. En su época, sin embargo, tuvieron plena justificación. Para entender por qué surgieron con tanta fuerza es necesario recordar su contexto histórico.

En la segunda mitad del siglo XIX la concepción newtoniana de la ciencia estaba en su apogeo. Las ideas de Newton, contenidas en la obra cumbre de la Revolución Científica del siglo XVIII: *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, habían sido rechazados por los cartesianos como meras descripciones geométricas, sin contenido explicativo. Fueron los propios franceses, sin embargo, quienes más contribuyeron a completar y ofrecer pruebas empíricas de la teoría en el transcurso del siglo XVIII. En el siglo siguiente dos eminentes pensadores, William Thomson (Lord Kelvin) y Helmholtz, afirmarán, con expresiones similares, que ninguna teoría científica sería aceptable como tal si no pudiera ser expresada en términos de la física “newtoniana”. Las “meras descripciones” de la mecánica de Newton, que ni siquiera eran admitidas como “Física”, habían pasado a ser, en poco más de un siglo, el paradigma dominante de toda la ciencia.

La reacción contra esta posición es explicable y ampliamente justificada. No se cuestionó que la “explicación científica” de los fenómenos de la naturaleza consistiera en reducir todos los cambios del *mundo físico* al movimiento de masas materiales bajo la acción de “fuerzas centrales” independientes del tiempo; no se cuestionó que todo lo que ocurre en el *mundo físico* se reduzca a la mecánica de los átomos; lo que no podía aceptarse era que los hechos pertenecientes a lo que Rickert llamó la “ciencia histórica” o “ciencia cultural” fueran susceptibles de tal reducción. Quienes se negaban a aplicar el paradigma newtoniano a las humanidades tenían razón, lo que no sospechaban era que dicho paradigma tampoco era aplicable a los fenómenos de las “ciencias de la naturaleza”, excepto en un dominio muy restringido, y que la concepción Newtoniana de la Física había caducado.

Con la revolución científica que tiene lugar a comienzos del siglo XX, entran en crisis los conceptos más básicos de la ciencia: espacio-tiempo, causalidad, materia. La crisis obliga a una reconsideración de los fundamentos mismos de toda ciencia, lo cual conduce indudablemente a un análisis en profundidad de problemas epistemológicos. Esta tarea es emprendida por las poderosas escuelas neopositivistas (Viena, Berlín), quienes intentarán una reformulación rigurosa de posiciones empiristas que culminará en el Empirismo





Lógico. A partir de allí se iniciará el más ambicioso intento de unificación de todas las ciencias desde una perspectiva estrictamente reduccionista.

No podemos entrar aquí en detalles sobre la enorme tarea de “construcción racional de la ciencia” que emprendió el empirismo lógico, seguido por otras escuelas empiristas afines. Baste señalar que estas posiciones dominaron la filosofía de la ciencia durante la primera mitad del siglo, y que su influencia ha sido tan extraordinaria que sus concepciones perduran aún explícita o implícitamente, en la concepción de la ciencia de muchos científicos, particularmente del mundo anglosajón.

La principal reacción se produjo a mediados del siglo desde la teoría de la ciencia. Kuhn, Russell Hanson, Toulmin, entre otros, dieron a mostrar que la evolución histórica de las teorías científicas respondía a la imagen de la ciencia que emergía de dichas posiciones empiristas. Fue necesaria, sin embargo, la crítica proveniente de las corrientes epistemológicas para poner en tela de juicio las premisas que les servían de fundamento. Aquí nos circunscribiremos a considerar las tesis referentes a la “unidad de la ciencia” y a la solución reduccionista. Uno de los más conspicuos representantes de la escuela, Rudolph Carnap, resume la posición en los siguientes términos:

“No hay, en el presente, unidad de las leyes. La construcción de un sistema homogéneo para la totalidad de la ciencia es un objetivo para el futuro desarrollo de la ciencia. No puede demostrarse que el objetivo sea inalcanzable, pero está claro que no sabemos si podrá ser logrado. Por otra parte, hay una unidad de lenguaje en la ciencia, es decir, una base común de reducción para los términos de todas las ramas de la ciencia, y esta base consiste en un estrecho y homogéneo conjunto de términos del lenguaje de objetos físicos (the physical thing-language). Podemos proponernos desarrollar la ciencia cada vez más en la dirección de un sistema unificado de leyes sólo en virtud de contar ya en el presente con un lenguaje unificado” (1955: 61)

El problema que se plantea Carnap es similar al que nos planteamos nosotros. En efecto, él sostiene, en la misma página, que “el uso práctico de las leyes consiste en hacer predicciones con su auxilio”, y que en situaciones complejas “una predicción no puede estar basada en nuestro conocimiento de una sola rama de la ciencia”.

Carnap encuentra la solución de este problema en la unidad de lenguaje de todas las ciencias: “Si los términos de diferentes ramas no tuvieran conexión entre sí, tal como lo permite la base homogénea de reducción, sino que fueran de carácter completamente diferente, como lo suponen algunos filósofos, luego no sería posible relacionar enunciados particulares y leyes de diferentes dominios, de manera de poder deducir predicciones a partir de ellos” (ibid: 62)



El planteo del problema es correcto, pero la solución no resiste a la crítica. Además de las dificultades epistemológicas que encontramos en ésta formulación, las objeciones que tenemos contra las posiciones reduccionistas pueden englobarse en una sola que es también aplicable a las diversas clasificaciones de la ciencia a las cuales hemos hecho referencia: la ambigüedad en el uso del término “ciencia” y la arbitrariedad, tanto en los criterios de comparabilidad, como en la identificación de las interrelaciones entre las disciplinas.

Quien ha formulado, a nuestro juicio, con mas lucidez y profundidad cuáles son los problemas involucrados en las interrelaciones entre las grandes disciplinas científicas fue Jean Piaget, tanto en su estudio “El sistema y la clasificación de las ciencias”, como en su análisis sobre “La situación de las ciencias del hombre en el sistema de las ciencias”.

La propuesta piagetiana, apoyada en una concepción constructivista de la teoría del conocimiento, presenta una concepción de lo que él llama “el sistema de las ciencias” como “una estructura de orden cíclico e irreductible a toda forma lineal”. Aceptando una agrupación de las ciencias en cuatro grandes conjuntos (ciencias lógico-matemáticas; ciencias-físicas; ciencias biológicas y ciencias psico-sociológicas), Piaget comienza por establecer que el término “ciencia” recubre cuatro grandes dominios o niveles, en cada uno de los cuales las disciplinas se relacionan entre sí de manera diferente:

- a) Dominio material, definido como el conjunto de objetos a los cuales se refiere cada disciplina (números, funciones, objetos físicos, biológicos, energía, operaciones mentales, clases sociales).
- b) Dominio conceptual, definido como el conjunto de teorías o conocimientos sistematizados elaborados por cada ciencia acerca del dominio material.
- c) Dominio epistemológico interno, que corresponde al análisis de los fundamentos de cada disciplina, es decir, a la crítica de su aparato conceptual y de las teorías de su dominio conceptual.
- d) Dominio epistemológico derivado, que analiza las relaciones entre el sujeto y el objeto en la ciencia considerada, es decir, el marco epistemológico más general de los resultados obtenidos por dicha ciencia, comparándolo con el de las otras ciencias.

El análisis piagetiano muestra el carácter cíclico de las relaciones entre las disciplinas en los dominios a y d, así como la complejidad de las interrelaciones entre los cuatro grandes grupos de ciencias mencionados, dentro de cada dominio. Se puede aceptar o rechazar este análisis en sus detalles, pero es indudable que echa por tierra tanto la ingenuidad de las propuestas reduccionistas como las posiciones irreductibles de quienes



ven en la “especificidad” de cada dominio material un obstáculo para el estudio interdisciplinario con una metodología general e integrativa. La propuesta piagetiana responde, así, a la preocupación de Carnap, pero con una solución de gran riqueza que no arrastra con la especificidad de las distintas disciplinas, sino que muestra los fundamentos epistemológicos de sus múltiples articulaciones.

Los sistemas ambientales cuyo estudio es el tema central de los trabajos contenidos en el presente volumen, son sistemas complejos, que están constituidos, y de allí su denominación de complejos, por elementos heterogéneos en interacción, lo cual significa que sus subsistemas pertenecen a los “dominios materiales” de muy diversas disciplinas. La concepción piagetiana del “sistema de ciencias”, con sus dominios circulares y su red de interrelaciones, remueve todo obstáculo teórico para articular los estudios que se realicen en los diversos dominios materiales. Esto no significa, sin embargo, que sea fácil superar las dificultades prácticas de articulación de tales estudios, como lo hemos señalado en el texto.

El camino queda, pues, abierto para el trabajo de equipos interdisciplinarios, entendido como un esfuerzo de cooperación entre diversos especialistas que buscan integrar sus estudios, cada uno de los cuales cubre aspectos parciales de una realidad compleja. Este resultado es importante y constituye una *condición necesaria* para que sea posible hablar de investigación interdisciplinaria. No creemos, empero, que el problema quede resuelto de esta manera. Más aún, no creemos que éste sea el punto de partida para su solución. La experiencia muestra que *la integración de resultados* difícilmente supera la etapa de simple acumulación aditiva de conclusiones aisladas. De allí la necesidad de un marco conceptual y metodológico como el que hemos propuesto en este artículo. La propuesta debe de interpretarse como el señalamiento de una vía posible para responder al desafío que plantea el estudio interdisciplinario de un sistema complejo.

## Referencias bibliográficas

Apostel, L. (comp.) (1975). *Interdisciplinarietà. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades*. México: ANUIES.

Bertalanfy, L. von (1968), *Teoría general de sistemas*. Madrid: FCE (El planteamiento general del problema está en el capítulo 5, que reproduce un trabajo publicado en 1940).



Carnap, R. (1955), "Logical Foundations of the Unity of Science". *International Encyclopedia of United Science*, Vol. I. University of Chicago Press.

García, R. (1984), *Food Systems and Society: A conceptual and a methodological Challenge*. Ginebra: UNRISD (La primera versión circuló como publicación interna de UNRISD en 1978).

----- (1986), "Conceptos Básicos para el Estudio de Sistemas Complejos", en Leff, E. (coord.), *Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo*. México: Siglo XXI.

----- (1987), "Sociology of Science and Sociogenesis of Knowledge", en Inhelder, B. (ed.) (1987), *Piaget today*. London: Lawrence Erlbaum Associates

García, R. et al. (1981), *Nature Pleads not Guilty*. Oxford: Pergamon Press.

García, R. et al. (1981), *Nature Pleads not Guilty*. Oxford: Pergamon Press.

----- (1988a), *Modernización en el Agro: ¿Ventajas comparativas para quién? El Caso de los Cultivos Comerciales en el Bajío*. México: UNRISD/IFIAS/CINVESTAV.

----- (1988b), *Deterioro Ambiental y Pobreza en la Abundancia Productiva. El Caso de la Comarca Lagunera*. México: IFIAS/CINVESTAV

----- (19), "The Structure of Knowledge and the Knowledge of Structure", en Piaget, J., *Past and Present*.

Glansdorff, P. y Prigogine, I. (1971), *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. London: Wiley-Interscience.

Kotarbinski, T. (1966), *Gnoseology: The scientific approach to the theory of knowledge*. London: Pergamon Press.

Nicolis, G. y Prigogine, I. (1977), *Self Organization in Non~quilibrium System* New York: Wiley.

Piaget J. y García R. (1982), *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Madrid: Siglo XXI

----- (1988), *Hacia una Lógica de Significaciones*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.