

CENTRO DE ESTUDIOS AVANZADOS

U E A  
[E]O

LA INVESTIGACION INTERDISCIPLINARIA  
DE SISTEMAS COMPLEJOS

Rolando García

Serie materiales 1/91

Instituto de Salud Colectiva  
Universidad Nacional de Lanús  
México - Buenos Aires  
1991

## Indice

1.	INTRODUCCION	P.	1
1.1.	Los enfoques tradicionales de la investigación interdisciplinaria	P.	8
1.2.	Necesidades de un nuevo marco conceptual	P.	12
2.	CARACTERISTICAS DE UNA METODOLOGIA DE INVESTIGACION INTERDISCIPLINARIA	P.	15
2.1.	El objeto de estudio	P.	15
2.2.	Marco conceptual	P.	19
2.3.	Los estudios disciplinarios	P.	22
3.	CONCEPTUALIZACIONES Y METODOLOGIAS EN EL ESTUDIO DE SISTEMAS COMPLEJOS	P.	24
3.1.	El diagnóstico	P.	25
3.2.	Acciones concretas y políticas alternativas	P.	32
4.	LAS BASES DE LA ARTICULACION DISCIPLINARIA	P.	38
	ANEXO	P.	45
	UNIDAD Y MULTIPLICIDAD EN LAS CIENCIAS	P.	45
5.	CONCLUSIONES	P.	56
	Bibliografía	P.	60

## LA INVESTIGACION INTERDISCIPLINARIA DE SISTEMAS COMPLEJOS

### 1.- INTRODUCCION

La historia de la ciencia muestra un desarrollo en el que pueden determinarse etapas sucesivas que podríamos caracterizar, de manera esquemática, como "períodos de análisis" y "períodos de síntesis". En el mundo contemporáneo estamos viviendo un de estos últimos períodos.

La interconexión y la interdependencia de los problemas a nivel nacional e internacional han tenido un reconocimiento progresivo. La dramaticidad de algunos procesos como la devastación de los sistemas ecológicos a nivel mundial o la extensión de la desnutrición hasta alcanzar cifras pavorosas no puede ya ser ignorada, ni por los gobiernos, ni por los organismos internacionales. La magnitud y la complejidad de los problemas allí involucrados han puesto de manifiesto la insuficiencia de los estudios tradicionales, basados en el trabajo fragmentario de especialistas, para analizar a fondo esos procesos y diagnosticar sus causas, menos aún para establecer los cambios de políticas que son necesarios para revertirlos.

El conocimiento tecnológico no es ya un obstáculo para encontrar soluciones adecuadas.

El presente trabajo continúa esfuerzos precedentes para desarrollar un marco conceptual y metodológico que pueda utilizarse como instrumento para la planificación y

ejecución de estudios sobre problemáticas complejas del tipo que hemos señalado. El marco, aquí bosquejado tiene fundamentos teóricos cuyo desarrollo excedería en mucho los límites de esta presentación. Por otra parte, hemos preferido plantearlo con referencia a una problemática muy concreta, para no quedarnos al nivel especulativo de una teoría abstracta. El ejemplo elegido es una temática sobre la cual hemos trabajado durante más de quince años, en investigaciones que nos han permitido realizar una interacción permanente entre teoría y práctica, en numerosos "casos de estudio" en diversas partes del mundo, y que están referidas a los llamados "problemas ambientales", en sentido muy amplio. Al interés teórico de estos estudios, se suma hoy la indiscutible prioridad que se le ha dado a esta problemática a nivel mundial.

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; en el otro, se incluyen situaciones tales como las condiciones insalubres de vida en grandes centros urbanos, o el deterioro de recursos naturales en extensas regiones, con sus repercusiones sociales y económicas.

Este trabajo no se ocupará del tipo de situaciones del primer grupo de problemas mencionados. 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 aquí expondremos, 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 sociedad, 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.

La "complejidad" de un sistema no está 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. Como hemos ya indicado, esto le daría al sistema un carácter solamente pluri-, o multi-, disciplinario. Además de la heterogeneidad, la característica determinante de un sistema complejo es la 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 sostenido de una 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.

En este trabajo, llamaremos investigación interdisciplinaria al tipo de estudio que requiere un sistema complejo.

En la Sección 1.1 expondremos críticamente las concepciones más corrientes de la interdisciplinaria, para mostrar sus profundas diferencias con nuestra concepción.

El concepto de "sistema ambiental" reúne las características de lo que hemos denominado "sistema complejo", y será el ejemplo al cual referiremos nuestras consideraciones sobre marcos conceptuales y metodológicos. Pero ellas tienen un carácter muy general y son aplicables a sistemas complejos en muchos otros dominios.

Llamaremos "problemática ambiental" al conjunto de problemas que se plantean en los estudios de sistemas ambientales, incluyendo el diagnóstico de los procesos que allí se desarrollan, las consecuencias que tienen fuera de

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 aquél que podemos asignarle en expresiones como "substancia compleja", y 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. Sin embargo, tan ricos y necesarios como puedan llegar a ser dichos estudios, la simple suma de ellos rara vez podría servir como interpretación de los procesos que determinan el funcionamiento del sistema como tal, es decir, como totalidad organizada y abierta, cuya dinámica es mantenida por los flujos de intercambio con sistemas "externos". La necesidad de un estudio interdisciplinario surge cuando se trata de diagnosticar las propiedades estructurales del sistema.

- Es obvio que la constitución de equipos capaces de realizar un estudio integrado de un sistema resulta imprescindible cuando está en juego la totalidad del sistema y no solamente algún sector del mismo. La interdisciplina es allí necesaria y solo puede ser obra de un equipo con marcos epistémicos, conceptuales y metodológicos compartidos. De esto último se ocupa este capítulo.

### 1.1. Los enfoques tradicionales de la investigación interdisciplinaria

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 ése 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 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.

Una 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 conocer en profundidad ninguna disciplina. Se piensa que está, por consiguiente, particularmente bien 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

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 equivocada. ¿Qué estudio sería ése 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 retringirse a considerar

solamente algunos aspectos de la problemática involucrada y resultan insuficientes para llegar a una solución integral. 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 entre los fenómenos y los procesos que son objeto de estudio. La interdisciplinariedad surgirá como un subproducto de dicho análisis.

## 2. CARACTERISTICAS DE UNA METODOLOGIA DE INVESTIGACION INTERDISCIPLINARIA

La metodología de trabajo interdisciplinario que en este capítulo nos proponemos desarrollar responde a la necesidad de lograr una síntesis integradora de los elementos de análisis provenientes de tres fuentes:

- a) El objeto de estudio (que en el ejemplo que hemos tomado como referencia es ambiental) fuente de una problemática no reducible a la simple yuxtaposición de situaciones 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.

### 2.1. El objeto de estudio

El punto de partida es el reconocimiento de que hay problemas complejos (o situaciones complejas) de la realidad que no pueden ser estudiados (descritos y explicados) "sumando" simplemente enfoques parciales de distintos

especialistas. 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. Pero esta afirmación puede ser equivocada.

En efecto, si las disciplinas fueron surgiendo históricamente, ello demuestra que fue posible identificar fenómenos que pudieron ser considerados con independencia de otros fenómenos con los cuales estaban vinculados, y que pudieron ser estudiados en sí mismos. De allí surgió el inmenso bagaje científico sin el cual ningún tipo de estudio sería posible.

Dijimos más arriba que no toda investigación requiere estudios interdisciplinarios. ¿Cuándo una investigación tiene ese carácter? La respuesta es simple y ya la hemos dado en la Introducción: cuando el objeto de estudio es un sistema complejo, es decir, 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, tal como se han definido en la Introducción, son sistemas complejos. A riesgo de ser repetitivos, precisemos qué significa esta aserción.

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, etc.

La heterogeneidad de los fenómenos y de los componentes del sistema ambiental, 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 esas "totalidades" o sistemas no tienen 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, por consiguiente, 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 tal posición no puede servir de base a ninguna teoría del conocimiento. 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:

\* Véase García (31)

- (i) 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 primer pregunta tiene hoy su respuesta en una "teoría general de sistemas", esbozada ya por Bertalanffy<sup>†</sup> a mediados del siglo, pero 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

---

\* Véase referencias en la Bibliografía

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.\*

La segunda pregunta concierne a la metodología de la investigación interdisciplinaria. Ya hemos señalado que ella no se logra "poniendo juntos" los especialistas de diversas disciplinas y pidiéndoles que articulen sus resultados. La interdisciplinarietà comienza desde la formulación misma de los problemas, antes de los estudios disciplinarios, se prolonga en un largo proceso de investigación (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.

\*\* cf. García [7]

\* Los aspectos teóricos están resumidos en [2] y [3]; las aplicaciones están referidas en "estudios de caso" [5] y [6]

### 2.3.- Los estudios disciplinarios

Todo equipo de investigadores que aborde el estudio interdisciplinario de un sistema complejo, como lo es un sistema ambiental en sentido amplio, 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 aquí presentamos.

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 ligero 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 METODOLOGIAS 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 integrado 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 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 sostenido 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 generando) procesos de deterioro en el medio físico, con orígenes y repercusiones en el medio social.

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 que se va a estudiar y que constituye un 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 del 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. Dentro del ejemplo particular que hemos tomado para este trabajo, la tarea comienza con la identificación de un área geográfica donde se desarrollan procesos que presentan problemas específicos, en relación con cierto tipo de fenómenos característicos y de situaciones típicas que definen, en primera aproximación, la problemática a estudiar. En general, se dispone de suficiente conocimiento de dichos fenómenos o situaciones 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 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 ejemplo, son situaciones características del medio físico, del sistema productivo y del sistema socio-económico, 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 corresponden en modo alguno a ningún principio como el de "acción y reacción" en Física. La acción de un cultivo sobre el medio físico, y la "reacción" de éste 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 comprehensivo 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 podrían enumerarse las siguientes fases de ese proceso:

(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 los elementos que permitan preparar el camino para reconstruir la historia de los procesos cuyas interrelaciones definirán el sistema.

(3) Primera 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 (es decir, con las interacciones entre lo que hemos definido como "elementos" del sistema, y lo que hemos dejado "fuera" de él).

(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 y planificación de trabajos sobre temas especializados que requieren estudios en profundidad.

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 las transformaciones posibles 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.

Desde esta perspectiva 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.

Esto requiere 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. Para cada propuesta, será necesario, por consiguiente, elaborar un "sistema reconstruido" que representara las condiciones en que quedaría el sistema actual si se implementara la 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 identificar para cada uno de ellos la velocidad de desarrollo de los procesos generados en sus subsistemas, el período 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 ARTICULACION 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 (1) 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 pueden 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 que aquél 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

---

\* cf. [3].

consecuencia del desequilibrio entre la producción y el crecimiento demográfico buscará (y sin duda encontrará) información muy diferente de la que buscan quienes conciben dicha situación como 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 la investigación. Dicho de otra manera: los "hechos" que el investigador se esfuerza por explicar corresponden a sus propios esquemas conceptuales. Este 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 extra-disciplinaria 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

\* Un análisis histórico referido a un caso concreto lo hemos presentado en [4].

En la Sección 3 hemos propuesto una metodología para lograr un diagnóstico integrado y para abordar el estudio de políticas alternativas, tomando como ejemplo un sistema ambiental. 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.

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.

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

La concepción de la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, esbozada en este capítulo 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.

## 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 concepción de un sistema complejo integrado que incluya procesos que resultan de la interacción entre la sociedad y el sistema productivo, conjuntamente con el medio ecológico que lo sustenta, puso sobre el tapete la cuestión de la factibilidad misma de lograr una articulación entre aquellas disciplinas que estudian aspectos específicos del sistema. Afirmar que esa articulación es factible implica negar las frecuentes barreras conceptuales y metodológicas 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 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 la 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, y sólo aquello, que alguna vez fue designado así" (1).

La antigüedad clásica no estableció diferencias entre el estudio de los problemas de la naturaleza y los del hombre. En la Física de Aristóteles, el movimiento se

1 Tadeusz Kotarbinski: Gnosiology: The scientific approach to the theory of knowledge (Pergamon Press, 1966).

refiere tanto al desplazamiento de los cuerpos, como al pasaje de la enfermedad a la salud, o de la ignorancia al 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 y D'Alembert.

No es este el lugar para revisar las numerosas clasificaciones propuestas en cada época. Aquí solo haremos referencia a dos periodos 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 André Ampère quienes introdujeron de manera neta la 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 del conocimiento.

Ampère introduce una primera dicotomía entre lo que él llama ciencias cosmológicas y ciencias noológicas (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 noológicas 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 porqué 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 XVII 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" ó "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 ineludiblemente 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 las 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 "reconstrucción 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 en el mundo anglosajón.

La principal reacción se produjo a mediados del siglo desde la historia de la ciencia. Kuhn, Russell Hanson,

Toulmin, entre otros, pudieron mostrar que la evolución histórica de las teorías científicas no respondía a la imagen de la ciencia que emergía de dichas posiciones empiristas (2). Por otra parte, la crítica epistemológica puso en tela de juicio las premisas que les servía de fundamento. En el Anexo 2 nos ocuparemos de esta problemática general. Aquí nos circunscribiremos a la crítica de las tesis referentes a la "unidad de la ciencia" y a la solución reduccionista. Uno de los más conspicuos representantes de la escuela, Rudolf 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 este 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 termino 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

---

2 Véase por ejemplo:

virtud de contar ya en el presente con un lenguaje unificado" (3).

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".(4)

El planteo del problema es correcto, pero la solución no resiste a la crítica. Además de las dificultades epistemológicas que encontramos en esta 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

3 Rudolf Carnap: Logical Foundations of the Unity of Science, International Encyclopedia of Unified Science; Volume I, p: 61 (University of Chicago Press, 1955).

4 Loc. cit. p. 62.

comparabilidad, como en la identificación de las interrelaciones entre las disciplinas.

Quien ha formulado, a nuestro juicio, con más lucidez y profundidad son los problemas involucrados en las interrelaciones entre las grandes disciplinas científicas, Jean Piaget tanto en su estudio "El sistema y la clasificación de las ciencias" (5), como en su análisis sobre "La situación de las ciencias del hombre en el sistema de las ciencias" (6).

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 o biológicos, energía, operaciones mentales, clases sociales).

5. Jean Piaget: Le Systeme et la Clasificación des Sciences, en Logique et Connaissance Scientifique, Encyclopédie de la Pléiade (Gallimard, 1967, p. 1172).

6. Jean Piaget: Epistémologie des Sciences de l'homme (Gallimard, 1970, cap. 1).

- B.- Dominio conceptual, definido como el conjunto de teorías o conocimientos sistematizados elaborados por cada ciencia acerca de su 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 arrasa con la especificidad de las distintas

disciplinas, sino que muestra los fundamentos epistemológicos de sus múltiples articulaciones.

Los sistemas complejos 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 este 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 propuesta metodológica contenida en la Sección 3.

## 5.- 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 capítulo 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, ésta 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 capítulo hemos sostenido que cuando se trata de un sistema ambiental complejo, no es suficiente 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.

100

100



Instituto de Salud Colectiva  
Universidad Nacional de Lanús

## Bibliografía

- [1] Apostel, Leo (comp.): Interdisciplinarietà. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades (ANUIES, México 1975).
- [2] Bertalanffy, Ludwig von: General System Theory (George Braziller, New York 1968).. El planteamiento general del problema está en el capítulo 5, que reproduce un trabajo publicado en 1940.
- [3] García, Rolando:
- [1] Nature Pleads not Guilty (Volumen 1 de la serie "Drought and Man", Pergamon Press, 1981). Resumen trabajos del período 1975-1978. Con colaboradores.
- [2] Food Systems and Society: A conceptual and a Methodological Challenge (UNRISD, Ginebra, 1984). La primera versión circuló como publicación interna de UNRISD en 1978.
- [3] "Conceptos Básicos para el Estudio de Sistemas Complejos", en Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo, coordinado por E. Leff (Siglo XXI, México, 1986).
- [4] "Sociology of Science and Sociogenesis of Knowledge", en Piaget Today (Lawrence Erlbaum, Hove and London, 1987).

- (5) Modernización en el Agro: Ventajas comparativas para quién? El Caso de los Cultivos Comerciales en el Bajío (UNRISD/IFIAS/CINVESTAV, México, 1988). Con colaboradores.
- (6) Deterioro Ambiental y Pobreza en la Abundancia Productiva. El Caso de la Comarca Lagunera. (IFIAS/CINVESTAV, México, 1988). Con colaboradores.
- (7) "The Structure of Knowledge and the Knowledge of Structure", en Piaget: Past and Present, Puffal, editor (en Prensa).

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

Nicolis, G. y Prigogine, I.: Self-Organization in Nonequilibrium Systems (John Wiley, New York, 1977).

Piaget, J. y García, R.:

- (1) Psicogenesis e Historia de la Ciencia (Siglo XXI, México, 1982).
- (2) Hacia una Lógica de Significaciones (Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 1988).

Instituto de Salud Colectiva

Universidad Nacional de Lanús