



# La complejidad ambiental

*Enrique Leff (coordinador)*

*Silvio Funtowicz, Bruna de Marchi, Isabel Carvalho,*

*Jorge Osorio, Rubén Pesci, Daniel Luzzi,*

*Javier Riojas, Joaquín Esteva, Javier Reyes, Maritza Gómez*



**XXI** siglo  
veintiuno  
editores



SILVIO FUNTOWICZ\*  
BRUNA DE MARCHI\*\*

CIENCIA Y SUSTENTABILIDAD

El reforzamiento de la capacidad científica ha sido establecido como una de las piezas claves del desarrollo sostenible. La Agenda 21<sup>2</sup> enfatiza la necesidad de "reforzar las bases científicas para llevar a cabo una gestión sostenible".

El Informe de la Secretaría General, preparado por el Consejo Social y Económico de las Naciones Unidas (UNSEC, 1998), en el capítulo 35 de la Agenda 21 'Ciencia para el Desarrollo Sostenible', expone que:

Habida cuenta de la creciente importancia que tienen las ciencias en relación con las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo, es necesario aumentar y fortalecer la capacidad científica de todos los países, especialmente de los países en desarrollo, a fin de que participen plenamente en la iniciación de las actividades de investigación y desarrollo científicos en pro del desarrollo sostenible. Hay muchas maneras de aumentar la capacidad científica y tecno-

\* European Commission, Joint Research Centre/Institute for Systems, Informatics and Safety (EC/JRC/ISIS).

\*\* Mass Emergencies Program (MEP), Institute of International Sociology - Gorizia, Italia.

<sup>1</sup> Las secciones 1 a 6 describen sumariamente el trabajo realizado con la colaboración de Jerry Ravetz y Martin O'Connor. Agradecemos a Serafín Corral Quintana la traducción de las secciones escritas en inglés o italiano, y sus comentarios acerca del manuscrito en su totalidad, y a Claudia Natenzon por su meticulosa lectura y revisión del texto.

<sup>2</sup> La Agenda 21, conjunto de normas tendentes al logro de un desarrollo sostenible desde el punto de vista social, económico y ecológico, fue suscrita en la Cumbre de la Tierra, que se celebró en 1992, en Río de Janeiro (Brasil), durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Es considerada un manual de referencia para la determinación de políticas empresariales y gubernamentales, así como para la adopción de decisiones personales con las que nos adentraremos en el próximo siglo. Puede ser consultada, en su versión en castellano, en: <http://www.rolac.unep.mx/agenda21/esp/ag21inde.htm>

lógica. Algunas de las más importantes son las siguientes: enseñanza y capacitación en materia de ciencia y tecnología, prestación de asistencia a los países en desarrollo para mejorar las infraestructuras de investigación y desarrollo que permitirían a los científicos trabajar en forma más productiva; concesión de incentivos para alentar las actividades de investigación y desarrollo y mayor utilización de los resultados de estas actividades en los sectores productivos de la economía.

Es necesario hacer especial hincapié en que los países en desarrollo fortalezcan su propia capacidad para estudiar su base de recursos y sus sistemas ecológicos respectivos y para ordenarlos mejor con objeto de hacer frente a los problemas en los planos nacional, regional y mundial.

A lo que se añade en párrafos sucesivos que la "...investigación necesita llegar a ser más pro-activa y centrarse en la prevención e identificación temprana de los problemas emergentes así como en las oportunidades, más que en su actual enfoque en el que los problemas se afrontan una vez que se han agudizado."

A tenor de esta exposición se plantea la pregunta, ¿qué tipos de problemas son los más críticos para el desarrollo sostenible y cómo la ciencia se puede movilizar mejor para darles respuesta? Los retos que afronta la ciencia en la búsqueda de la sustentabilidad no son solamente de tipo técnico; así, los aspectos empíricos y de metodología científica son retos fundamentales en el logro de un mejor entendimiento de nuestro medio natural y de los sistemas complejos del planeta. Finalmente, existen también aspectos de tipo moral y de procedimiento en la definición del rol del conocimiento científico y de las innovaciones que afectan a la gobernabilidad de los riesgos ambientales y tecnológicos, en relación a una gestión sostenible de los ecosistemas y a una comunicación efectiva de la información científica, en el logro de esos fines.

Los avances científicos están abriendo nuevos dominios en la innovación tecnológica, con potenciales consecuencias para la salud humana, la oferta energética, la producción de alimentos y la ingeniería ambiental. Estos campos de conocimiento avanzado conllevan muchas esperanzas para la humanidad, pero al mismo tiempo, ciencia y tecnología traen nuevos azares a la sociedad y nuevos retos para asegurar la calidad del proceso de decisión acerca de las innovaciones a adoptar.

Una característica de los nuevos dominios de las innovaciones científicas es su intervención en procesos biológicos complejos y ecosistemas, donde asegurar la calidad en términos de resultados es casi imposible. Esta dificultad requiere cierta reflexión. Durante mucho tiempo se ha reconocido que las actividades de producción industrial,

consumo y agricultura intensiva podían producir efectos indeseables o negativos en ecosistemas y en la calidad ambiental. Más recientemente se ha enfatizado que algunas de esas consecuencias adversas pueden tener un horizonte temporal de muy largo plazo, efectos irreversibles y una muy difícil gestión.

En estos momentos debemos aceptar e internalizar la preocupación de que las intervenciones científicas en procesos naturales complejos pueden constituir, en sí mismas, una fuente de generación de problemas, que afecten no solamente al medio natural sino también a la salud, al sustento de la población y las perspectivas económicas. Estos hechos son claramente observables en los riesgos que conlleva la industria nuclear y en las aplicaciones de biotecnología basadas en ingeniería genética; haciéndose también patente en el complicado y frágil sistema de producción de comida y comunicación de los que dependen las sociedades modernas. Así, muchos de los logros obtenidos en el proceso de incremento de la productividad dentro de la industria agro-alimentaria dependen de una permanente utilización de plaguicidas químicos, fertilizantes, semillas híbridas o genéticamente modificadas, así como de otros *inputs* de capital. Estos desarrollos tecnológicos pueden afectar sobremanera la vulnerabilidad de los sistemas de producción alimentaria ante cambios tecnológicos, naturales o económicos. La producción intensiva está ocasionando también, en muchas regiones, consecuencias negativas para la calidad de las aguas y suelos, viéndose afectada su productividad a largo plazo.

Deberemos aceptar que la relación entre los avances acaecidos en la ciencia y las tecnologías científicas, por un lado, y el desarrollo sostenible por otro, es compleja, ambigua y presenta múltiples facetas. El simple reconocimiento de los límites ecológicos en términos de producción y consumo económicamente sostenibles conlleva que "más *output*" no es lo mismo que "buen *output*". No necesariamente más conocimiento científico, expresado en términos de innovaciones tecnológicas, tendrá como resultado una sociedad más sostenible.

Ante todo esto se deben plantear importantes cambios en la relación existente entre los problemas que afronta la ciencia y las soluciones científicas consideradas necesarias. Algunos de estos cambios son:

- La ciencia debe tratar de suplir el déficit de conocimiento ante el crecimiento de problemas ambientales como la contaminación de las aguas, desechos radiactivos, disminución de recursos renovables, cambio climático y otros aspectos de la contaminación atmosférica, y efectos en los hábitats terrestres y acuáticos.

- La "ciencia para la sustentabilidad" tendría que estar orientada a problemas de sustentabilidad. Estas cuestiones incluyen aspectos complejos y difíciles, aquellos en los que nuestro conocimiento está fuertemente afectado por la incertidumbre, la ignorancia y el conflicto de valores.

El principal interrogante que se plantea es saber si la ciencia puede contribuir efectivamente al desarrollo sostenible. Ésta es una pregunta que la comunidad científica tiene que hacerse a sí misma. La práctica científica no está libre de valores, y tiene que encontrar sus justificaciones en las preocupaciones sociales prioritarias. El objeto del ámbito científico, en este nuevo contexto, sería impulsar el proceso de resolución social de problemas, incluyendo la participación y el aprendizaje mutuo entre los agentes involucrados, en vez de la búsqueda de "soluciones" definitivas o impuestas.

En este sentido, las orientaciones normativas de desarrollo sustentable deben guiar el trabajo científico hacia innovaciones tecnológicas que respeten los valores fundamentales de sustentabilidad, tales como la resistencia de los ecosistemas locales, la mitigación de los impactos provocados por el cambio climático, la eficiencia energética y la seguridad alimentaria impulsando, al mismo tiempo, la capacidad de las poblaciones locales de influir en los procesos de resolución de problemas. Una parte importante de las ideas aquí sugeridas, se dirigen al diseño e implementación de procesos de acuerdos sociales, con el fin de asegurar la calidad del conocimiento científico y de las aplicaciones tecnológicas. Esto conduce a la emergencia de nuevas instituciones sociales que tengan como función asegurar la calidad. En este tipo de ciencia, el conocimiento de un lugar específico y los recursos de las comunidades locales necesitarán ser integradas de forma complementaria al conocimiento universal de la práctica científica tradicional.

#### LA CIENCIA EN EL CONTEXTO DE LA COMPLEJIDAD

El gran éxito de la ciencia europea moderna fue la simplificación de la complejidad. El conocimiento abstracto, normalizado, dominó los particulares éxitos y procesos naturales. Sabemos ahora que por este éxito se pagó un precio.

La creencia de los fundadores de la ciencia moderna fue que la ignorancia sería conquistada por el poder de la razón. La incertidumbre era resultado de las pasiones humanas. La tarea de la ciencia era la

creación de un Método que asegurara la separación entre la razón y la pasión. Su objetivo era el descubrir los puros hechos "duros", no contaminados por sistemas de valores "blandos".

*El incipiente método científico incluía los siguientes supuestos: el sistema de la naturaleza podía ser dividido en componentes aislados casi estables, y los objetos de estudio podían ser separados del sujeto que los estudiaba. Eso ha dado como resultado una ciencia dividida en disciplinas (que es la base del sistema universitario) y el mito de una ciencia neutral, libre de valores, que legitima a los expertos. Al mismo tiempo que Europa conquistaba nuevos mundos, la ciencia moderna conquistaba la naturaleza: ambas conquistas están interrelacionadas.*

El éxito de la ciencia dio al Estado moderno un modelo legitimador en la toma de decisiones "racionales". El descubrimiento de los hechos verdaderos llevaba a tomar las acciones correctas. En otras palabras, lo Verdadero conducía al Bien. La racionalidad se convirtió en sinónimo de "racionalidad científica" y el conocimiento fue sinónimo de "conocimiento científico". Otras formas de conocimiento y otras apelaciones a la racionalidad, como el conocimiento práctico agrícola, medicinal o artesanal, fueron considerados de segunda categoría.

El sistema científico ha dado recientemente a la sociedad moderna una nueva comprensión de la noción de peligro, etiquetando las situaciones de peligro como "riesgos" sometidos a una evaluación probabilística cuantitativa (Beck, 1992, Giddens, 1991). La gestión de riesgos corresponde a los "sistemas expertos", es decir, a la ciencia, a la tecnología basada en la ciencia y a los expertos científicos. Se trata de un mecanismo diseñado para que la operación parezca puramente racional, pero valores e intereses (la pasión) están implícitamente presentes en el proceso, que esconde, al mismo tiempo, profundas incertidumbres científicas. Es la pasión y no la razón, la que da el contexto de confianza que hace falta para que la gestión del riesgo pueda funcionar bien. Algunos episodios recientes, como la enfermedad de las "vacas locas", muestran que el mecanismo que permite traducir el peligro en riesgo es ahora frágil, poniéndose en cuestión los métodos que permiten plasmar lo desconocido en términos cuantitativos o de control. Los intentos de los funcionarios para tranquilizar al público sirven sobre todo para confirmar que existe un peligro. El supuesto tradicional de que sólo la ciencia puede llegar a lo Verdadero, está ahora en entredicho.

De manera más general, se difunde el sentimiento de que el sistema científico (incluida la tecnología basada en la ciencia) es responsable de muchos de los problemas que percibimos en el ambiente natural y en

nuestra salud. La sociedad percibe también la conexión entre ese sistema científico y una ciencia económica que privilegia el crecimiento económico como la única forma de desarrollo, olvidándose de las cuestiones de equidad y justicia, y que adopta un despreocupado "optimismo tecnológico". Así pues, el Bien que deriva de la ciencia, también está en entredicho.

Si éste es actualmente el estado de la cuestión, podemos preguntarnos lo siguiente. Si la ciencia y la tecnología han creado esas patologías en nuestro sistema industrial, ¿serán ellas las que contribuirán a solucionarlas? Si la respuesta es negativa, ¿debería crearse una "nueva ciencia"?, ¿y cuál sería su quehacer?

Claramente, esa tarea no puede ser solamente el avance del conocimiento impulsado por una mezcla de curiosidad científica de los científicos y de ganancia económica o política de los patrocinadores de la investigación. Esa nueva ciencia se dirigirá, más bien, a resolver problemas de salud en la escala individual humana, de las comunidades, y del ambiente natural. Para lograr esto, su método será necesariamente, como antaño, una cierta simplificación de la complejidad, pero eso debe hacerse ahora en el contexto de una incertidumbre irreducible e incluso aceptando la ignorancia. Los supuestos básicos de la ciencia moderna deben modificarse para poder desarrollar una ciencia nueva, dirigida a los problemas de la sustentabilidad. Para hacer frente a esas nuevas cuestiones, la ciencia dividida en disciplinas tiene que convertirse en ciencia transdisciplinaria, y la razón debe reconciliarse con la pasión.

El sistema científico moderno y su modelo de toma de decisiones no puede por sí mismo dar respuestas completas a los problemas de salud individuales, sociales o ambientales. La salud sólo puede entenderse y abarcarse como un concepto sistémico que incluye una pluralidad de perspectivas legítimas. La ciencia posnormal proporciona un contexto, una práctica y un compromiso para que esos problemas reales de salud tengan una oportunidad de resolución auténtica.

En la ciencia posnormal, el principio organizador no es la Verdad sino la Calidad. La tarea no es ya la de expertos individuales que descubren "hechos verdaderos" para sustentar "buenas políticas"; más bien se trata de una tarea que recae en una comunidad extendida, que evalúa y gestiona la calidad de los inputs científicos, en procesos complejos de toma de decisiones donde los objetivos son negociados desde perspectivas y valores en conflicto. Necesitamos todavía una ciencia tradicional y una tecnología de buena calidad, pero sus productos deben ser incorporados en un proceso social integrador. De esta manera, el

sistema científico se convertirá en un *input* útil para nuevas formas de decisión política y de gobernabilidad.

#### LA CIENCIA POSNORMAL

En trabajos previos, la ciencia posnormal ha sido presentada como una estrategia de resolución de problemas apropiada a los problemas de gestión ambiental contemporáneos más importantes (véanse por ejemplo, Funtowicz y Ravetz, 1991, 1993; véase también O'Connor, *et al.*, 1996). Es una perspectiva que ha de aplicarse cuando típicamente, los hechos son inciertos, hay valores en disputa, lo que se pone en juego es muy alto y las decisiones son urgentes. Podemos visualizar esta situación como una en la que son muy grandes tanto las "incertidumbres de los sistemas" como "lo que se pone en juego en la decisión". Cuando ambos son pequeños, la tradicional "ciencia aplicada" es adecuada. Pero cuando se eleva su intensidad, entonces, la mera investigación de los expertos es insuficiente; podemos pensar en las tareas de un cirujano o de un arquitecto, que involucran juicios personales y responsabilidad frente a los clientes, es decir, "Consultora Profesional" (véase figura 1). Pero en esta nueva clase de problemas ambientales, donde tanto las incertidumbres como lo que se pone en juego es muy alto, se necesita un nuevo enfoque.

En particular, debemos reconsiderar la cuestión de quién puede ser un participante legítimo en el proceso de evaluación de la calidad de la toma de decisiones. Recomendamos una "Comunidad Extendida de Evaluadores o Peritos" incluyendo a todos los que ponen algo en juego en el tema, que estén preparados para el diálogo, no importa cuales sean sus certificaciones formales (Dryzek, 1994). Esta ampliación del conjunto de "pares" cualificados para dar su opinión en el proceso de evaluación (*peer-review*) se hace necesaria, no solamente para lograr la aceptación por parte de las comunidades afectadas, sino para asegurar la calidad efectiva de los *inputs* científicos en el proceso de toma de decisiones.

#### COMPLEJIDAD REFLEXIVA

En la ciencia posnormal hay una pluralidad de perspectivas legítimas y esto es esencial, puesto que, como hemos visto en el caso de los

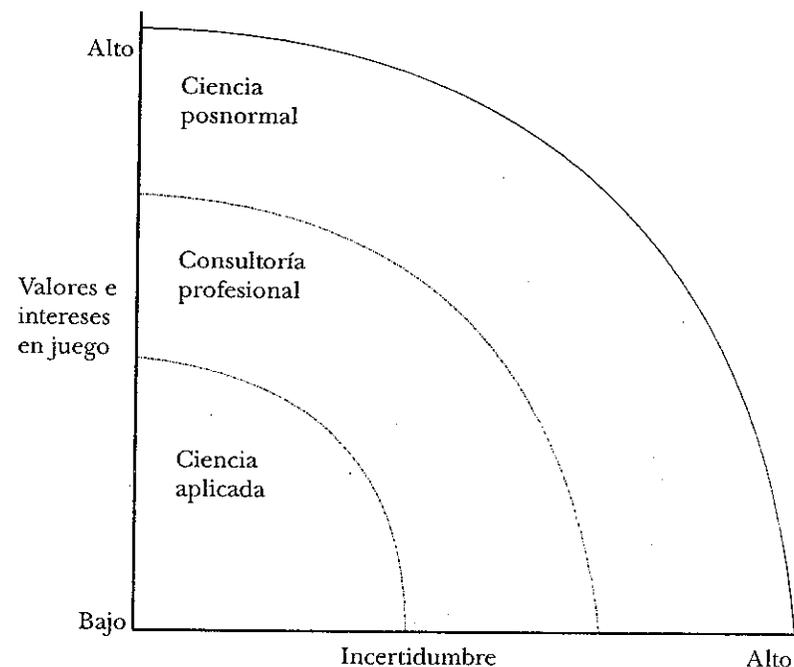


FIGURA 1.

problemas ambientales, los temas distribucionales no pueden ser dejados de lado, ya sea a través de incrementos de producción o de estudios científicos. En este nuevo tipo de contexto para la resolución de problemas, el ciudadano tiene un lugar junto con el experto y el administrador. Esta pluralidad irreductible de perspectivas nos recuerda diversas definiciones bien conocidas de complejidad. De esta manera, la ciencia posnormal nos proporciona una traducción de la teoría de los sistemas complejos a la esfera de la política científica. Motivados por la necesidad de fundamentar la ciencia posnormal en la teoría de sistemas, hemos introducido el concepto de "complejidad reflexiva".

Hasta ahora, la ciencia ha avanzado mucho a través del análisis y de la reducción. La forma apropiada para el sistema social de investigación ha reflejado esta estructura reduccionista de la resolución de enigmas dentro de paradigmas disciplinarios compartimentalizados como método apropiado para el progreso científico y el avance personal. No necesitamos argumentar aquí acerca de la inadecuación de esta concep-

ción tradicional de la ciencia para nuestros propósitos presentes. La combinación de la actividad de investigación fragmentada y del método científico hegemónico ahora está siendo repensada a raíz de la conciencia que existe sobre la contradicción y la pluralidad tanto en la naturaleza como en la ciencia. El compromiso metafísico de este programa se ha mostrado a través de su carencia comparativa de éxito cuando se aplica a sistemas que incluyen dimensiones más altas. Pues las ciencias del comportamiento nunca han "madurado" en el sentido kuhniano de proporcionar paradigmas estables para el progreso a través de una investigación que resuelve enigmas. La proyección hacia abajo ya ha sido eliminada de la perspectiva de los científicos (y, en consecuencia, del trabajo de investigación). Son precisamente esas propiedades de dimensiones elevadas las que de hecho definen a los sistemas de complejidad reflexiva.

El sesgo metafísico de la ciencia reduccionista surgió a partir de una lucha histórica entre la ciencia y la teología que se prolongó hasta el presente siglo. Luego, el "holismo" (y previamente el "diseño" y el "vitalismo") fueron focos de debate, pues estaban asociados con una estrategia particular de defensa de las realidades espirituales. Esto involucraba la negación de la posibilidad de una explicación científica (reduccionista) de lo que ahora denominamos propiedades emergentes, tales como los fenómenos característicos de la vida. En contra de esto se afirmaron los filósofos reduccionistas de la biología proponiendo doctrinas contrarias tales como las del "gen egoísta". De alguna manera, el enfoque sistémico tendía un puente entre el holismo y el reduccionismo. Por cierto, algunos elementos de sus orígenes están en la tradición "holista" tal como von Bertalanffy lo ha mostrado, mientras que otros están en las ciencias "duras", como la cibernética. Conocer estas batallas ideológicas del pasado nos ayuda a identificar los reductos que aún persisten en las teorías y enfoques actuales.

En virtud de que los sistemas que estudiamos incluyen la conciencia y los propósitos conscientes como elementos esenciales, para ser efectiva, la investigación de sistemas también debe incluir la conciencia y la autoconciencia. El investigador que resuelve enigmas, operando en un paradigma incuestionable que se apoya en las concepciones heredadas, tiene aquí un rol limitado. Cuando se reconoce la complejidad reflexiva, pero el ámbito del investigador no se reforma, nos encontramos con demandas de un enfoque "interdisciplinario" vagamente comprendido. En la práctica esto usualmente significa que cada científico hace su propio trabajo con la esperanza de que, de alguna manera, en algún

lugar será integrado y se tornará significativo. Hasta ahora los únicos medios de integración real del esfuerzo han sido la investigación "orientada a misiones" conducida dentro de emplazamientos institucionalizados, pero en ese caso el rol de los científicos se ve transformado, ya sea hacia arriba, acercándose al del administrador, o hacia abajo, acercándose hacia el técnico.

En los últimos años la teoría de los sistemas se ha desarrollado y enriquecido a través de un gran número de enfoques en los cuales las propiedades dinámicas se han incorporado a lo que originariamente era un concepto bastante estático; entre ellos está el de la complejidad que ahora es vista manifestándose en muchos contextos científicos. Estas nuevas ideas de sistemas, desarrolladas en conjunción con los conceptos de estructura, crecimiento, contradicción y cambio cualitativo, han proporcionado herramientas de análisis poderosas y han guiado la práctica en muchos campos. Los conceptos se han expandido en su aplicación desde campos abstractos de su origen hacia el estudio de los fenómenos en los mundos biológicos y sociales, y ha sido necesario afrontar los problemas de la relación de estos mundos con las realidades externas.

De la teoría de sistemas extraemos la distinción entre sistemas simples o meramente complicados, y sistemas complejos; los primeros son estudiados por la física clásica y los últimos por la ecología y las ciencias humanas. Los sistemas complejos son distinguidos como aquellos que no pueden ser captados por una perspectiva única (Casti, 1986, Atlan, 1991, O'Connor, 1994), y por ello el programa reduccionista de las ciencias naturales fisicalistas es definitivamente inapropiado. A su vez podremos ahondar en la "complejidad" y distinguir entre complejidad ordinaria y reflexiva. En la complejidad ordinaria, característica de los sistemas biológicos, hay una ausencia de la autoconciencia y de propósitos; el patrón de organización más común es la complementariedad de la competencia y de la cooperación con una diversidad de elementos y subsistemas. En contraste, la complejidad reflexiva (característica de los sistemas sociales, técnicos o mixtos, que incluyen a los humanos) frecuentemente oscila entre la hegemonía y la fragmentación. Tanto en los sistemas biológicos como en los sociales, la diversidad es deseable, y esto es particularmente relevante para la economía ecológica, pues la diversidad es la clave de la sustentabilidad. En la complejidad ordinaria, la diversidad acaece naturalmente, mientras que en la complejidad reflexiva exige una conciencia especial y un compromiso para que se logre y mantenga (Funtowicz y Ravetz, 1994a).

La complejidad reflexiva se distingue de otros aspectos de los fenómenos físicos estudiados en los enfoques científicos más clásicos. La manifestación más simple de la realidad física es aquella que puede ser captada por las herramientas de la física matemática clásica, y ésta ha funcionado como estándar para generaciones de científicos naturales y sociales. Más recientemente se ha descubierto la "complicación", caracterizada por la no linealidad de sus procesos y por la pérdida de la predicción teóricamente completa. Profundizando aún más, encontramos la complejidad ordinaria, caracterizada por la imposibilidad de ser "capturada" por una perspectiva única; para definirla es necesaria una pluralidad de perspectivas. En los sistemas vivientes usualmente incluye estructura y autoorganización. Mientras que la complicación no tiene teleología (aunque puede haber unidireccionalidad como en la teoría de Fourier acerca de los flujos de calor), la complejidad ordinaria tiene una teleología simple. Los límites entre las diversas clases no son claros; así, los sistemas disipativos estudiados por Prigogine están en el extremo inferior de la complejidad.

Podemos contrastar los sistemas complejos ordinarios y reflexivos en términos de sus patrones de estabilidad y cambio. El mantener a las especies biológicas en mente como ejemplo nos puede ayudar a hacer una lista de algunas propiedades relevantes de los sistemas ordinarios complejos. Gran parte de su comportamiento puede explicarse en términos de mecanismos enriquecidos con una teleología funcional, con metas de sistemas simples, tales como el crecimiento y la supervivencia. El estado normal de tales sistemas es la diversidad de elementos, coexistiendo con (lo que vemos como) una complementariedad de la competencia y la cooperación, de la predación, el parasitismo o la simbiosis. Los sistemas complejos ordinarios tienden a mantener una estabilidad dinámica en contra de las perturbaciones, hasta que se ven superados, lo cual puede ser el resultado de ataques directos, tales como incendios o invasores agresivos (por supuesto, para algunos propósitos será útil ampliar los límites del sistema de manera que se incluyan tales acontecimientos extremos ocasionales). Las ideas del caos y sus límites nos permiten simulaciones y análisis de procesos de articulación extraordinariamente sutiles, con gran variabilidad y diseño aparente.

Los sistemas complejos reflexivos, en contraste, no pueden ser explicados de manera mecanicista o funcionalista; en ellos al menos algunos de los elementos del sistema poseen individualidad conjuntamente con algún grado de intencionalidad, conciencia, prospectiva, propósito, representaciones simbólicas y moralidad. En los sistemas

complejos ordinarios, aunque las propiedades numéricas de los subsistemas (tamaños de poblaciones y densidad) puede variar fuertemente, la novedad entre elementos (un verdadero Origen de las Especies en tanto opuesto a la formación de variedades) es muy rara y no es fácil de explicar en términos de sistemas mecanicistas. Por otra parte, esta novedad puede situarse entre las propiedades características de la complejidad reflexiva.

Algunos aspectos importantes de los sistemas complejos reflexivos pueden estudiarse y manejarse con éxito como si fueran de complejidad ordinaria. Por cierto, puesto que somos seres naturales tanto como sociales, los aspectos emergentes de nuestros sistemas sociales y técnicos siempre serán, por así decirlo, como la punta de un iceberg, de los cuales la mayor parte es ordinariamente compleja. En otro sentido, puede argumentarse que en algunos aspectos ya no hay casos de sistemas complejos ordinariamente puros. Cualquier sistema natural, que sea de interés para nosotros, tiene propiedades que afectan nuestro bienestar; pero nuestra percepción de estos rasgos naturales está mediatizada por la cultura. Las formas en que describimos los sistemas y relaciones (por ejemplo, a través del uso de conceptos tales como "competencia" o "egoísmo") estructuran nuestro diseño de investigación y, aún más, toda la trama institucional de nuestras actividades de investigación.

La complejidad reflexiva es capaz de ofrecernos explicaciones de los fenómenos de gran escala y de las hegemonías que se han vivido en largos períodos dentro de la especie humana. Por hegemonía entendemos un estado del sistema donde las metas de un elemento o subsistema son totalmente dominantes, al punto de que todos los otros son aniquilados o sobreviven marginalmente. Este estado alterna (estructural y temporalmente) con la fragmentación, que es un conflicto entre hegemonías plurales. La mezcla de estas formas opuestas y polares de relaciones dependerá fuertemente del contexto; pero (como vemos ahora) los peligros de un colapso de las sociedades humanas hegemónicas hacia la fragmentación, son mayores de lo que habíamos imaginado previamente. Un fenómeno similar ha sido observado en el caso de los sistemas naturales; así, el abeto Krumholz puede producir troncos de árboles muy viejos con una alta densidad de árboles pequeños, como un tipo de "desierto biótico" hegemónico, que a pesar de tener un bajo desempeño puede persistir por mucho tiempo y resistir el colapso hasta que una fuerza externa o un fenómeno de más amplia escala finalmente lo destruya. Tales analogías y casos límites no necesitan ser usados para "reducir" las dimensiones más altas hacia las más bajas; pero casos tales

como este pueden iluminar fenómenos a partir de perspectivas alternativas.

#### LAS DIMENSIONES DE LA COMPLEJIDAD REFLEXIVA

Para comprender mejor la complejidad reflexiva utilizaremos una metáfora matemática proveniente de la teoría de los sistemas dinámicos, la de un espacio de fases multidimensional. Las dimensiones incluyen los atributos mecanicistas relevantes (espacio, tiempo, propiedades movibles), los atributos ordinarios/complejos de la estructura y función, y, además, los reinos técnicos, económicos, sociales, personales y morales. Estas dimensiones más altas se relacionan con el conocimiento y la conciencia y, por supuesto, no tienen el mismo tipo de relaciones métricas que las dimensiones más bajas. Tal como Aristóteles dijo, no podemos esperar la misma precisión del razonamiento en ética que en geometría. Podemos usar el término "topología" para indicar esta diferencia: las dimensiones inferiores tienen una topología "más dura" que permiten la medición y cuantificación con escalas ordinales, mientras que las dimensiones superiores tienen una topología "más blanda" en las que pueden describirse propiedades más cualitativas.

En matemáticas o en física, las configuraciones de más dimensiones algunas veces son estudiadas a través de sus proyecciones en subespacios de dimensiones inferiores; así, un problema tetradsimensional puede ser considerado fecundamente en diversos mapeos tridimensionales del objeto. Análogamente, nuestra interpretación de la teoría de sistemas corresponde al uso de las relaciones matemáticas para describir realidades biológicas o sociales. Sin embargo, también se sabe que en matemáticas las visiones parciales de menores dimensiones no abarcan el todo. Así, incluso los ejes tridimensionales tienen propiedades que no pueden ser concebidas en una o dos dimensiones. Por otra parte, las propiedades de dimensiones superiores pueden aparecer paradójicas o contraintuitivas, tal como en el caso de la bien conocida cinta de Möbius. Estos ejemplos nos recuerdan que las "dimensiones", tal como se las describe aquí, son cualitativamente diferentes de los niveles de integración que son familiares en la biología, pues ellos generalmente son estratificados a través de la inclusión; así, el organismo incluye los órganos, el órgano incluye la célula, etc. y las propiedades emergentes se aplican a todos los demás agregados. Las dimensiones en nuestros sistemas fase-espacio se superponen con los niveles biológicos mencionados, pero se extienden

a otros aspectos sistémicos como dimensiones "más altas" (por ejemplo, el simbolismo y la conciencia).

Con el uso de la metáfora de la fase-espacio esperamos mostrar la necesidad de una toma de conciencia que permita trascender las propias limitaciones defensivas y abrir la imaginación. Un ejemplo ilustrativo de las relaciones entre las dimensiones de los sistemas fase-espacio es el del péndulo. El "péndulo simple" es por cierto un ejemplo clásico de ciencia mecanicista exitosa. Sus orígenes legendarios son las de una necesidad reduccionista: en vez de responder a los aspectos estéticos y religiosos de los censores eclesiásticos, el joven Galileo observó que su frecuencia de oscilación parecía permanecer constante aun cuando las ramas disminuyeran en amplitud. Ahora bien, todos los estudiantes de mecánica aprenden la ecuación simple del movimiento del péndulo, resoluble a través de una función sinusoidal. Pocas veces se dice que esta ecuación involucra un proceso que va de la complicación a la simplicidad, pues la ecuación dinámica real del péndulo simple no es capaz de proporcionar una solución formal.

La ecuación que el estudiante resuelve, como "aproximada", es efectivamente la ecuación exacta para un péndulo que se mueve a lo largo de un cicloide en vez de un círculo. Ante la publicación de Galileo y de sus resultados, esto fue elaborado en un breve periodo de tiempo, principalmente por Huygens. ¿Por qué es (o ha sido) importante todo esto? El péndulo parecía ser, en esa época, la clave de un problema técnico que tenía grandes consecuencias políticas: la determinación de las longitudes. Era importante para una navegación segura y también para la determinación de los límites de los territorios de ultramar. Por lo tanto, los errores en la teoría galileana del péndulo circular y su corrección, eran problemas de considerable peso práctico cuyas dimensiones iban de lo matemático-mecánico hacia lo altamente político, y estaban completamente apreciados como tales por aquellos involucrados en ello.

Estos ejemplos nos recuerdan que no hay ninguna perspectiva simple desde la cual dentro de un subsistema de dimensiones más bajas podamos abarcar completamente la realidad de todo el sistema. En los términos de nuestro espacio de fases heurístico, un modelo matemático de un ecosistema -aunque sea legítimo en sus propios términos- no puede ser suficiente para un análisis completo de sus propiedades; que incluyen las dimensiones humanas del cambio ecológico y las transformaciones de las percepciones humanas a lo largo del proceso. En el otro extremo, las representaciones institucionales y culturales del mismo

sistema, también legítimas, son también insuficientes para especificar lo que debería hacerse. Las diversas dimensiones no son totalmente disyuntas; así, la perspectiva institucional puede ser fundamento para el estudio de las relaciones sociales de los procesos científicos. Tomar una percepción particular o una proyección en subespacio como verdadera, como un real o total, equivale a un reduccionismo ya sea físico o biológico.

#### SUSTENTABILIDAD Y CIENCIA POSNORMAL

La complejidad reflexiva nos proporciona un marco teórico coherente y rico a través del cual la ciencia puede trascender las restricciones impuestas por las constricciones disciplinarias tradicionales. Ilustraremos esta perspectiva con una aplicación en la selección de prioridades y estándares de políticas de sustentabilidad.

El establecimiento de estándares se relaciona con un amplio rango de intereses políticos, incluyendo cuestiones de conservación del ecosistema, mantenimiento de la calidad del ambiente (incluso el manejo de desechos tóxicos) y provisiones para el uso de recursos renovables. Los análisis económicos de base para la gestión de los recursos naturales y el ambiente (ahora denominado de manera muy difundida "capital natural") pueden clasificarse en términos de órdenes "simples" o "complejos" de explicación, de los cuales dependen.

En un extremo está lo que podríamos denominar reduccionismo monetarista, que intenta representar todas las situaciones de toma de decisiones como problemas de "asignación óptima de recursos" o "maximización de la riqueza". Este enfoque, basado en suposiciones axiomáticas acerca de la sustentabilidad entre los *inputs* de producción y las fuentes de utilidad individual, deriva de hecho de una analogía mecanicista en el siglo XIX y corresponde a lo que hemos denominado forma "simple" de análisis científico. El rol de la ciencia sería, según este enfoque, simplemente proporcionar valores numéricos para los parámetros relevantes del modelo tales como las elasticidades de sustitución.

En otro extremo están los enfoques ecologistas que reducen la complejidad de la toma de decisiones a la obligación (moral) de la conservación de la naturaleza. Esto es un reflejo comprensible cuando se enfrenta con la alarmante evidencia de los cambios ecológicos irreversibles, los compuestos tóxicos, etc. Sin embargo, la determinación de las reglas apropiadas para la conservación ecológica y para la susten-

tabilidad no es una cuestión simple de investigación científica y su aplicación. Hay dimensiones sociales y políticas irreductibles de los juicios de valor y también de las elecciones.

Conjuntamente con las dimensiones superiores de la complejidad reflexiva están los enfoques analíticos que enfatizan problemas de incertidumbre y de irreversibilidad, de conflicto social y de cambio social como dimensiones irreductibles de la gerencia ecológica. Dentro de esta perspectiva más rica, la prosecución de soluciones "optimizadoras" para la gerencia del capital natural es rechazada como ilusoria. Antes bien, se piensa que los objetivos sociales, económicos y ecológicos deben establecerse como normas explícitas a través de procesos de negociación política que involucran un compromiso respecto de cuestiones que están subyaciendo a la disputa.

Por una parte, los análisis científicos no son suficientes para determinar las exigencias de sustentabilidad sin ambigüedades. Esto es en parte porque la mayoría de los problemas ambientales se caracterizan por un estado fluido e incompleto de conocimiento científico, acompañado por impredecibilidades inherentes a los sistemas complejos. Todas las mediciones ambientales están sujetas a incertidumbres de distinto grado de intensidad y de tipos diferentes desde el punto de vista cualitativo. Expresar indicadores ambientales usando diversos dígitos significativos equivale a una hiperprecisión engañosa (Funtowicz y Ravetz, 1990). También hay problemas con la conmensurabilidad que se ve en las dificultades que se tienen al hacer agregaciones significativas de diferentes tipos de cantidades físicas y de propiedades expresadas en una variedad de unidades. Si las emisiones de SO<sub>2</sub> disminuyen mientras que aquellas de NO<sub>x</sub> aumentan, ¿cómo podemos decidir si el estado del ambiente ha mejorado, ha empeorado o sigue siendo el mismo? Cada vez se reconoce más en los niveles más altos de la política que no hay ningún valor único que pueda captar la diversidad de perspectiva y valuaciones que están presentes en cualquier tema que concierne al ambiente (Comunidad Europea, 1993). Además, los que ponen algo en juego en la decisión pueden tener compromisos acerca de su ambiente, que literalmente están "más allá de todo precio" y, en estos casos, todas las cuantificaciones son profundamente engañosas (*idem*, véase también Funtowicz y Ravetz, 1994b).

Por otra parte, en virtud de las incertidumbres -la complejidad de las funciones del ecosistema y de las escalas temporales prolongadas involucradas- estas normas no pueden establecerse a través del uso de métodos de evaluación económica convencionales y, en cualquier caso,

su logro no puede asegurarse solamente a través de mecanismos de mercado para la asignación de recursos. Así, aún cuando las bases científicas de la toma de decisiones sean claras, no hay garantías de que las normas propuestas sobre la base de metas biofísicas especificadas serán respaldadas por un consenso social. Ahora se reconoce oficialmente que sin un fuerte compromiso social no hay manera de asegurar el respeto por los principios de la sustentabilidad ambiental y económica (Comunidad Europea, 1993). Esta es una razón por la cual afirmamos que los estándares ambientales deberían ser acordados a través de procesos de participación pública que involucraran un amplio rango de personas que ponen algo en juego. Los procesos de decisión se ajustarán así a un tipo de racionalidad de procedimiento, que toma lugar a través de un proceso iterativo de negociaciones y compromisos con la meta de finalizar con una solución que sea satisfactoria en términos de los imperativos económicos, sociales y ecológicos. Podría decirse que la selección de los niveles de funciones ambientales "deseables" o a ser "sostenidos" equivale a una elección del proceso, que reside esencialmente en el dominio político más que en el científico; pero en la práctica lo mismo ocurre con la especificación de una función de demanda para la calidad ambiental y para la especificación de una tasa de descuento temporal (relacionando las preferencias temporales individuales con las obligaciones respecto de las generaciones futuras) (Comunidad Europea, 1993, *ibidem*).

Hablando en términos muy amplios, adoptar la sustentabilidad como norma política significa afirmar una solidaridad entre el presente y el futuro. Esto se refiere especialmente a la riqueza en común del medio biofísico como un hábitat compartido. Sin embargo, esta formulación genérica no es por sí misma suficiente para obtener una política efectiva. Además, tiene que haber un reconocimiento claro y explícito de realizar elecciones con respecto a los "intereses" particulares (económicos, sociales y ecológicos) que han de ser sostenidos. El manejo ambiental sostenible implica realizar elecciones con respecto a los ecosistemas particulares, a los hábitats de las especies, a valores heredados y a estructuras comunitarias que han de ser preservados y a los que se ha de alimentar. Los grupos sociales diferenciados por su ubicación geográfica temporal y en la estructura socio-económica, su herencia cultural, su identidad colectiva, su experiencia de vida y, por lo tanto, sus "preferencias", tendrán prioridades ampliamente diferentes. Las políticas de sustentabilidad, en consecuencia, deben dirigirse y resolver dos tipos de problemas distribucionales: por un lado lo que es, lo que será

o lo que debería ser la distribución de la riqueza; es decir, de la riqueza, de los derechos políticos y económicos, de las oportunidades económicas; y, por otro, el acceso a los beneficios ambientales y a sus bienes, primero, en la generación actual y luego, en el futuro. Por ejemplo:

- ¿Qué esfuerzo ha de ponerse en la conservación de las especies y cómo debería ser distribuido entre diferentes especies y diferentes regiones de un país o del mundo?
- ¿Con cuánta urgencia deberían los estándares que se relacionan con la producción, el almacenamiento y la descarga de toxinas de larga duración (como las de los metales pesados, los residuos de plaguicidas y los desechos nucleares) ser formulados y de acuerdo con qué nociones de prudencia?
- ¿Qué peligros (si es que los hay) para la salud humana y para la estabilidad ecológica son considerados aceptables en el desarrollo sobre bases experimentales y la aplicación comercial de biotecnologías que involucran organismos genéticamente modificados?
- ¿Hasta qué punto han de ser modificados los bosques nativos, las tierras húmedas u otros sistemas de flora autóctona, o hasta qué punto se los debe perturbar para propósitos de ganancia forestal (por ejemplo, el desarrollo agrícola) o preferencias de estilos de vida (por ejemplo, casas semirurales, desarrollos costeros para residencias, turismo y propósitos recreativos)?

En un sentido, todos estos problemas se deciden sobre la base de balancear los costos y los beneficios. Pero esto no es un proceso de optimización en el sentido neoclásico de maximización de la riqueza. ¿No se evitan las cuestiones políticas acerca de los costos para quién, de los beneficios para quién, de los peligros pesando para quién, dónde y cuándo? En otras palabras, ¿las percepciones de quién y los principios de quién van a prevalecer, los intereses de quién contarán más y los de quién menos? Aquí la práctica científica, incluyendo la priorización de las investigaciones y la diseminación de los resultados necesariamente está entrelazada con procesos políticos más amplios. ¿Cómo elegimos entre los diversos resultados particulares, económicos y ecológicos que podrían ser factibles dentro del marco de la actividad de sustentabilidad de largo plazo? Una política de sustentabilidad efectiva depende de la posibilidad de poner en su lugar a los procesos sociopolíticos para decidir acerca de los propósitos económicos, sociales y económicos a ser perseguidos. Esto es lo que el establecimiento de normas ecológicas significa en la práctica.

La investigación científica para la sustentabilidad debe ser planificada

en estrecha relación con el marco institucional para la formación de políticas ambientales y los procesos de decisión. Por una parte, es necesario extender la categoría de los "hechos" relevantes para el análisis y la gerencia de los problemas ambientales. Por otra parte, es obligatorio extender el número y el tipo de actores, tanto individuales como colectivos, legitimados para intervenir en la definición de los problemas tanto como en la selección e implementación de las políticas conectadas. Esta tensión no satisface sólo las exigencias de la toma de decisiones democrática sino que también mejora la calidad de las decisiones. En otras palabras, la manera adecuada de conducir un proceso de decisión influye dramáticamente sus resultados. Además de los "hechos" extendidos debemos reconocer a las comunidades de pares extendidas.

El uso de los recursos naturales, la gestión del ecosistema y las políticas de "conservación", son cuestiones de elecciones sociales colectivas que no pueden resolverse a nivel de los enfoques individualistas de la valuación, elección y propiedad de los recursos. La aceptabilidad social de una elección particular o de una propuesta dada dependerá mucho de cómo se conduzca el proceso de investigación científica, de cómo se tomen las decisiones y de cómo la gente perciba la "equidad" tanto de ambos procesos como de los resultados para decidir la distribución de las cargas, los sacrificios, las pérdidas y las oportunidades. Más aún, la historia reciente ha mostrado cómo grandes proyectos planificados de arriba hacia abajo, sobre la base de principios aparentemente firmes de la ciencia o del mercado, han sido vulnerables y han fracasado en el largo plazo. Ejemplo de ello son las series de las grandes proyectos de represas en el Tercer Mundo que han sido cancelados durante su construcción. El conocimiento y el compromiso de la gente local finalmente se están transformando en algo reconocido como ingrediente esencial para un genuino "desarrollo" (Norgaard, 1994). Ignorar los aspectos emergentes de tales sistemas complejos es invitar no meramente a un desastre ecológico a la larga, sino también a un rechazo y un colapso de los proyectos en un futuro próximo.

Hay una relación compleja de retroalimentación que se da entre las teorías científicas y la comprensión científica del cambio de los ecosistemas, por un lado, y la evolución de las instituciones sociales y el imaginario cultural (hábitos de pensamiento y normas) concernientes al ambiente, por otra. Una implicación de esta complejidad es que la definición de los *inputs* científicos en el diseño de políticas se torna menos simple que en la era industrial. No sólo los objetivos de aplicar el conocimiento científico son cuestiones de controversia social. Tam-

bién lo son las incertidumbres científicas en lo que concierne a riesgos y posibles beneficios donde hay que tomar decisiones importantes. El dejar de lado las creencias simples en el progreso material y moral significa que ya no hay la misma confianza acerca de las soluciones que se dan solo a través de la capacidad técnica.

Tratar con los problemas ambientales exige en consecuencia abrir los procesos analíticos y de toma de decisiones a categorías más amplias de hechos y de actores, que aquellos tradicionalmente legitimados. Por una parte, la vieja distinción entre hechos duros y valores blandos está siendo reemplazada por un marco "hechos blandos/valores duros". Por otro lado la distinción entre expertos y no expertos está perdiendo significación. De cierta forma, cuando nos enfrentamos a un problema ambiental, todos los que ponen algo en juego son expertos desde puntos de vista diferentes y con respecto a diferentes aspectos del problema.

La teoría de los sistemas complejos reflexivos proporciona una perspectiva epistemológica de la concepción presentada aquí. Algunos aspectos de la actividad económica se asemejan al comportamiento de los átomos y pueden ser estudiados en las dimensiones más bajas del sistema total; ellas incluirán las mediciones altamente agregadas de las acciones simples de muchos actores, tales como el movimiento de los precios a lo largo de una curva de demanda en mercados parecidos a aquellos imaginados por los economistas neoclásicos desde Alfred Marshall. Aquellas actividades que involucran infraestructura e interacciones entre elementos, los problemas de organización económica y regulación propiamente dicha, son mapeados en las dimensiones medias, correspondiendo a la complejidad ordinaria. Y aquellas que involucran políticas donde los propósitos, la conciencia, la incertidumbre y la ética están involucrados, corresponden a las dimensiones emergentes más altas.

Muchos problemas ambientales son tan complejos y difusos que incluso son difíciles de captar y de manejar efectivamente. A menudo hay diferentes definiciones del problema, diferentes maneras de seleccionar y concebir sus aspectos relevantes, diferentes definiciones de metas, todo ello dependiendo de factores culturales/axiológicos y no sólo de conflicto de intereses. Como consecuencia, la tradicional división del trabajo basada en el conocimiento supuesto y la competencia diferenciales entre expertos y legos, ya no es aplicable.

El estudio de los sistemas complejos reflexivos necesariamente trasciende las disciplinas académicas tradicionales. Es imposible tener un

proceso efectivo que investigue tales problemas si se mantiene dentro de los confines de un paradigma particular, que restringe el foco de la investigación a un subconjunto dentro del sistema total, ya sea en las dimensiones más bajas o en las superiores. De esta manera, el principio de diálogo, expresado en la ciencia posnormal en relación con la política de los que tienen algo en juego respecto de un problema, se aplica también aquí para los que tienen algo en juego desde el punto de vista de las disciplinas, sean científicas naturales o sociales, o en los procesos políticos mismos. La teoría de los sistemas complejos reflexivos, que ubica a cada enfoque disciplinario dentro de sus dimensiones apropiadas, les permite a todos ganar en perspectiva y, en consecuencia, permite una genuina integración del conocimiento. Con estos medios de manejo efectivo de la incertidumbre y de los compromisos valorativos, la ciencia posnormal nos proporciona un modo viable de práctica, a través del cual sus principales problemas pueden ser investigados y resueltos de manera fecunda.

#### LA DEMOCRATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

En el informe de la Secretaría General de las Naciones Unidas se identifica una carencia de "capacidad científica" en los países en vías de desarrollo y se recomienda la necesidad de potenciar la educación y las instituciones científicas, conjuntamente a la valoración de las capacidades locales. Por otro lado, si nuestro objetivo es el de referirnos a un tipo de ciencia apta para afrontar las cuestiones de la sustentabilidad, dicha carencia identificada no es típica solamente de los países en vía de desarrollo. Como hemos presentado en puntos precedentes, para afrontar los problemas de la complejidad es necesario un enfoque distinto al de la disciplina científica tradicional, capaz de integrar una pluralidad de conocimientos y perspectivas.

A continuación ilustraremos con un ejemplo la aplicación de los conceptos precedentemente delineados de ciencia posnormal y en particular de la comunidad extendida de evaluadores o peritos (*extended peer community*); haremos referencia a un proyecto de campaña educativa sobre riesgos tecnológicos a diseñar en una región altamente desarrollada de un país entre los más industrializados y ricos del mundo, donde ciertamente no faltan los recursos científicos tanto en términos de *know-how* como de instituciones.

Se trata de una campaña dirigida a reducir la vulnerabilidad de la

población y del medio natural en torno a la zona química de 'Porto Marghera', situado en Venecia. Este caso puede ser considerado emblemático de una situación de riesgo que puede desembocar en un incidente con potencial catástrofe, dada la cercanía de asentamientos poblacionales a establecimientos en los que están presentes cantidades elevadas de sustancias peligrosas. Consideramos que este caso posee aspectos que puedan ser utilizados en otras situaciones, particularmente en países en vía de desarrollo. De hecho, las debilidades de los enfoques tradicionales son muy evidentes, no pudiendo ser atribuidas, en este caso, a un déficit de conocimiento científico, de instituciones gestoras o de marcos legislativos adecuados.

En Italia, país de la Unión Europea, y, por tanto sometido a la normativa europea, la regulación sobre riesgos de accidentes puede considerarse avanzada, revisada y actualizada, incluso sobre la base de las experiencias obtenidas a partir de accidentes que han tenido lugar en diversas áreas geográficas (en particular, los de Seveso, Bhopal y ciudad de México, entre otros). Uno de los aspectos más innovativos de esta normativa europea es la intención de reducir la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas, dándoles los instrumentos de conocimiento para afrontar situaciones de peligro y emergencia. Las informaciones sobre riesgos y comportamientos eficaces para su reducción es un punto clave de esta estrategia. Esta legislación, en vigor en los quince países de la Unión Europea, ha sido utilizada en otros países, como sería el caso de Brasil, donde ha servido de base para la discusión de un modelo local de gestión del riesgo (Benedito, *et al.*, 1998)

Recorriendo de forma diacrónica la legislación europea, no sólo en relación a riesgos de accidentes, sino de forma más general sobre las cuestiones ambientales, se observa que se suele solicitar la introducción de diversos actores sociales afectados o interesados en su gestión. La evolución desde una "necesidad de información" al "derecho a la información" y al "derecho a la participación" (De Marchi, 1998) parece más el fruto empírico de un proceso de enfrentamiento a una realidad en cambio, que el resultado de una reflexión teórica sobre cómo la complejidad pueda ser afrontada en términos de gobernabilidad (De Marchi y Ravetz, 1999). Por otro lado, la tendencia a insertar varias voces en el diálogo sobre el desarrollo sostenible y a recurrir a múltiples recursos en su logro es hoy aceptada y consolidada, siendo reconocida al analizar los principales documentos programáticos de la Unión Europea.

Un ejemplo significativo es la Resolución del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros, del 1 de

febrero de 1993 (Comunidad Europea, 1993), sobre un programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible. Este hace patente la necesidad de responder a un cambio del contexto social, en vez de, simplemente, conocer nuevos riesgos e incertidumbres. El programa identifica los límites de la estrategia perseguida por los cuatro anteriores programas (comenzando el primero en 1973), basados casi exclusivamente en medidas legislativas. Así, se propone la adopción de una mezcla de instrumentos a ser aplicados con la contribución y el apoyo permanente de un gran número de actores, considerándose el nivel y calidad del diálogo entre esos actores un elemento clave del éxito. Las conclusiones de dicho programa plantean que: "El presente Programa constituye, en sí mismo, un punto de inflexión. Por primera vez, se establecen en él, a la vez, una estrategia y un calendario de las medidas necesarias para que la Comunidad progrese hacia una economía sostenible y para asistir a nuestros vecinos menos desarrollados en el logro de este mismo objetivo. Las tareas que plantea el programa no involucran meramente a las instituciones comunitarias; para que dé resultado va a requerir una cooperación y un apoyo pleno por parte de todos los actores. La Comunidad tan sólo puede proporcionar el marco."

Los textos referidos, conjuntamente a otros de temas relacionados, son extremadamente innovadores, ya sea con respecto a la precedente legislación, ya sea respecto a las situaciones concretas a las que se refieren. Hoy por hoy, un atento análisis muestra que existe una creciente aceptación de la complejidad política (multiplicidad de actores y la necesidad de 'ajustarse' a sus exigencias con el fin de lograr una gobernabilidad democrática), sin que ésta sea acompañada de la aceptación de la complejidad del conocimiento y los efectos de ésta en los modelos tradicionales de gobierno.

Hoy por hoy difícilmente se acepta que los problemas de la sustentabilidad deben ser afrontados con un enfoque radicalmente nuevo, como el que ha sido presentado aquí. Tal enfoque, en el que se diseña un programa de democratización de los conocimientos en el contexto de la complejidad no se satisface aumentando los beneficiarios (alfabetización, sufragio universal, inclusión de las minorías, etc.), sino que se abre a nuevas contribuciones, nuevos significados y nuevas relaciones de poder.

#### EL CASO VENECIANO

Para responder a los requerimientos de la legislación europea sobre riesgos de accidentes mayores (Directiva del Consejo del 24 de Junio de 1982 sobre riesgo de accidentes mayores de ciertas actividades industriales, 82/501/CEE) y de la italiana, que se deriva de aquélla, las autoridades de Venecia pidieron a los autores diseñar las actividades de información para los residentes en el área contigua a la zona química de 'Porto Marghera'. Este diseño debía tomar como *inputs* los estudios realizados por los técnicos, los planes de emergencia preparados por los expertos y las decisiones de gestión tomadas por los administradores. Como puede observarse, la petición se inscribe en una estructura del tipo delineado en el punto anterior, en la que se acepta la complejidad política pero sin reconocer la propia complejidad del conocimiento. Por el contrario, la actividad que se llevó a cabo fue diseñada para mostrar la inevitable presencia de ambas y la necesidad de tenerlas en cuenta con el fin de lograr una comunicación eficaz.

Se decidió poner a prueba una metodología participativa con la utilización de "grupos focales" (*focus groups*) compuesto de "testigos privilegiados", personas que por su situación socio-profesional, su posición al interior de redes comunicativas o su prestigio cultural poseen "el pulso" de la comunidad y pueden representar bien sus recursos (también en términos de conocimiento), sus preocupaciones y sus aspiraciones. Con ellos se quiso indagar la percepción del riesgo, sus características, su extensión, su tolerabilidad; se quiso valorar la vulnerabilidad de la comunidad, teniendo en cuenta las competencias de gestión, la eficacia de las medidas de seguridad, los recursos conocidos y la operatividad existente, así como de la actividad informativa prevista. Nuestro papel fue concebido y hecho explícito como el de "facilitadores", cuya tarea principal era crear un contexto favorable para promover un proceso de intercambio de información y conocimiento destinado a lograr un aprendizaje recíproco.

En los encuentros con los grupos, se presentaron las propuestas técnicas de los expertos y de los administradores como derivados de una particular perspectiva, elaborada con particulares elementos de análisis. El objetivo no fue que se entendieran y aceptaran como soluciones óptimas y definitivas, sino contrastarlas con otras perspectivas representadas en los grupos focales. Así, se operacionalizó el elemento clave del enfoque de ciencia posnormal: el grupo focal como un espacio para confrontar diversas perspectivas y para el control de la calidad de las

propuestas técnico-administrativas. En otras palabras, el grupo focal como una representación de la comunidad extendida de evaluadores.

El proceso de iteración con los participantes fue expuesto a un control de calidad, ofreciendo a los grupos focales la oportunidad de dar su retroalimentación a nuestro trabajo de interpretación plasmado en un informe. Nuestros esfuerzos estuvieron dirigidos a crear una alianza para el codominio de los resultados.

El proceso fue desarrollado con base en los siguientes conceptos a través de los cuales se enunciaron ciertas hipótesis:

- *Conocimiento*: La comunidad no puede ser ignorada; por el contrario, está provista de información y de conocimiento, derivada de la multiplicidad de fuentes, tanto oficiales como informales, y de la experiencia de la vida cotidiana. Además, tales informaciones y conocimientos no son necesariamente imprecisos, limitados o contradictorios con aquéllos de los expertos. Por el contrario, en algunos casos pueden ser consideradas complementarias.
- *Congruencia*: Fue planteada como uno de los criterios principales para el aprendizaje recíproco, aplicándose tanto al contenido de los mensajes intercambiados, como a la relación generada entre los diversos participantes de los grupos focales y el amplio grupo de intereses que cada uno es llamado a representar.
- *Recursos*: Se planteó la hipótesis de que el tejido social de la comunidad contiene recursos que, una vez descubiertos, pueden ser utilizados para reducir la propia vulnerabilidad. Mostrar tales recursos es fundamental (aunque sea por la mera recepción de *inputs* externos) e indispensable para una gestión autónoma de las cuestiones analizadas.
- *Confianza*: La confianza es un elemento central en cualquier proceso de aprendizaje recíproco. Una parte del proceso debe ser dedicada a construir una relación entre las personas y los grupos de interés que todavía no presentan vínculos positivos. Al mismo tiempo, no debe ser violado el criterio de congruencia, basándose la confianza en una explicitación clara de los ámbitos elegidos y de los vínculos existentes.

No deseamos profundizar en los detalles del proceso ni de los resultados de dicho proyecto (para ello véase De Marchi y Funtowicz, 1997; De Marchi, *et al.*, 1999), pero sí queremos hacer hincapié en algunos de los resultados específicos más directamente relacionados con los temas afrontados en este capítulo.

El diseño de la actividad desarrollada permitió a los participantes

representar simultáneamente una multiplicidad de roles sin separarlos rígidamente, combinándolos en una perspectiva holística que incluye puntos de vista diversos, algunos potencialmente en conflicto. Como ejemplo, permitió al técnico de una industria contribuir con su *expertise* profesional; aportando, al mismo tiempo, vivencias personales (adquiridas a través de su participación en iniciativas y actividades culturales, confesionales, sindicales, deportivas y recreativas) y experiencias y preocupaciones derivadas de su rol de padre de un niño que frecuenta la escuela local. Es decir, en vez de crear disonancia cognitiva, esta experiencia ha permitido a cada participante en el grupo la posibilidad de descubrir y expresar la complejidad existente al interior de la propia individualidad, facilitando el descubrimiento de la complejidad de cada uno de los otros participantes, la complejidad de las relaciones de grupo y de la comunidad entera.

Las discusiones realizadas han permitido refinar la hipótesis de la "congruencia", distinguiéndose varios aspectos. En este caso específico, la reducción de la complejidad presente en el proyecto (tratamiento del riesgo de incidentes en instalaciones fijas) se ha puesto en discusión, proponiéndose, nuevamente, la complejidad del riesgo y su estrecha conexión con la vulnerabilidad de los sistemas humanos. Por ejemplo, los interrogantes sobre las actividades informativas han abarcado:

- la congruencia de los actores frente al riesgo al que se expone la comunidad, derivado de diferentes fuentes y actividades,
- la congruencia de las medidas sugeridas con respecto a las reales posibilidades de ponerlas en práctica;
- la congruencia de otras medidas sugeridas para la gestión de diversos tipos de riesgo y
- la congruencia interna de las informaciones para la reducción de la vulnerabilidad.

Sin excepción, todos los participantes de los grupos focales ofrecieron su colaboración y la de los entes, instituciones, asociaciones y grupos de ciudadanos a los que representaban, con el fin de ayudar a la comunidad a prevenir los riesgos y responder a las emergencias. En ningún caso se trató de una mera declaración verbal de disponibilidad; de hecho, alguno sugirió acciones concretas que podrían ser llevadas a cabo en forma individual o en sinergia con actividades e iniciativas ya en curso. Esto ha permitido evidenciar a través de qué canales es posible filtrar los *inputs* más técnicos.

Ha sido observado que todavía existe una reserva de confianza en la comunidad en su conjunto y en algunas instituciones en particular. Tal

confianza es un resultado de una continuidad de relaciones con algunos actores y no del éxito de interacciones simples o actividades ocasionales. La confianza no es un cheque en blanco, sino una invitación a la continuidad de las relaciones creadas y las iniciativas expresadas.

#### RE-APRENDER LA COMPLEJIDAD

El grupo focal es parte de una familia de técnicas –por ejemplo: jurado de ciudadanos (*citizen juries*), y células de planificación (*planning cells*) (Burgess *et al.*, 1988, Coote y Lenaghan, 1997, Renn, *et al.*, 1995)– destinados a involucrar a los ciudadanos en el análisis y la gestión de las cuestiones relacionadas con el riesgo, la salud y la seguridad, u otras de diferente naturaleza o escala, ya sea global o local. La participación activa de la comunidad es considerada un componente esencial para el funcionamiento de la democracia; basta indicar el renovado interés teórico por la “democracia deliberativa” (Bohman y Rehg, 1997).

Por otro lado, el mismo concepto de “soberanía” se redefine, abandonando la tradicional exclusividad del Estado-nación e introduciendo niveles jerárquicos, tanto inferiores como superiores. Como ejemplo tenemos la noción de “subsidiaridad”, aspecto central en el contexto de la Unión Europea, donde se establece que la implementación de las políticas debe tener lugar al nivel jerárquico más bajo posible, recurriendo a los niveles superiores cuando los inferiores resultan ineficaces. Potentes organizaciones de ámbito global (instituciones y ONG internacionales, multinacionales, etc.) y de creciente relevancia local (gobiernos locales y regionales, identidades territoriales y extra-territoriales) contribuyen al logro de una soberanía difusa, heterogénea y policéntrica (Bauman, 1998; Castells, 1996, 1997; Foucault, 1991; Held, 1995).

El caso presentado permite comprender que el aprendizaje necesario con el fin de lograr la sustentabilidad, incluye el re-apropiarse el conocimiento como complejidad, el que adquiere nuevos significados y muestra nuevas relaciones de poder. Esto equivale a legitimar muchas formas de conocimiento que tradicionalmente no estaban incluidas y, consecuentemente, redefinir el significado y el rol de la actividad científica.

La identificación del conocimiento con el conocimiento científico corre paralelo a la difusión del interés por la democracia, o al menos su retórica, la cual comienza, en Occidente, en el siglo XVII (Held, 1987). Tal interés, necesita de una población homogénea y auto disciplinada,

“previsible”, como condición para el éxito y la estabilidad de los regímenes democráticos (Foucault, 1981, 1991). La previsibilidad necesita la eliminación de la complejidad y la deslegitimación de aquellas formas de conocimiento situadas fuera de los cánones (Darier, *et al.*, 1999).

A partir de Galileo y Descartes, la ciencia ha dominado nuestro concepto de saber (universalidad de la ciencia), excluyendo de su ámbito todas las formas de conocimiento no general, contextualizados en el espacio y en el tiempo (conocimiento local). El conocimiento científico ha sido identificado con el conocimiento formal (conocer las cosas) y privilegiado en los programas de instrucción que conducían a la universalidad y a la investigación, mientras el conocimiento práctico (conocer cómo) y la reproducción de habilidades artesanales (*craft-skills*) han sido relegados a programas de instrucción de “segundo orden”, reservados a aquellos de menor capacidad intelectual (o inferior capacidad económica).

Se entiende cómo hoy la ciencia en general se ha convertido en la ciencia folklórica (*folk science*) de la élite, reemplazando la Teología de una sociedad basada en el derecho divino y la Historia de la sociedad de conciencia tradicional (*folk-consciousness societies*). Ante tal concepción hegemónica del conocimiento, todo aquello que no se encuentra en los libros de texto no posee ningún valor, y todo aquello que no posee certificaciones o diplomas se considera en una situación de déficit de conocimiento (*knowledge deficit*) (Ravetz, 1999).

Cuando se ha manifestado la voluntad/necesidad de democratizar la instrucción, el modelo de conocimiento a difundir ha mantenido aquel del conocimiento formal. Si pensamos, por ejemplo, en la moda de la educación de la teoría de conjuntos (matemática moderna) en las escuelas, ésta ha suplantado la enseñanza de la habilidad práctica de cálculo; de este modo generaciones de estudiantes no han aprendido ni siquiera las tablas de multiplicar.

También en la universidad, si observamos la proporción entre estudios teóricos y ejercicios prácticos, o las habilidades (la ciencia como ‘artesanía’), la balanza se decanta claramente en favor de la primera. En las disciplinas “duras” se observa una progresiva tendencia a la reducción de los espacios experimentales (laboratorios, etc.) en favor de aulas magnas donde los estudiantes se agrupan para escuchar pocos docentes, con una modalidad de relaciones siempre menos interactiva que favorece un comportamiento siempre más pasivo. En las disciplinas sociales podemos hablar de una ausencia total de “artesanía”, ya que los estudiantes no tienen prácticamente la posibilidad de aprender haciendo, sino estudiando o escuchando. Por otro lado se pone en discusión el

estatus de ciencia en estas disciplinas, básicamente porque no corresponden al modelo privilegiado de la modernidad. En esta perspectiva, la situación de las ciencias sociales es similar a aquella de los conocimientos locales.

La acentuación de la dicotomía "saber algo/saber cómo" aleja la posibilidad de que las estructuras formativas y los lugares de instrucción se conviertan en centros de reconstrucción del conocimiento complejo. La crisis de la escuela y de la universidad, que se observa en muchos lugares, y más en general la crisis de la enseñanza (en particular aquella de la ciencia) es consecuencia de las promesas reduccionistas en las que se funda la idea moderna de conocimiento. Así, su fin inevitable consiste en la renuncia a desarrollar procesos que generen un "conocimiento público" que emana de la comunidad y que persigue el bien común.

El espacio así presentado está ocupado por la producción de conocimiento y tecnología. No está al servicio del bien público, sino de los intereses de grandes compañías industriales, normalmente multinacionales o de instituciones burocráticas y administraciones públicas. El ejemplo de las tecnologías centradas en organismos vivos puede servir para ilustrar los peligros de esta tendencia. Ellas tienen la potencialidad no solamente de cambiar radicalmente nuestro ecosistema, sino a nosotros mismos. Estos cambios tienen lugar a una gran velocidad que no permite una reflexión ponderada en la instauración de decorosos procesos democráticos (Rifkin, 1998). La renuncia al conocimiento público, no equivale, solamente, a delegar en intereses corporativos el conocimiento mismo, sino las decisiones sobre su finalidad, procedimientos y utilidades, en campos en donde lo que se apuesta es nuestro futuro.

Las recientes controversias sobre cuestiones ambientales, de la salud, del desarrollo y de la sustentabilidad, han evidenciado la crisis del modelo tecnocrático dominante, en el cual el rol del público está definido en términos de déficit de conocimiento, excluyendo importantes aspectos del conocimiento sobre tales temas. La introducción de múltiples actores en el debate implica que se tome conciencia de la complejidad política en términos de gobernabilidad, y al mismo tiempo, se tome conciencia de la complejidad del conocimiento (De Marchi y Ravez, 1999).

Re-aprender la complejidad es indispensable para afrontar cambios inevitables, irreversibles y en gran parte desconocidos. Re-aprender la complejidad nos permite reflexionar sobre las consecuencias de nuestras elecciones colectivas, sobre nuestros estilos de vida y sobre los cambios ocurridos en la propia condición humana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atlan, H. (1991), *Tout non peut-être*, París, Éditions du Seuil.
- Bauman, Z. (1998), *Globalization. The Human Consequences*, Cambridge, Mass., Polity Press.
- Beck U. (1992), *Risk Society. Towards a New Modernity*, Londres, Sage.
- Benedito Branco Freitas, N., Firpo de Souza Porto, M., & Machado de Freitas, C. (1998), *Acidentes químicos ampliados. A visão dos trabalhadores*, São Paulo, Ministério de Trabalho Fundacentro.
- Bohman, J. y Rehg, W. (1997), *Essays on Reason and Politics. Deliberative Democracy*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Burgess, J., Limb, M. y Harrison, C.M. (1988), *Exploring Environmental Values through the Medium of Small Groups: 1. Theory and Practice*, *Environment and Planning A*. 20:309-326.
- Castells, M. (1996), *The Rise of the Network Society*, Oxford, Blackwell.
- (1997), *The Power of Identity*, Oxford, Blackwell.
- Casti, J.L. (1986). "On system complexity: identification, measurement and management", en J.L. Casti y A. Karlquist (eds.), *Complexity, Language and Life: Mathematical Approaches*, Berlin, Springer-Verlag.
- Coote, A. y Lenaghan, J. (1997), *Citizens' Juris: Theory into Practice*, Londres, Institute for Public Policy Research.
- Comunidad Económica Europea (1982), Directiva del Consejo del 24 de junio de 1982 sobre riesgo de accidentes mayores de ciertas actividades industriales, 82/501/CEE.
- Comunidad Europea (1993), Resolución del Consejo y de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros, reunidos en el seno del Consejo, del 1 de febrero de 1993, sobre un Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible - Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible. Diario Oficial núm. C 138 de 17/05/1993 P. 0001-0004 (93/C 138/01).
- Darier, E., C. Gough, B. De Marchi, S. Funtowicz, R. Grove-White, D. Kitchener, Á. Guimarães Pereira, B. Wynne (1999), "Between democracy and expertise? Citizens' Participation and Environmental Integrated Assessment in Venice (Italy) and St. Helens (UK)", *Journal of Environmental Policy and Planning* (en prensa).
- De Marchi B. (1998), "Information to the public about major-accident hazards", en C. Kirchsteiger, M.D. Christou, G.A. Papadakis (eds.), *Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive*, Amsterdam, Elsevier, pp. 343-366.
- y S. Funtowicz (1997), "Proposta per un modulo comunicativo sperimentale sul rischio chimico a Porto Marghera", *Programma Emergenze di Massa, Quaderno 97-6*, Gorizia, ISIG.