

La ciencia evoluciona en la medida en que es capaz de responder a los principales desafíos de cada época. Los de la nuestra conciernen al riesgo ambiental global y a la equidad entre los pueblos. Como respuesta a éstos ya están en desarrollo nuevos estilos de actividad científica, pues el dinamismo y complejidad de los problemas a resolver obliga a concebir una ciencia cuya base es la impredecibilidad, el control incompleto y el reconocimiento de la importancia de una pluralidad de perspectivas legítimas. No existe ninguna tradición cultural, no importa cuán exitosa haya sido en el pasado, que pueda prever por sí sola todas las respuestas que exigen los problemas del planeta. Pues lo que está en juego es el destino de las especies animales y vegetales, de nuestras generaciones futuras o de quienes se vuelven más vulnerables al cambio ambiental en virtud de su nacionalidad, clase, género o discapacidad.

La crisis ambiental global y el crecimiento y despliegue vertiginoso de nuevas tecnologías de la vida y de la información, hacen de Parque Jurásico (Crichton,

moral acerca del presente que apunta las imperfecciones esenciales de los simulacros biotecnológicos hoy verosímiles. Al tomar conciencia de que nuestra civilización está en tránsito a una nueva era, los enfoques científicos heredados resultan inapropiados.

Por primera vez en España se presenta de manera extensa la caracterización de una ciencia posnormal y de sus novedosos aspectos metodológicos, centrados en la calidad de la información y en las estrategias de resolución de problemas. Tal ciencia posnormal asume las contradicciones de nuestro tiempo y contribuye a la articulación de un sistema tecnológico con raíces renovadas en la calidad y en la realidad.

Silvio O. Funtowicz, epistemólogo y matemático, es investigador y asesor de la European Commission Joint Research Centre, Institute for Systems Informatics and Safety (ISIS) en Varese (Italia). **Jerome R. Ravetz**, también epistemólogo y matemático fue profesor de Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Leeds y en la actualidad investigador en The Research Metrics Consultancy Ltd. de Londres.

Abacus 179 -8000
1004

9788474264425

Ciencia posnormal, La

PVP : 7.22 € 12€1 Ptes 2-1

COST SOCI : 6.14 € 10€2 Ptes

9 788474 264425

160

SILVIO O. FUNTOWICZ - JEROME R. RAVETZ La ciencia posnormal

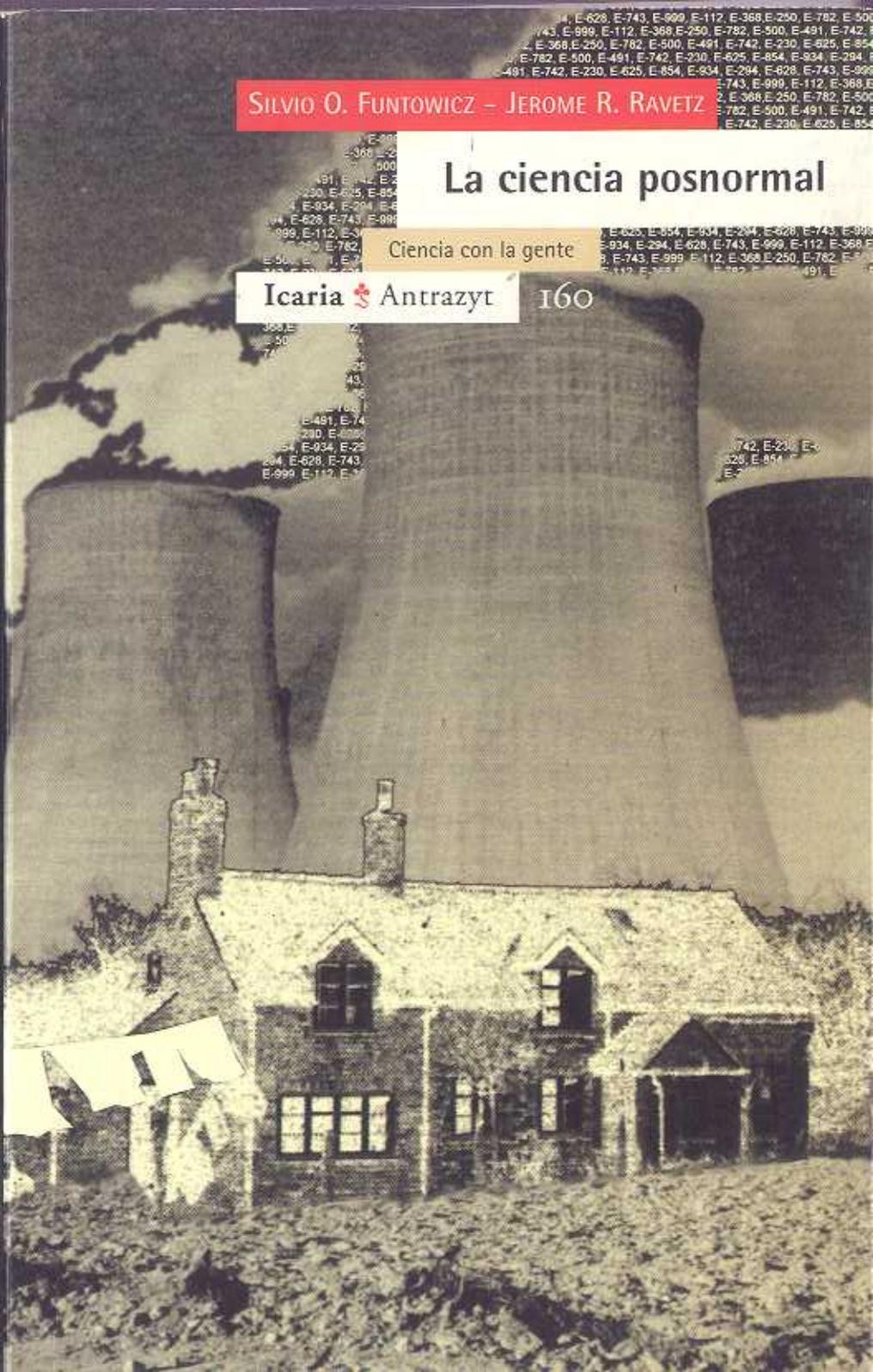
Icaria Antrazyt

SILVIO O. FUNTOWICZ - JEROME R. RAVETZ

La ciencia posnormal

Ciencia con la gente

Icaria Antrazyt 160



SILVIO O. FUNTOWICZ
JEROME R. RAVETZ

LA CIENCIA POSNORMAL

CIENCIA CON LA GENTE

Icaria ✻ **Antrazyt**
ECOLOGÍA

Este libro fue editado inicialmente
por Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 1993.

Diseño de la colección: Josep Bagà
Ilustración: Laia Olivares

© Silvio O. Funtowicz y Jerome R. Ravetz
© de esta edición
Icaria editorial, s.a.
Ausiàs Marc, 16, 3.º 2.ª / 08010 Barcelona,
e-mail: icariaep@terrabit.ictnet.es

Primera edición: mayo del 2000

ISBN: 84-7426-442-1
Depósito legal: B-22.106-2000

Impreso por Romanya/Valls, S.A.
Verdaguer 1, Capellades (Barcelona)

Fotocomposición: Text Gràfic

Todos los libros de la colección Antrazyt están impresos en papel reciclado
Impreso en España. Prohibida la reproducción total o parcial

ÍNDICE

Presentación: Epistemología política: ciencia con la
gente, *Martí Boada* 7

Prólogo a la edición española,
Joan Martínez Alier 11

Prólogo a la edición argentina, *Cecilia Hidalgo* 17

- I. Riesgo global, incertidumbre
e ignorancia 23
- Introducción 23
- La re-invasión del laboratorio por parte
de la naturaleza 26
- La centralidad de la incertidumbre
y la calidad 31
- Estrategias de resolución de problemas 36
- Ciencia Aplicada 37
- La Consultoría Profesional 42
- Ciencia Posnormal 46
- Conclusión 56

II. El valor de un ruseñor:	
La economía ecológica como Ciencia Posnormal	57
Introducción	57
Valoraciones	58
Elementos de la ciencia posnormal	61
Conclusión	78
III. La Tecnología Posmoderna, el Bien y la Verdad	79
Posmodernidad	79
La calidad	81
La posmodernidad como un fenómeno de masas	87
Posmodernidad y matemáticas	91
Caos y modelos de computadora	94
Tecnología posmoderna	99
Realidades maleables	103
Conclusión	105

Bibliografía	107
--------------	-----

PRESENTACIÓN: EPISTEMOLOGÍA POLÍTICA: CIENCIA CON LA GENTE

Martí Boada

Para empezar y para evitar malos entendidos, hago una abierta confesión de profanidad rotunda en la temática central de esta obra: la ciencia posnormal, por lo menos en lo que se refiere a su génesis y su construcción conceptual. En cambio y sin ningún rubor, quiero manifestar mi adscripción convencida a cuanto formula, una adscripción yo diría primaria, mejor dicho obrera, en el mejor sentido del término, no de malentendida sumisión, sino desde aquel valor basal del aprendizaje positivo y fabril, que encuentra en determinados escenarios dialécticos una doble motricidad intelectual: de un lado el aprendizaje como un instrumento para avanzar hacia las necesarias destrezas y, del otro el sentido emancipador que adquieren desde esta dimensión, las propuestas transgresoras al *establishment*, como es el caso de la obra que nos ocupa.

Sin duda uno de los escasos elementos positivos surgidos de la crisis civilizatoria actual ha sido la reciente aparición de la ciencia posnormal, formulada por Funtowicz y Ravetz, que de forma aparentemente poco notoria cuestiona los fundamentos de la noción utópica de la sociedad sostenible, organizada en torno a una visión fantasmática de la naturaleza, y que, como cualquiera de las utopías anteriores, probablemente tenga el mismo destino. Incluso el casi paradigma de la sostenibilidad podría

constituir una forma posmoderna de confianza, que se resistiría a reconocer el carácter desequilibrado y turbulento de la naturaleza y que ninguna fantasía ideológica puede impedir que la naturaleza vuelva siempre a su lugar. Un medio donde, cuando se buscan constancias, se encuentran cambios. Algunos de los recursos posmodernos de carácter políticamente balsámico son la adoración a los artefactos modernos y a los avances científicos, que incluso podrían representar una forma moderna de des-piste.

Para Funtowicz y Ravetz no es posible encontrar una tradición cultural que pueda armar un conocimiento suficiente que dé las respuestas predictivas que demandan los problemas ambientales globales. Algunas dificultades de esta complejidad radican en el carácter elitista de la ciencia, en la unívoca supremacía otorgada a los científicos, con unas propuestas que son insuficientes para dar salida a la crisis ambiental, el ideal de racionalidad de la ciencia normal es no sólo insuficiente sino en muchos casos inapropiado.

No puede serlo, en parte, por ser la metodología científica imperante la que ayudó a crearlo. Los beneficios humanos de esta ciencia han contribuido a la dislocación ambiental, es decir a producir unas situaciones de límite del crecimiento, la expansión económica y la demanda energética, límites impuestos por el propio escenario natural. La gran paradoja consiste en que dichos beneficios no pueden ser compartidos por toda la humanidad. Para nuestros autores el reconocimiento de los riesgos ambientales globales, revela que el ideal de racionalidad científica ya no es universalmente apropiado. La ciencia habría entrado en declive como generadora de verdades.

Desde el nuevo postulado de la ciencia posnormal, la ciencia con la gente, se abre un estimulante camino hacia la democratización del conocimiento y se advierte del fin de la verdad científica absoluta. Se convoca la formulación de nuevos participantes en los nuevos diálogos, dando cabida a diferentes pers-

pectivas y formas de conocimientos, a un nuevo diálogo de saberes como indica Víctor Toledo.

Unos nuevos escenarios de participación donde incluso el antagonismo deviene un valor intelectualmente motriz, y los desacuerdos deben ser considerados no sólo inevitables sino saludables, nadie debe dominar sobre los demás, trabajando la superación de cualquier variable de despotismo sutil. La participación posnormal significa una nueva forma de equidad frente a los riesgos ambientales globales.

Debo confesar, que ante esta presentación del libro de Funtowicz y Ravetz, me he encontrado con una incomodidad estimulante que en el tramo final quiero evidenciar. Me he sentido, como aquel campesino montano, al que de golpe se le invita a arar una llanura tan amplia y ancha como inconmesurable, pero que sabe de la fertilidad de este nuevo espacio, cuyas semillas están basadas en la calidad y la multiplicidad, y que al surco del arado lo conforma un necesario compromiso ético.

Montseny, 9 de enero del 2000

PRÓLOGO A LA EDICIÓN ESPAÑOLA

Joan Martínez Alier

A veces he comentado con Silvio Funtowicz y Jerry Ravetz que no pasa año sin que exista un episodio de «ciencia posnormal» que llega a la prensa y a la televisión y entra en el debate público. Parece como si alguien lo preparara. Éste ha sido el caso de los cultivos transgénicos en Europa y no sólo en Europa en 1999. ¿Por qué hasta este año el debate no era más intenso? No lo sabemos. Pero el debate se ha desbordado a partir del número de la revista *The Ecologist* sobre Monsanto que la imprenta habitual se negó a imprimir, número que finalmente se difundió con enorme impacto internacional (y con traducción al español por un consorcio de grupos ecologistas y editoriales), a partir de las noticias sobre la tecnología Terminator de Monsanto (semillas que están genéticamente manipuladas para no reproducirse), que no ha llegado a comercializarse, a partir de la prohibición de semillas transgénicas en Río Grande do Sul en Brasil y de las normas europeas regulando su importación y etiquetado, a partir de la acción directa de algunos miembros de la confederación campesina francesa contra las multinacionales de las semillas, a partir de las protestas en la India contra esas mismas multinacionales. Hay urgencia en decidir qué hacer, hay incertidumbre respecto de los efectos de los cultivos transgénicos sobre el ambiente natural y sobre la salud huma-

na. Urgencia. Incertidumbre. Conflictos de Valores. Son características de la «ciencia posnormal», que no es ciencia elitista, por encima de la gente; no es tampoco bienintencionada ciencia para el pueblo. Es, de hecho, ciencia con la gente.

¿Otros episodios recientes? La crisis de las «vacas locas» en Europa. Las polémicas sobre incineradoras de residuos urbanos y la producción de dioxinas. El debate sobre la inseguridad de los métodos de almacenamiento de residuos nucleares (Yucca Mountain, en los Estados Unidos). El debate sobre cuánta biodiversidad silvestre y agrícola conservar en el mundo, y dónde. El debate sobre el ritmo al cual debería reducirse la emisión de gases con efecto invernadero, para asegurar un aterrizaje suave.

Yo conocí a Funtowicz y a Ravetz en septiembre de 1987 en Barcelona, en una reunión sobre economía y ecología en la que se decidió fundar la Sociedad Internacional de Economía Ecológica. Aquí llegó un grupo no muy grande pero influyente. Herman Daly, Richard Norgaard, Bob Costanza, Bruce Hannon, Charles Perrings, Rene Passet, John Proops, Martin O'Connor, Mario Giampietro, Ann Mari Jansson, Mick Common... algunos eran ecólogos, de la escuela de H.T. Odum, o discípulos de David Pimentel, otros economistas disidentes, todos éramos ya economistas ecológicos aunque el nombre de la Sociedad lo pusimos a votación. La reunión fue en el Pati Manning de la Casa de la Caritat. Los únicos que no eran ni ecólogos ni economistas, y los únicos que no son aún hoy en día propiamente economistas ecológicos (como ellos mismos dirían), son Funtowicz y Ravetz, filósofos, matemáticos, supervivientes de batallas académicas y políticas a ambos lados del Atlántico, de fuerte tradición racionalista y analítica en filosofía y sociología de la ciencia. No son amigos de Feyerabend pero tampoco de Karl Popper, lo serían si acaso de Otto Neurath. Pocos regalos le han complacido tanto a Silvio Funtowicz como una camiseta que algunos estudiantes informales suyos le dieron con la inscripción «terapeuta epistemológico». Su papel, de ambos, en los círculos de

la economía ecológica, también en los de la evaluación ambiental integrada, ha sido ayudar a la navegación entre las rocas del dadaísmo anticientífico y las ortodoxias falsacionistas karpopperianas. Su noción de «ciencia posnormal» ha sido la brújula.

En efecto, en muchas situaciones que tienen que ver con nuevas tecnologías (nuclear, ingeniería genética) pero que también tienen que ver con la revalorización de antiguas tecnologías (como la agroecología o en la etnoecología que tanta importancia tienen para la discusión del valor de la biodiversidad agrícola *in situ*, en oposición a la conservación *ex situ*), **la ciencia no puede ser servidora del poder.** No puede no porque esté mal o sea feo serlo, sino porque **no puede aunque quiera.** Lo intenta, pero no lo consigue. La ciencia de laboratorio, es decir, la ciencia aplicada normal (normal en el sentido de Kuhn) continúa siendo importante. No se trata de cambiar el paradigma científico, menos aun de renunciar a la racionalidad occidental. No hay por qué atacar a Newton o Galileo o Descartes, en nombre de **no se sabe exactamente qué, una religiosidad difusa tal vez.** No, por el contrario, el laboratorio sirve para establecer distancias genéticas entre variedades agrícolas, o para corroborar las hipótesis de la física de las radiaciones. **Pero, para juzgar el valor de la conservación de la biodiversidad, para decidir si usar la energía nuclear, la ciencia aplicada normal no sirve.** Tampoco sirven los consultores profesionales, del tipo ingeniero nuclear o ingeniero agrónomo. Los temas son demasiado urgentes y la incertidumbre es excesiva. Entramos pues en el terreno de la ciencia posnormal, de la ampliación del campo de evaluadores. Ojalá —dirían Funtowicz y Ravetz con un guiño de ironía— pudiéramos resolver todo con la certeza del laboratorio. Ojalá tuviéramos estadísticas de daños de las radiaciones nucleares que nos permitieran poner umbrales seguros, ojalá supiéramos los riesgos probabilísticos de dañar la salud humana comiendo carne con hormonas y además alimentada con soja transgénica. El

argumento es sutil. Se basa en buena parte en la distinción técnica entre riesgo e incertidumbre, que Funtowicz y Ravetz aprendieron de los economistas Knight, Shackle y Georgescu-Roegen. El conocido libro de Ulrich Beck, *La sociedad del riesgo*, debería llamarse técnicamente «La sociedad de la incertidumbre».

Eso tiene que ver con la complejidad de los sistemas ecológicos, particularmente cuando intervienen reflexivamente los humanos. Al investigar el cambio climático, la incertidumbre no se despeja con el aumento de investigaciones, al contrario. Por ejemplo, se dieron cuenta hace unos cinco años que el dióxido de azufre (cuya política va a remolque del debate sobre lluvia ácida y de los movimientos populares contra ese molesto gas: es decir, nada que ver con cambio climático), en la práctica ha estado contrarrestando el cambio climático. Y no saben los científicos si Europa Occidental se va a calentar o se va a enfriar, porque tal vez la corriente del Golfo cambie de trayectoria o se debilite mucho. Eso no lo sospechaban. Si se aplica, como debería aplicarse, el principio de precaución en vez del principio del avestruz (que esconde la cabeza en la arena para no enterarse de lo que ocurre), entonces hay que actuar a pesar de esas incertidumbres y complejidades.

De ahí que observemos el hecho de que numerosos actores sociales que en principio no tendrían legitimidad para participar en las decisiones (reservadas a los políticos, escudados en el poder que da la ciencia), sin embargo intervienen. Eso está bien, desde el punto de vista democrático. Pero no es este el argumento de Funtowicz y Ravetz. Ellos no dicen si está bien o mal, aunque se les nota la sonrisa. Ellos constatan esa intervención ampliada en el terreno de las decisiones, esa extensión de la comunidad de evaluadores, y muestran cuál es la lógica de que ocurra tal cosa. No es sólo que un análisis costo-beneficio del efecto invernadero sea absurdo como aplicación de la ciencia económica (véase en este libro el artículo sobre Nordhaus), es que muchos de los datos físicos son inseguros. Por tanto, entren us-

tedes sin reparo al debate del cambio climático, no dejen que lo secuestren los economistas ni incluso los científicos. Opinen ustedes. Eso seguramente llevará a una mejor decisión. Opinen también ustedes sobre las incineradoras urbanas, aunque no sepamos mucho de dioxinas: así lo ha hecho el movimiento de epidemiología popular en Estados Unidos, vinculado al movimiento de eco-justicia. Ciertamente, se les puede preguntar a Funtowicz y Ravetz si esas comunidades extendidas de evaluadores incluyen a todos por igual, ONG del Norte pero también mujeres rurales pobres del Sur. Pregunta válida, para estudios posteriores.

Al proceder del campo de estudio del riesgo tecnológico nuclear y químico-industrial, ambos autores han estado alejados de los temas agrarios, pero se están percatando en los últimos tiempos de la importancia que sus tesis tienen también para el ecologismo popular de quienes defienden la agroecología campesina (como Víctor Toledo en México, Anil Gupta en la India) frente a la «modernización» uniformizadora. Con la noción de «ciencia posnormal» uno puede avanzar en estudios retrospectivos de cómo se introdujeron los pesticidas (cómo se dio o como se suprimió el debate), cómo se introdujeron sin debate las semillas seleccionadas, cómo ha surgido la reacción agroecológica en el Sur del planeta, una clara muestra de ciencia posnormal hoy en día tan firme en algunos países del Sur y en algunos movimientos (como el MST [Movimento dos Trabalhadores Rurais sem-Terra] en Brasil) frente a las tecnologías transgénicas. Y algo parecido podría decirse tal vez en el campo de la medicina, aunque sea más comprometido decirlo.

Hay episodios de «ciencia posnormal» que Funtowicz y Ravetz, que viven en Europa, ni llegan a conocer. Por ejemplo, ¿cómo argumentar contra la expansión de las camaroneras y la destrucción de los manglares en Ecuador? Si se da por sentado, como tal vez pueda darse, pero no estamos científicamente seguros, que existe una relación entre cambio climático y la fre-

argumento es sutil. Se basa en buena parte en la distinción técnica entre riesgo e incertidumbre, que Funtowicz y Ravetz aprendieron de los economistas Knight, Shackle y Georgescu-Roegen. El conocido libro de Ulrich Beck, *La sociedad del riesgo*, debería llamarse técnicamente «La sociedad de la incertidumbre».

Eso tiene que ver con la complejidad de los sistemas ecológicos, particularmente cuando intervienen reflexivamente los humanos. Al investigar el cambio climático, la incertidumbre no se despeja con el aumento de investigaciones, al contrario. Por ejemplo, se dieron cuenta hace unos cinco años que el dióxido de azufre (cuya política va a remolque del debate sobre lluvia ácida y de los movimientos populares contra ese molesto gas: es decir, nada que ver con cambio climático), en la práctica ha estado contrarrestando el cambio climático. Y no saben los científicos si Europa Occidental se va a calentar o se va a enfriar, porque tal vez la corriente del Golfo cambie de trayectoria o se debilite mucho. Eso no lo sospechaban. Si se aplica, como debería aplicarse, el principio de precaución en vez del principio del avestruz (que esconde la cabeza en la arena para no enterarse de lo que ocurre), entonces hay que actuar a pesar de esas incertidumbres y complejidades.

De ahí que observemos el hecho de que numerosos actores sociales que en principio no tendrían legitimidad para participar en las decisiones (reservadas a los políticos, escudados en el poder que da la ciencia), sin embargo intervienen. Eso está bien, desde el punto de vista democrático. Pero no es este el argumento de Funtowicz y Ravetz. Ellos no dicen si está bien o mal, aunque se les nota la sonrisa. Ellos constatan esa intervención ampliada en el terreno de las decisiones, esa extensión de la comunidad de evaluadores, y muestran cuál es la lógica de que ocurra tal cosa. No es sólo que un análisis costo-beneficio del efecto invernadero sea absurdo como aplicación de la ciencia económica (véase en este libro el artículo sobre Nordhaus), es que muchos de los datos físicos son inseguros. Por tanto, entren us-

tedes sin reparo al debate del cambio climático, no dejen que lo secuestren los economistas ni incluso los científicos. Opinen ustedes. Eso seguramente llevará a una mejor decisión. Opinen también ustedes sobre las incineradoras urbanas, aunque no sepamos mucho de dioxinas: así lo ha hecho el movimiento de epidemiología popular en Estados Unidos, vinculado al movimiento de eco-justicia. Ciertamente, se les puede preguntar a Funtowicz y Ravetz si esas comunidades extendidas de evaluadores incluyen a todos por igual, ONG del Norte pero también mujeres rurales pobres del Sur. Pregunta válida, para estudios posteriores.

Al proceder del campo de estudio del riesgo tecnológico nuclear y químico-industrial, ambos autores han estado alejados de los temas agrarios, pero se están percatando en los últimos tiempos de la importancia que sus tesis tienen también para el ecologismo popular de quienes defienden la agroecología campesina (como Víctor Toledo en México, Anil Gupta en la India) frente a la «modernización» uniformizadora. Con la noción de «ciencia posnormal» uno puede avanzar en estudios retrospectivos de cómo se introdujeron los pesticidas (cómo se dio o como se suprimió el debate), cómo se introdujeron sin debate las semillas seleccionadas, cómo ha surgido la reacción agroecológica en el Sur del planeta, una clara muestra de ciencia posnormal hoy en día tan firme en algunos países del Sur y en algunos movimientos (como el MST [Movimento dos Trabalhadores Rurais sem-Terra] en Brasil) frente a las tecnologías transgénicas. Y algo parecido podría decirse tal vez en el campo de la medicina, aunque sea más comprometido decirlo.

Hay episodios de «ciencia posnormal» que Funtowicz y Ravetz, que viven en Europa, ni llegan a conocer. Por ejemplo, ¿cómo argumentar contra la expansión de las camaroneras y la destrucción de los manglares en Ecuador? Si se da por sentado, como tal vez pueda darse, pero no estamos científicamente seguros, que existe una relación entre cambio climático y la fre-

cuencia e intensidad de los Niños —ya que el manglar defiende la línea de la costa contra la entrada del mar y cuando hay Niño, llueve muchísimo en la costa ecuatoriana y si además entra el mar, las inundaciones son terribles—, la incertidumbre de la relación, no calla a los actores sociales contrarios a las camaroneras, al contrario, les ayuda. ¿Por qué van a callarse, si hay además tantos otros argumentos en defensa del manglar? O sea que si algún año no llega el episodio europeo de ciencia posnormal, no hay más que viajar un poco y en otras partes se encuentran.

Muchos pensamos que, más allá del papel utilísimo que Funtowicz y Ravetz han tenido como asesores epistemológicos de la nueva economía ecológica, sus ideas de la «ciencia posnormal» y la «comunidad extendida de evaluadores», con firmes raíces (repito) en la filosofía analítica más que en débiles ideas posmodernas sobre la caprichosa construcción social o cultural de la realidad, se convertirán posiblemente en pasto de los suplementos culturales de los periódicos, y en enseñanzas de primer año de Facultad, cuando no incluso en tema de los exámenes de selectividad. Esperemos que eso ocurra sin graves distorsiones. De ahí la oportunidad de la publicación de las traducciones al castellano de tres o cuatro artículos importantes de ambos autores.

PRÓLOGO A LA EDICIÓN ARGENTINA

Cecilia Hidalgo*

En 1981 Silvio Funtowicz se fue a Inglaterra. Matemático de inquietud humanística vasta, compartió hasta entonces los años de las «catacumbas» con un extenso grupo de epistemólogos argentinos reunidos alrededor de la Sociedad Argentina de Análisis Filosófico. Su principal formación en filosofía de la ciencia —y en especial en filosofía de las matemáticas— se debe sin duda a Gregorio Klimovsky, maestro de maestros como Félix Schuster y Tomás Moro Simpson, entre tantos otros.

Al decidir la partida, pretendió continuar en Inglaterra los estudios que sobre Imre Lakatos y su filosofía dialéctica de las matemáticas había iniciado en Buenos Aires. Quiso su suerte que encontrara a un antiguo amigo de Lakatos, Jerome Ravetz (también epistemólogo y matemático) en el departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Leeds. Con él podría canalizar su óptica crítica respecto a las limitaciones de las concepciones entonces corrientes en filosofía de la ciencia.

* Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires.

Jerry Ravetz, formado en Swarthmore y en Cambridge, intentaba articular una epistemología que se fundara en su propia experiencia como investigador matemático, historiador de la ciencia y analista crítico de pseudociencias del tipo de la estrategia nuclear. En este sentido, luego de publicar en 1971 *El conocimiento científico y sus problemas sociales*, Ravetz había resuelto aplicar sus conclusiones fuera del ambiente académico, dedicándose al tema de la aceptabilidad de los riesgos en el Council for Science and Society y el Genetic Manipulation Advisory Group (muchos años antes que estallara la polémica pública sobre los OMG), ambos con sede en Londres.

La complementariedad de ambos no tardó en demostrarse. Abocados a enfocar epistemológicamente los problemas relativos a la evaluación de riesgos y caracterizar a la ciencia contemporánea, comenzaron a desarrollar un programa de reforma del pensamiento cuantitativo. En él dejaría de enfatizarse lo que se sabe (el conocimiento) para dar lugar sistemático a lo que no se sabe (lo que se ignora, lo que es incierto) y a las conexiones entre ambas esferas. Crearon así el sistema notacional NUSAP que permite exhibir los aspectos cualitativos de los enunciados cuantitativos y lo expusieron en detalle en un libro editado en 1990 al que llamaron *Uncertainty and Quality in Science for Policy*.

Como colega y amiga de Silvio tuve el privilegio de seguir y hasta de participar parcialmente en los desarrollos intelectuales que se describen en este volumen. Compartí muchas discusiones con Funtowicz, y también con Ravetz, y he llegado a creer que la noción de «diálogo interactivo y creativo entre los que ponen algo en juego en una situación dada» —crucial en la nueva metodología de la ciencia posnormal—, embrionariamente se veía ejemplificada en aquellos debates. En ellos, las intuiciones de los literatos, los artistas y la gente común intentarían ser recogidos.

Aunque las raíces de una formación común a la mía podían rastrearse sin dificultad en los trabajos de lo que en este volu-

men presentamos como *epistemología política*, confieso que al principio me costaba muchísimo salir de los esquemas interpretativos, de estilo más lógico-formal, aprendidos en Buenos Aires. La noción de calidad Funtowicz-Ravetz tenía que ver con la validación del conocimiento científico, pero abarcaba de manera esencial elementos de carácter extralógico. Todo lo que Silvio y Jerry afirmaban recibía en mí una traducción en términos de contrastaciones popperianas o confirmaciones hempelianas. Pero, como ahora queda en claro luego de una mejor comprensión de sus ideas, tal traducción era parcial en la medida en que los criterios de justificación mencionados sólo aseguran la calidad interna y procedimental de porciones muy reducidas de conocimiento científico.

El título que hemos puesto al volumen editado en Argentina reconocía esa raíz en la formación epistemológica inicial al tiempo que señalaba el rumbo posterior de la indagación sistemática de sus autores. El subtítulo «ciencia con la gente» se debe al economista Joan Martínez Alier, profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona, porque lo que Funtowicz y Ravetz proponen va más allá de la «ciencia para la gente» (*science for the people*). En la «ciencia posnormal», la comunidad de evaluadores, expertos y peritos se amplía muchísimo. Hoy Funtowicz trabaja en el Institute for Systems Engineering and Informatics del Joint Research Centre de la Comunidad Europea (I-21020 Ispra, Varese, Italia) y Ravetz en The Research Methods Consultancy Ltd. (13, Temple Gardens, Londres NW 11 OLP, Gran Bretaña). Su producción tiene amplias implicancias para la actividad científica propiamente dicha pero fundamentalmente para el accionar colectivo, responsable ante los problemas planteados por el riesgo ambiental y tecnológico, global y local, y la equidad entre pueblos, especies y generaciones. La complejidad de tales problemas involucra de manera ahora explícita a muchos agentes hasta hace poco ignorados. Todos los que ponen algo en juego en las decisiones públicas tienen su lugar en el diálogo que

tenderá a hallar respuestas y soluciones y su participación adquiere el carácter de esencial. Los expertos científicos o los administradores gubernamentales ya no son los únicos participantes legítimos. Tal situación es de singular relevancia pues la prédica de las ciencias sociales, de la agroecología y la etnoecología, de la ética y de los activistas civiles hace tiempo enfatizaba el lugar de autonomía y de conocimiento de agentes en algún sentido «legos». Sin embargo, recién aparecen en los textos que hoy presentamos los lineamientos para el desarrollo de un marco institucional y cognoscitivo que pueda abarcarlos.

La versión castellana ha presentado algunas dificultades que espero haber resuelto con propiedad. En primer lugar, porque en inglés hay distinciones que en castellano deben expresarse con giros más rebuscados. Así, los términos *hazard* y *risk* son traducidos como riesgo potencial y riesgo, respectivamente. *Decision stakes* aparece indistintamente como «lo que se pone en juego en una decisión», «lo que se apuesta en una decisión» y aún «lo que se arriesga...». Del mismo modo, *stakeholders* serán los agentes involucrados en tales juegos, apuestas y riesgos. En segundo lugar, porque en el texto se alude a muchos ejemplos que han sido debatidos con amplitud sobre todo en Europa y los Estados Unidos pero escasamente en nuestro país y en español. Empero, espero que su inclusión resulte clara por las referencias de mayor detalle que acompañan su mención. En tercer lugar, porque aparecen nuevos términos que son acrónimos corrientes en la jerga en inglés sobre esta problemática. Así, NIMBY (no en el patio trasero de mi casa) queda como NIMBY, con la aclaración reiterada de que abrevia la posición dispuesta a admitir cualquier política, siempre y cuando los basureros nucleares, los centros de atención de infectados de SIDA, o lo que fuera, no sea instalados en sus proximidades.

Estoy segura de que este libro causará un gran impacto intelectual en públicos muy diversos. Puedo pronosticar que en los campos de las ciencias sociales y de la filosofía, sus propuestas

se verán como una manera de dar forma a intuiciones, malestares y críticas prefiguradas desde hace mucho tiempo. Asimismo, aquellos apasionados por la defensa de las especies animales y vegetales, por los derechos humanos, por escuchar la voz de aquellos cuya palabra no se atiende, por el periodismo de investigación, por producir un arte diferente, una ciencia alternativa y contribuir a resolver los acuciantes problemas de la época, encontrarán en estas páginas la inteligencia y la sensibilidad que tales desafíos exigen.

I. RIESGO GLOBAL, INCERTIDUMBRE E IGNORANCIA

Introducción

La ciencia evoluciona en la medida en que es capaz de responder a los principales desafíos de cada época, cambiantes a través de la historia. La tarea colectiva más grande que hoy enfrenta la humanidad concierne a los problemas de riesgo ambiental global y a los de la equidad entre los pueblos. En respuesta, ya se están desarrollando nuevos estilos de actividad científica. Así, se están superando las oposiciones tradicionales entre disciplinas pertenecientes al campo de las ciencias «naturales» y «sociales», entre ciencias «duras» y «blandas». La cosmovisión reduccionista analítica que divide a los sistemas en elementos cada vez más pequeños, estudiados por especialidades cada vez más esotéricas, es reemplazado por un enfoque sistémico, sintético y humanístico. Reconocer a los sistemas naturales reales como complejos y dinámicos implica moverse hacia una ciencia cuya base es la impredecibilidad, el control incompleto y una pluralidad de perspectivas legítimas.

Hoy somos testigos de que quienes se ven envueltos en riesgos globales son cada vez más conscientes de que no existe ninguna tradición cultural, no importa cuán exitosa haya sido en el pasado, que pueda prever por sí sola todas las respuestas que

exigen los problemas del planeta. Las formas de conocimiento distintas de aquellas que se nutren en la civilización occidental moderna también son relevantes para un diálogo exploratorio tendiente a la resolución de problemas. Más aún, ya no cabe pretender un desapego olímpico cuando lo que está en juego es el destino de nuestras propias especies, nuestros vecinos o, por cierto, los problemas especiales de quienes se vuelven más vulnerables al cambio ambiental en virtud de su nacionalidad, raza, clase, género o discapacidad. Cuando como ahora se reconoce la interdependencia de los pueblos y la vinculación de las regiones, los problemas de la equidad entre los distintos pueblos y generaciones ya no se ven como «externalidades» con respecto a las decisiones o a la ciencia. Antes bien, con todas sus dificultades, se los aprecia como centrales para la solución de los problemas globales del ambiente.

El surgimiento de un nuevo tipo de ciencia se conecta estrechamente con una nueva tecnología que refleja y ayuda a guiar este desarrollo. En ella, la incertidumbre no desaparece sino que se la maneja, y los valores no se presuponen sino que se explicitan. El modelo para la argumentación científica ya no es la deducción formalizada sino el diálogo interactivo. La nueva ciencia paradigmática ya no puede permitir que sus explicaciones no se relacionen con el espacio, el tiempo y el proceso; la dimensión histórica, incluyendo la reflexión humana sobre el cambio pasado y futuro, se transforma en una parte integrante de la caracterización científica de la naturaleza y de nuestro lugar en ella.

Nuestra contribución a esta nueva metodología se centra en dos aspectos de la ciencia que está surgiendo. Uno es la calidad de la información, analizada en términos tanto de diferentes tipos de incertidumbre en el conocimiento, como de las funciones pretendidas de la información. El otro aspecto se refiere a las estrategias de resolución de problemas, analizadas en términos de las incertidumbres tanto cognoscitivas como éticas. Cuan-

do la ciencia se aplica a temas políticos no puede proporcionar certeza en las recomendaciones públicas y los valores en conflicto, en cualquier proceso de decisión; no pueden ser ignorados siquiera en la propia resolución de problemas.

Para la calidad de la información hemos desarrollado un sistema transparente de notaciones (NUSAP), por el cual se pueden expresar y comunicar, tanto entre las comunidades de pares tradicionales como las extendidas, los diferentes tipos de incertidumbre que afectan a la información científica. Esto surge del principio de que la incertidumbre no puede desaparecer de la ciencia y por ello, la buena calidad de la información depende del buen manejo de las incertidumbres científicas (Funtowicz y Ravetz 1990).

Usamos la interacción de las incertidumbres de los sistemas y lo que se pone en juego en las decisiones (*decision stakes*), para proporcionar una guía en la elección de estrategias apropiadas para la resolución de problemas. Nuestra herramienta heurística es un conjunto de presentaciones gráficas de tres estrategias relacionadas, desde la definida de manera más acotada, hasta la más abarcadora. Dos de ellas son familiares a la experiencia pasada de la práctica científica o profesional; la tercera, en la que son muy significativas las incertidumbres de los sistemas o muy alto lo que se pone en juego en la decisión, corresponde a la práctica de las ciencias hoy en surgimiento que tratan con el riesgo ambiental global (Funtowicz y Ravetz 1985, O'Riordan y Rayner 1990). Aquí los problemas de asegurar la calidad de la información científica son particularmente agudos y requieren nuevas concepciones de la metodología científica.

En este nuevo tipo de ciencia, la evaluación de los *inputs* científicos para la toma de decisiones requiere una «comunidad de pares extendida» (Funtowicz y Ravetz 1991a). Esta extensión de la legitimación hacia nuevos participantes en los diálogos políticos tiene importantes implicaciones tanto para la sociedad como para la ciencia. Con el respeto mutuo entre las diversas perspec-

tivas y formas de conocimiento, hay posibilidad de desarrollar elementos democráticos genuinos y efectivos en la vida de las ciencias. El desafío de los riesgos ambientales globales puede entonces transformarse en el sucesor del que precedió las grandes «conquistas», como la enfermedad y posteriormente el espacio, al proporcionar un significado simbólico y un sentido renovado de aventura para una nueva generación de reclutas de la ciencia en el futuro.

La re-invasión del laboratorio por parte de la naturaleza

El lugar de la ciencia en el mundo industrializado fue bien descrito por Bruno Latour (Latour 1988) cuando imaginó a Pasteur extendiendo su laboratorio a toda la campiña francesa y de este modo conquistándola para la ciencia y para sí mismo. La propia naturaleza ya no necesitaba ser concebida como salvaje y amenazadora. La metodología científica podía domesticarla y transformarla en útil para la humanidad. El milagro de la ciencia natural moderna consistió en que la experiencia de laboratorio, el estudio de una porción aislada de naturaleza que se mantiene pura, estable y reproducible, pudiera extenderse con éxito a la comprensión y el control de la naturaleza en crudo. Nuestra tecnología y medicina juntas han tornado predecible la naturaleza y por ello han permitido a la vida humana ser más sana, confortable y agradable de lo que nunca antes se había siquiera imaginado.

El triunfo del método científico, que ha usufructuado el conocimiento técnicamente esotérico de sus expertos, ha llevado al dominio de la ciencia sobre otros modos de conocimiento, de naturaleza y mucho más aún. La experiencia del sentido común y las destrezas para hacer y vivir han perdido su pretensión de realidad; han sido reemplazadas por los objetos teóricamente elaborados del discurso científico, necesarios para tratar con agen-

tes invisibles tales como los microbios, los átomos, los genes y los quásares. Así como Galileo usó su telescopio para transformar la luna familiar en un objeto de geometría aplicada (en el que la luz y la sombra se transformaron en cumbres y valles), el control de los instrumentos y de las teorías se ha transformado en el poder de definir la realidad tanto para los especialistas como para el público. Aunque esto es formalmente democrático (pues hoy no hay barreras formales para que alguien que quiere ser experto en estos ítems tome el entrenamiento correspondiente), de hecho está preservado para aquellos que pueden vincularse en un curso proceso educativo prolongado y protegido.

La suposición de que el mundo puede convertirse en un extenso laboratorio da primacía a la ciencia, en tanto conocimiento efectivo, y a los expertos científicos, en tanto sus intérpretes legítimos. La racionalidad de la toma de decisiones públicas debe parecer ser científica; y por lo tanto los científicos sociales y humanos (en especial los economistas) han llegado a ser vistos como autoridades conductoras. Se supone universalmente (por acrítica y superficial que tal suposición sea) que el experto científico es el componente crucial en la toma de decisiones, tanto en lo que concierne a la naturaleza como a la sociedad.

Empero, los mismos poderes que la ciencia ha creado conducen a una nueva relación de la ciencia con el mundo. La extensión del laboratorio ha ido más allá de la intervención en pequeña escala tipificada por la conquista del antrax por parte de Pasteur. No sólo aparecen los ya familiares disturbios del ambiente natural provocados a gran escala por las prácticas industriales y agrícolas modernas. Cerca del corazón mismo de la ciencia tenemos los nuevos «experimentos», de escala incluso regional, que resultan en una interferencia destructiva con la naturaleza causada por la tecnología. Ejemplos clásicos son Hiroshima, Chernobyl, Bhopal, Exxon Valdez y ahora Kuwait. En algún sentido importante del término, cada uno de ellos es «artificial» pero, de todos modos, proporcionan datos acerca del

comportamiento de los sistemas naturales (y de los sistemas sociales también). Sin embargo, difieren de los experimentos clásicos de las ciencias en un número de aspectos cruciales. Una vez que han comenzado no pueden ser detenidos a voluntad. Además, los acontecimientos no son aislados, puros o repetibles. Para su estudio científico no contamos con un equilibrio entre los datos experimentales cuantitativos controlados y la teoría matemática, equilibrio que ha sido paradigmático para las ciencias naturales clásicas. En cambio, los datos surgen de experimentos de laboratorio análogamente débiles y estudios de campo ad hoc, informes anecdóticos, y opiniones expertas; y las principales herramientas teóricas de que se dispone provienen de las simulaciones y modelos de computación no testeables.

La supremacía de los expertos científicos ya no es tan obvia como en el caso de este nuevo tipo de «experimentos» que ha producido la tecnología con base científica. En primer lugar, los expertos (en tanto una clase que incluye a sus propios administradores) están asociados con las causas de los desastres; y no siempre son exitosos en sus intentos de mejorar o paliar los efectos no esperados o no deseados de los acontecimientos. Las técnicas aplicadas en estos casos, heredadas de las experiencias exitosas del método científico inspirado en el laboratorio, son inadecuadas en diversos grados. Aquellos expertos que las usan acríticamente y luego las defienden públicamente como «científicos» corren el peligro de debilitar la credibilidad y legitimidad de la ciencia.

Estos nuevos «experimentos» proporcionan pruebas en favor de la tesis de que la ciencia de laboratorio tradicional debe evolucionar en respuesta a los desafíos que plantean los riesgos que están acaeciendo en una escala global. La metodología científica para abarcar estos nuevos problemas no puede ser la misma que ayudó a crearlos. Gran parte del éxito de la ciencia tradicional yace en su poder para abstraerse de la incertidumbre en el conocimiento y los valores; se ha mostrado en la tradición educa-

tiva dominante, creando un universo de hechos incuestionables. En la actualidad la *expertise* (el carácter de experto) científica es incapaz de resolver por sí sola los dilemas políticos a que nos ha llevado. No sólo hemos perdido control y predictibilidad; enfrentamos una incertidumbre radical e incluso ignorancia, así como incertidumbres de carácter ético que yacen en el corazón mismo de los problemas de política científica.

Para comprender las nuevas tareas y métodos de la ciencia, podemos invertir con fecundidad la metáfora de Latour y pensar que es la naturaleza la que ahora reinvade el laboratorio pues los riesgos que enfrentamos son globales en alcance y complejos en estructura. Las ficciones fértiles de la naturaleza que nos proporcionan las condiciones experimentales de laboratorio y los modelos computacionales ahora pueden convertirse en meras caricaturas o *simulacra* (Baudrillard 1988). El laboratorio no avanza hacia el campo; antes bien lo salvaje ha penetrado en el laboratorio. Vemos esto en muchas maneras; por ejemplo, si los beneficios humanos creados por la tecnología basada en la ciencia han de ser compartidos por toda la humanidad, dependen de una explotación del ambiente que el planeta no puede soportar. Estos temas urgentes y profundos acerca de la equidad, que son cada vez más importantes en la política internacional, han sido creados por aplicaciones de la ciencia aparentemente benéficas.

Los problemas ambientales globales son muy diferentes de los tipos de problema en los que la resolución de problemas científicos tradicionales podía ser exitosa. La teoría del caos determinístico de los sistemas no lineales ha proporcionado *insights* con respecto a la unicidad e inestabilidad de los sistemas ambientales globales. Contra las expectativas previas, esta teoría no provee las herramientas para el conocimiento y el control en el modelo de la ciencia física clásica; antes bien abre el camino para una nueva concepción de la ciencia, en la que el conocimiento y la ignorancia siempre interactúan de manera creativa. Los aspectos sociales de la ciencia están transformán-

✓ dose en la medida en que sus practicantes pierden el carácter de expertos exclusivos. Una vez que está fuera del laboratorio, el científico es un ciudadano como cualquier otro, contribuyendo con su conocimiento especial, diferente pero no dominante entre otros tipos también involucrados en un diálogo político. La complejidad esencial de los problemas ambientales globales obliga a que la ciencia se presente como un enfoque complementario entre otros, todos ellos legítimos y necesarios. Cuando advertimos que los riesgos globales no son sólo sistémicos, sino también acumulativos, nuestra perspectiva de la ciencia cambia aún más. ✓ Pues en la evaluación de los riesgos acumulativos nuestro conocimiento se ve devorado y completamente sobrepasado por nuestras incertidumbres e ignorancia. Por lo tanto los inputs científicos para cualquier proceso político son peor que inútiles a menos que sus incertidumbres sean manejadas de manera efectiva; y ellas incluyen las incertidumbres éticas, el peso de la prueba y los principios de prudencia y precaución.

Históricamente han habido otros episodios de transformación científica en los que una actividad particularmente exitosa de resolución de problemas ha desplazado a las antiguas formas convirtiéndose además en ejemplo paradigmático de la ciencia. Esta transformación se ha identificado con grandes científicos tales como Galileo, Darwin y Einstein. Ellos han afectado principalmente la ciencia teórica, porque hasta hace muy poco la tecnología y la medicina no se veían influenciadas de manera general en el corto término por los resultados de la investigación científica. Los desafíos a la ciencia se planteaban en gran medida en el reino de las ideas. Ahora que los poderes de la ciencia han dado lugar a amenazas con respecto a la supervivencia misma de la humanidad, la respuesta radicarán tanto en la práctica social de la ciencia como en sus estructuras intelectuales.

Las metas de la ciencia ya no serán las tradicionales de alcanzar la Verdad y eventualmente conquistar la naturaleza. Antes bien reflejarán primariamente la necesidad de una relación

armoniosa entre la humanidad y la naturaleza. La interacción activa del conocimiento y la ignorancia también será un elemento central de las estructuras teóricas de la nueva ciencia; y la admisión de otras formas de pensamiento será inherente a su práctica social.

La centralidad de la incertidumbre y la calidad

Ahora que el desafío más importante para la ciencia de nuestros días radica en las cuestiones ambientales globales, en la metodología científica la incertidumbre y la calidad se mueven hacia adentro desde la periferia —o podríamos decir desde las sombras— hasta transformarse en conceptos centrales integradores. Hasta aquí se han mantenido los márgenes de la comprensión de la ciencia tanto para los legos como para los científicos. Mientras que con anterioridad la ciencia fue entendida como avanzando con firmeza hacia la certidumbre de nuestro conocimiento y el control del mundo natural, ahora es vista como enfrentando muchas incertidumbres en las decisiones ambientales y tecnológicas urgentes a escala global. Un nuevo rol para los científicos involucrará el dominio de estas incertidumbres cruciales; allí yace la tarea de asegurar la calidad de la información científica que se proporciona como base para la toma de decisiones políticas.

Los nuevos problemas ambientales globales tienen rasgos comunes que los distinguen de los problemas científicos tradicionales. Son globales en escala y de larga duración en su impacto. Los datos con respecto a sus efectos, e incluso los datos para los lineamientos básicos de los sistemas «sin disturbios», son radicalmente inadecuados. Al ser complejos, novedosos y variables, estos fenómenos no son bien comprendidos. La ciencia no siempre puede proporcionar teorías basadas en experimentos para explicarlos y predecirlos y frecuentemente en el mejor de los casos sólo logrará modelos matemáticos y simulaciones

computacionales, que son esencialmente no testeables. Sobre la base de tales *inputs* inciertos, deben tomarse decisiones bajo condiciones de urgencia. En consecuencia, como la ciencia no puede proceder sobre la base de predicciones fácticas, apelará tan sólo a pronósticos políticos.

Los modelos informáticos constituyen el método más ampliamente usado para producir enunciados acerca del futuro en base a datos del pasado y del presente. Para muchos aún hay algo mágico en las computadoras, pues se cree que realizan operaciones de razonamiento sin errores y con rapidez. Pero lo que surge al fin del programa no es necesariamente una predicción científica; puede incluso no ser siquiera un pronóstico político particularmente bueno. Los datos numéricos usados como entrada pueden no derivar de estudios experimentales o de campo; los mejores números de que disponemos, tal como se observa en muchos estudios sobre riesgos industriales, pueden simplemente ser corazonadas recogidas entre expertos. En vez de teorías que ofrecen alguna representación más profunda de los procesos naturales en cuestión, pueden simplemente ser paquetes de software estándar aplicados para el mejor ajuste de los parámetros numéricos. Y en vez de pruebas experimentales, de campo o históricas, supuestas normalmente para las teorías científicas, pueden ser sólo la comparación de las salidas calculadas con salidas distintas producidas por otros modelos de computación igualmente no testeables.

A pesar del gran esfuerzo y de los muchos recursos que se han destinado a desarrollar y aplicar tales métodos, se ha dedicado poco interés a ver si realmente contribuyen de manera significativa ya sea al conocimiento o a la política. En la investigación vinculada a las políticas de riesgo y ambientales, que son tan cruciales para nuestro bienestar, se ha aplicado muy poco esfuerzo a reasegurar la calidad que las ciencias experimentales tradicionales daban por sentado en su práctica ordinaria. Aunque las computadoras en principio pueden ser usadas para acre-

centar la destreza humana y la creatividad haciendo rápido y sin esfuerzo todo el trabajo rutinario, han tendido en cambio a transformarse en sustitutos del pensamiento y el rigor científicos. (Mac Lane 1988).

Está claro que los dilemas de la modelización computacional en la investigación relacionada con la política no pueden resolverse sólo a nivel técnico. En realidad nadie pretende que los modelos computacionales por sí solos sean herramientas adecuadas; pero sin embargo, la ciencia tradicional no puede proporcionar nada mejor. Los críticos los juzgan básicamente a través de los estándares de la ciencia matemático-experimental, y por supuesto, en tales términos resultan prácticamente vacuos. Sus abogados los defienden sobre la base de que son lo mejor de lo que podemos disponer (Keyfitz 1988). Pero no aprecian cuán diferentes son estas nuevas ciencias ecológicas con respecto a sus incertidumbres complejas, nuevos criterios de calidad y compromisos sociopolíticos. Se necesitan esfuerzos excepcionales dedicados al manejo de la incertidumbre, al reaseguro de la calidad y también el desarrollo de las destrezas necesarias para emprender estas tareas. Tales destrezas no se desarrollarán fácilmente dentro del antiguo marco de suposiciones acerca de los métodos, las funciones sociales y los participantes calificados en la empresa científica.

Incluso los datos empíricos que le sirven como *inputs* directos al proceso político pueden ser de dudosa calidad. Sus incertidumbres frecuentemente no pueden manejarse usando las técnicas estadísticas tradicionales. Tal como J. C. Bailar expresa:

Toda el álgebra estadística y todas las computaciones estadísticas son de valor sólo en la medida en que se agreguen al proceso de inferencia. A menudo no ayudan a realizar inferencias sensatas; por cierto pueden funcionar a la inversa, y en mi experiencia esto es así porque los tipos de variabilidad aleatoria que vemos en los grandes problemas del día

tienden a ser pequeños en relación a otras incertidumbres. Esto es verdad, por ejemplo para los datos acerca de la pobreza y el desempleo, el comercio internacional, la producción agrícola y las mediciones básicas de la salud y la supervivencia humanas. Más cerca de casa, la variabilidad aleatoria —materia de los valores p y de los límites de confianza— simplemente se ve deglutido por otros tipos de incertidumbre en la evaluación de los riesgos sanitarios por exposición a los productos químicos, el rastreo del movimiento de un contaminante ambiental, o al predecir los efectos de las actividades humanas sobre la temperatura global y la perforación de la capa de ozono (Bailar 1988).

Así desde cualquier ángulo que se mire, el estatus científico de la investigación sobre los problemas relacionados con la toma de decisiones públicas es en el mejor de los casos dudoso. En esta nueva área las tareas de manejar la incertidumbre y asegurar la calidad, dominadas en la ciencia tradicional a través de la destrezas individuales y prácticas comunitarias quedan en la confusión. Deben desarrollarse nuevos métodos para hacer que nuestra ignorancia sea usable (Ravetz 1990). El camino hacia esto yace en abandonar radicalmente la confianza total en las técnicas y la exclusión de consideraciones metodológicas, societarias o éticas, que hasta aquí han caracterizado a la ciencia tradicional.

El sistema NUSAP ha proporcionado un enfoque integrado de los problemas de la incertidumbre, la calidad y los valores de información científica. Tenemos que distinguir entre los niveles técnicos, metodológicos y epistemológicos de la incertidumbre; que corresponden a la inexactitud, no confiabilidad y «límites con la ignorancia», respectivamente (Funtowicz y Ravetz 1990).

La incertidumbre es manejada en el nivel técnico cuando las rutinas estándar son adecuadas; éstas usualmente derivarán de la estadística (que en sí misma es esencialmente manipulación simbólica) así como de técnicas y convenciones suplementarias

desarrolladas para campos particulares. El nivel metodológico aparece cuando son relevantes aspectos más complejos de la información tales como los valores o la confiabilidad. Cuando luego se requieren juicios personales que dependen de destrezas de alto nivel, la práctica en cuestión es una consultoría profesional, un «arte aprendido» del tipo de la medicina o la ingeniería. Finalmente, el nivel epistemológico aparece cuando la incertidumbre irremediable está en el centro del problema, tal como cuando los modelistas reconocen las «incertidumbres de completitud» que pueden viciar al ejercicio todo, o cuando la «ignorancia de la ignorancia» (o «ignorancia al cuadrado») es relevante para cualquier solución posible del problema. En NUSAP estos niveles de incertidumbre son expresados por las categorías de alcance, (Spread), evaluación (Assessment) y pedigree (Pedigree), respectivamente. (Las primeras letras N y U, corresponden a los tradicionales Numeral y Unidad usados para expresar magnitudes cuantificadas, tal como en 150 kilómetros).

El asegurar la calidad es tan esencial para la ciencia como para la industria; mientras que en la investigación científica tradicional la calidad podía ser manejada de manera informal por la comunidad de pares, en los nuevos problemas de riesgo ambiental global la calidad de la ciencia debe enfrentarse como una cuestión de urgencia. La inadecuación de la comunidad de pares tradicional ha sido extensamente analizada en relación a la ciencia central (Turney 1990), la ciencia «por encargo» (Salter 1988), y la ciencia «regulatoria» (Jasanoff 1991), ¿Cómo se podrían manejar las incertidumbres múltiples de las nuevas ciencias ecológicas a través de los antiguos métodos y conceptos? Veremos que la evaluación de la calidad en este nuevo contexto científico no puede restringirse a los productos sino que también debe incluir el proceso y en última instancia también a las personas. Este enfoque «p al cubo» con respecto al reaseguro de la calidad de la ciencia necesariamente involucra la participación de agentes distintos de los investigadores técnicamente calificados. Por cierto

todos los que ponen algo en juego en un problema constituyen una «comunidad de pares extendida» para una estrategia efectiva de resolución de los riesgos ambientales globales.

Estrategias de resolución de problemas

Para caracterizar un problema que conlleva riesgos ambientales globales, podemos pensarlo como uno en el que los hechos son inciertos, los valores están en disputa, lo que se pone en juego es alto y las decisiones son urgentes. En tales circunstancias es probable que una metodología lineal simple basada en el ejemplo de la ciencia de laboratorio «pura» no nos proporcione demasiadas guías. Sin embargo, los nuevos problemas no tornan irrelevante a la ciencia tradicional. La tarea consiste en elegir el tipo apropiado de estrategia científica de resolución de problemas para cada tema particular.

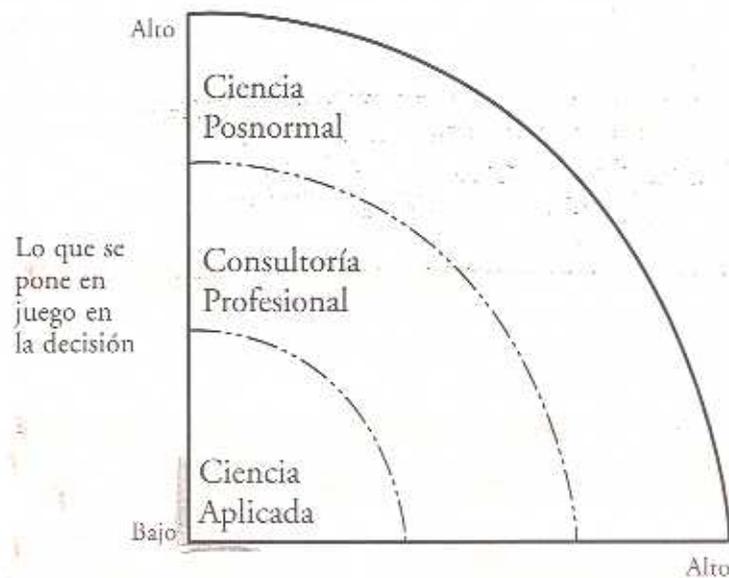


Figura 1. Incertidumbre de los sistemas

Nuestro diagrama presenta tres rasgos distintivos. Primero (y ésta es una innovación para la metodología científica), muestra la interacción de los aspectos epistémicos (conocimiento) y axiológicos (valores) de los problemas científicos. Se los ubica como ejes del diagrama, representando la intensidad de la incertidumbre y de lo que se pone en juego en las decisiones (*decision stakes*), respectivamente. Advertimos que la incertidumbre y lo que se pone en juego en la decisión son los opuestos de los atributos que tradicionalmente se pensaba que caracterizaban a la ciencia, a saber, su certeza y neutralidad valorativa. (Este es el segundo rasgo innovador de nuestro análisis). Finalmente, cada una de estas dimensiones se presentan abarcando tres intervalos discretos. Por esos medios logramos un diagrama que tiene tres zonas que representan y caracterizan tres tipos de estrategia de resolución de problemas. (Fig. 1)

La frase «incertidumbre de los sistemas» transmite el principio de que el problema no concierne al descubrimiento de un hecho particular sino a la comprensión o el manejo de una realidad inherentemente compleja. En la frase «lo que se pone en juego en las decisiones» abarcamos todos los diversos costos, beneficios y compromisos valorativos que el problema involucra a través de las diversas personas que toman posiciones en el juego y arriesgan algo en él. No es necesario que intentemos ahora efectuar un mapa detallado de ellas, tal como el que surge en los aspectos técnicos y sociales del diálogo acerca de cualquier tema político particular. Es suficiente para el análisis conceptual presente que sea posible en principio identificar qué elementos son los principales o los dominantes, para luego caracterizar los sistemas totales a partir de ellos.

Ciencia Aplicada

La explicación del diagrama de las estrategias de resolución de problemas comienza con la estrategia más familiar. A ésta la lla-

mamos Ciencia Aplicada. Aparece cuando tanto las incertidumbres de los sistemas como lo que se pone en juego en las decisiones son de bajo nivel. Las incertidumbres de los sistemas estarán en el nivel técnico y serán manejadas por las rutinas y procedimientos estándar. Ellas incluirán técnicas particulares para mantener confiables a los elementos que están operando y también a las herramientas estadísticas y los paquetes para el procesamiento de los datos. Lo que se pone en juego en las decisiones será simple y también pequeño; se han asignado recursos para el ejercicio de investigación porque sus resultados cumplirán alguna función externa particular directa. La información que surja de allí será usada en una empresa más amplia que ya no es de interés del investigador que trabaja en ella. Ilustramos esto en la figura que sigue (Fig. 2).

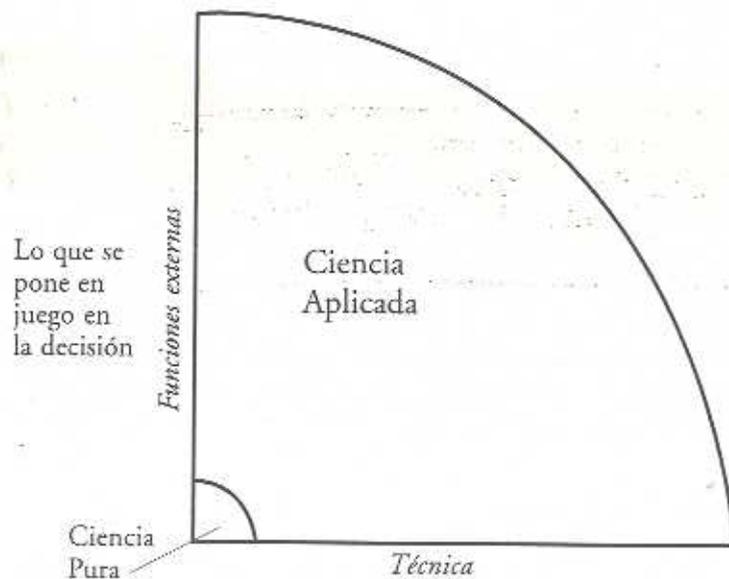


Figura 2. Incertidumbre de los sistemas

En este diagrama, la ciencia tradicional «pura», «básica» o «central» puede considerarse centrada alrededor de la intersección de los ejes. Por definición, en la investigación orientada por la curiosidad no hay intereses internos en juego, de manera que lo que se apuesta en la decisión es de bajo nivel. Del mismo modo, el ejercicio de la investigación normalmente no se lleva a cabo a menos de que haya confianza en que las incertidumbres son bajas y en que el problema probablemente podrá resolverse. Así la ciencia «pura» ordinaria, tal como la Ciencia Aplicada que discutimos aquí, es «normal» en el sentido de estar dedicada a resolver enigmas de investigación que se supone tienen respuestas (Kuhn 1962). Claramente, la investigación altamente innovadora o revolucionaria, ya sea pura o aplicada, no pertenece a esta categoría, pues las incertidumbres del sistema son inherentemente elevadas, y por diversas razones también es alto lo que se pone en juego en las decisiones. Así, las investigaciones astronómicas de Galileo involucraban todo un rango de problemas que iba desde la técnica astronómica hasta la ortodoxia religiosa; y por eso hasta que no encontraron aplicación directa a los problemas industriales o ambientales, fueron definitivamente extremas tanto en lo que se atiene a sus incertidumbres como a lo que se apostaba en las decisiones. Lo mismo podría decirse del trabajo de Darwin en *El Origen de las Especies*. En este aspecto hay una continuidad entre la «filosofía de la naturaleza» clásica y la ciencia posnormal que está surgiendo.

Podemos comparar de manera fructífera a la Ciencia Pura y a la Ciencia Aplicada en relación con el reaseguro de la calidad. Cuando las incertidumbres y lo que se pone en juego en las decisiones externas son de bajo nivel, los procesos normales de revisión de los proyectos por parte de los pares y el referato de los artículos han funcionado bastante bien a pesar de sus conocidos problemas (Jasanoff 1990, Turney 1990). Sin embargo, cuando los resultados del ejercicio de investigación se tornan importantes para alguna función externa, la comunidad de pares

relevantes se extiende más allá de una comunidad de investigación particular, hasta incluir usuarios de todos los tipos, y también administradores. La situación se torna bastante más parecida a la de los productores y consumidores que traen distintas agendas y diferentes destrezas al mercado. Para ilustrar con un ejemplo de cómo pueden diferir los criterios de calidad entre los productores y los consumidores, podemos considerar la seguridad (*safety*) de un producto: un accidente raro puede no ser considerado significativo en la ejecución general de un plan (especialmente si las leyes acerca de la confiabilidad de los productos son laxas), pero puede ser muy importante para los consumidores, en tanto individuos y en tanto clase. En el caso de la Ciencia Aplicada, un resultado producido válidamente bajo un conjunto de condiciones puede ser inapropiado cuando se aplica a otras; así si las mediciones de un tóxico se dan como un promedio a lo largo del tiempo, las poblaciones o el espacio expuesto, el resultado puede ser adecuado para los propósitos regulatorios generales pero podría ignorar una alta concentración de los daños o de los grupos vulnerables.

Puede ocurrir que el resultado de la Ciencia Aplicada no sea «conocimiento público», disponible libremente para todos los usuarios competentes, sino más bien «saber cómo corporativo» (*corporate know how*), propiedad de compañías privadas o de agencias estatales que subsidian la investigación. Entonces las tareas de reasegurar la calidad pueden tornarse controvertibles e involucrar conflictos sobre la confidencialidad y lo que se arriesga en las decisiones, fundadas en este aspecto no científico. Si esto ocurre, la estrategia de resolución de problemas ya no es la de la Ciencia Aplicada, pues puede implicar luchas sobre el poder administrativo y político y los principios del «derecho a saber» de los ciudadanos (por ejemplo, en lo que concierne a los riesgos potenciales, *hazards* ambientales o los riesgos, *risks* tecnológicos). La comunidad de pares relevante se ve entonces extendida más allá de los productores directos, los que financian y los que

usan la investigación, para incluir a todos los que tienen algo que poner en juego en el producto, proceso, con implicaciones tanto locales como globales. Esta extensión de la comunidad de pares puede incluir a los que hacen periodismo de investigación, a los abogados y a los grupos de presión. Así un tema que puede parecer totalmente directo desde un punto de vista científico puede transformarse en un problema que trasciende los límites de la Ciencia Aplicada, dando lugar a una u otra de las estrategias de resolución de problemas más complejas que discutiremos a continuación.

Hasta la actualidad la Ciencia Aplicada generalmente ha sido aceptada como una estrategia de resolución genuina de problemas tanto ambientales como sociales. En base al ejemplo del heroico éxito al estilo de Pasteur, se supone que los *inputs* científicos son el elemento dominante en cualquier proceso donde esté presente la precisión y en consecuencia, los expertos científicos aparecen como las autoridades principales. Podemos apreciar el estatus difundido y hasta hoy incuestionado de esta suposición, considerando las recientes re-evaluaciones de los tipos de políticas para el desarrollo y para el ambiente a las que tal suposición ha conducido. La «revolución verde», que se presentó como un ejercicio de investigación que resolvería los problemas de la agricultura tropical campesina sobre la base de la Ciencia Aplicada de las zonas de agricultura templada, llegó a ser efectivamente criticada por su insensibilidad a las condiciones locales y sus consecuencias sociales y ecológicas adversas. Como resultado, en tales casos, la gente con conocimiento local, en parte implícito y muchas veces no letrado, llegó a ser tratada como participante legítimo en los procesos de decisión. En nuestros términos la comunidad de pares para asegurar la calidad de las políticas y de la investigación, que originariamente parecía simple Ciencia Aplicada, se ha extendido mucho más allá de los expertos tradicionales y de sus fuentes de financiación.

La Consultoría Profesional

El diagrama para la Consultoría Profesional (Fig. 3) presenta dos zonas con la Ciencia Aplicada encajada adentro. Esto significa que la Consultoría Profesional incluye la Ciencia Aplicada, pero concierne a problemas que requieren una metodología diferente para su resolución completa. La incertidumbre no puede ser manejada en el nivel rutinario, técnico, porque son relevantes aspectos más complejos del problema, tales como la confiabilidad de las teorías y la información. Entonces se requieren juicios personales que dependen de destrezas de alto nivel y la incertidumbre aparece en su nivel metodológico.

Lo que se pone en juego en la decisión también es más complejo. Tradicionalmente la tarea profesional se realizaba para un cliente cuyos propósitos debían de ser servidos. Éstos no pueden reducirse a una meta clara y perfectamente definida, los se-

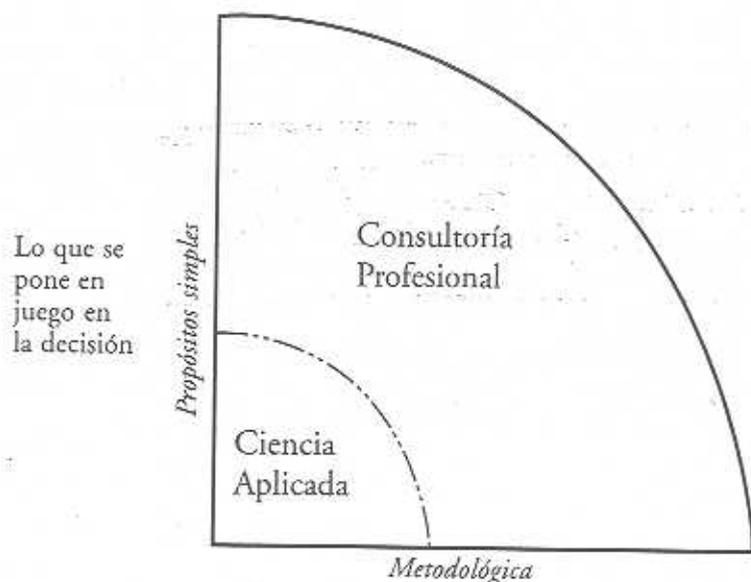


Figura 3. Incertidumbre de los sistemas

res humanos no son máquinas o burocracias, y son conscientes de sus propios propósitos. En el caso de los problemas de riesgo y problemas ambientales, los profesionales pueden experimentar una tensión entre su rol tradicional y las nuevas demandas. Pues los propósitos relevantes para la tarea ya no son simplemente los de los clientes, sino que entran en conflicto, involucrando diversos sistemas naturales y seres humanos que ponen algo en juego.

La relación entre las incertidumbres de los sistemas y lo que se apuesta en la decisión, se ve bien ilustrada por la tarea de incorporar los costos del error en la decisión. En los ejercicios de Ciencia Aplicada generalmente se los subsume implícitamente en los métodos estadísticos estándar. Para las constantes se emplean, normalmente sin mayor reflexión, los límites de confianza y se permiten dos tipos de error inferencial. Pero en la tarea profesional, los costos del error pueden ser grandes e incluso pueden poner en peligro la continuación de una carrera. Por lo tanto, deben ser tratados como riesgos, donde aunque se emplee algún cálculo, necesariamente predominará el juicio. Cuando estamos en una situación de tipo forense, el profesional necesitará tomar en cuenta el peso de la prueba respecto de un problema particular, que reflejará los valores de una sociedad particular (¿A quién corresponde el daño más importante?). Así un problema de contaminación ambiental será manejado de manera diferente mientras el proceso se considere seguro y cuando se demuestre peligroso, o viceversa. Tal oposición simple no puede acompañar todas las situaciones prácticas y por lo tanto las tareas profesionales requieren una apreciación de las sutilezas en el uso del peso de la prueba.

La Consultoría Profesional comparte muchos rasgos con la Ciencia Aplicada, que las distinguen de la Ciencia Pura. Ambas operan bajo restricciones de tiempo y de recursos, con problemas definidos por intereses externos y sus productos, generalmente, no recaen en el dominio del «conocimiento público». En

gran parte del tiempo las tareas profesionales se reducen a ejercicios de investigación aplicada, en la medida en que la rutina de trabajo se ve estandarizada por la técnica y por los manejos de la incertidumbre. Pero la Consultoría Profesional exige creatividad así como una disponibilidad para captar las situaciones nuevas e inesperadas y asumir la responsabilidad por sus resultados. La ingeniería está en los límites entre ambos, pues gran parte del trabajo de ingeniería se realiza dentro de organizaciones más que para clientes individuales, y como los problemas no pueden ser reducidos completamente a una rutina, el «juicio ingenieril» es un aspecto bien conocido del trabajo.

En tanto estrategia de resolución de problemas, la Consultoría Profesional tiene importantes diferencias con respecto a la Ciencia Aplicada. El resultado de los ejercicios de Ciencia Aplicada, como aquéllos de la Ciencia Pura, presentan los rasgos de reproductibilidad y predictibilidad. Es decir, cualquier experimento debería, en principio, ser capaz de ser reproducido en cualquier lugar y por cualquier practicante competente; pues operan sobre sistemas naturales aislados y controlados. En consecuencia, los resultados equivalen a predicciones con respecto al comportamiento de los sistemas naturales bajo circunstancias semejantes. En contraste, las tareas profesionales conciernen a situaciones únicas, por ampliamente semejantes a otras situaciones que puedan parecer. Correlativamente, el elemento personal se transforma en importante; así, es legítimo pedir una segunda opinión sin impugnar la competencia de un médico o de otro profesional, o implicar que uno de ellos está simplemente equivocado. Después de todo, ¿quién esperaría que dos arquitectos produjeran diseños idénticos dada una consigna única? De la misma manera no sería realista esperar que dos ingenieros de seguridad produjeran el mismo modelo para un análisis de riesgo potencial de una instalación compleja.

Cuando aparentemente un problema involucra sólo a la Ciencia Aplicada, el público puede verse confundido o desilusiona-

do al constatar que los expertos no concuerdan y hasta lo hacen de manera muy intensa (y los expertos mismos pueden sentirse confundidos). Pero cuando se aprecia que estos problemas suponen una Consultoría Profesional, los desacuerdos deberían ser vistos como inevitables y saludables. Ocasionalmente, sin embargo, se siente que es necesario el consenso entre los expertos profesionales, tal como en el caso de los *inputs* cuantitativos para los modelos de riesgo potencial industrial o ambiental. «Los juicios de los expertos» aparecen como un sustituto de los datos experimentales o de campo. Cuando se reconoce que tal sustitución es altamente problemática, el reaseguro de la calidad se ve conducido a un nivel más alto. El problema se convierte entonces en el de asegurar la calidad de los propios expertos. Tal proceso se reitera sin fin, llevando a lo que podríamos denominar el «problema de los expertos a la n». Ello indica que las tareas profesionales no pertenecen a la Ciencia Aplicada y no pueden ser resueltas como si lo hicieran.

Este último fenómeno nos recuerda las diferencias en el reaseguro de la calidad que surgen cuando vamos de la Ciencia Aplicada a la Consultoría Profesional. Podemos visualizar tres componentes en la tarea de resolución de problemas: el proceso,² el producto y la persona.³ Éste es el enfoque «p al cubo» mencionado antes en relación al reaseguro de la calidad. En la ciencia pura el foco principal en la evaluación de la calidad inmediata yace en el proceso; pues el producto (el resultado de la investigación) usualmente no es reproducido por los referees de las publicaciones periódicas. Por lo tanto, los informes escritos acerca de los materiales, la instrumentación y las técnicas son los únicos objetos del escrutinio de los árbitros. Es por ello que la evaluación de la calidad exige a pares expertos; y en consecuencia de manera necesaria tal evaluación se convierte en una actividad técnicamente esotérica. En el caso ideal, las personas (o sus instituciones) no son relevantes para la evaluación de la calidad. En la Ciencia Aplicada, el foco de evaluación se extiende hacia

los productos y es realizado por los usuarios; pues son ellos los beneficiarios de los ejercicios de investigación. El reaseguro de la calidad es entonces menos esotérico, pues los usuarios tienen menos necesidad de comprender el proceso de investigación; y por lo tanto, hay una extensión automática de la comunidad que participa legítimamente en la evaluación.

Hemos discutido previamente la preminencia que asume el factor personal en la Consultoría Profesional y hemos observado cómo allí la calidad del proceso se reduce en última instancia a la calidad de las personas que ejecutan las tareas. Esto contrasta con el caso de la Ciencia Pura, con un consenso acerca del proceso, y de la Ciencia Aplicada con sus usuarios externos y sus criterios pragmáticos para juzgar los productos del ejercicio de investigación. En la Consultoría Profesional no puede haber criterios o procesos objetivos y simples para asegurar la calidad; se exige un «conocimiento personal» en el sentido de Polanyi, en la elección y evaluación de los expertos (Polanyi 1958). La comunidad de los participantes legítimos en la evaluación se ve extendida aún más allá. Los aspectos técnicos de la ciencia se ven entonces subordinados (aunque pueden ser usados como pruebas acerca de la calidad de los expertos particulares). Y dado que el «conocimiento personal» puede ser tan variado como la gente y sus intereses, nadie debería dominar sobre los demás.

Ciencia Posnormal

Ahora podemos considerar el tercer tipo de estrategia de resolución de problemas donde las incertidumbres de los sistemas y lo que se pone en juego en las decisiones son de alto nivel (Fig. 4). Cuando nos dedicamos a un problema en la Ciencia Posnormal, tanto la Consultoría Profesional como la Ciencia Aplicada pueden ser parte de la actividad general, pues no todos sus aspectos involucrarán una incertidumbre alta o valores

Lo que se pone en juego en la decisión

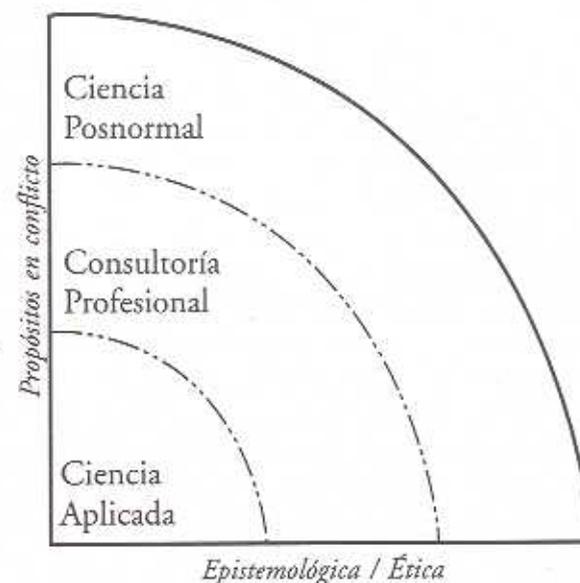


Figura 4. Incertidumbre de los sistemas

en conflicto. Sin embargo, las tareas profesionales o los ejercicios de investigación aplicada no pueden dominar el proceso de toma de decisiones (Figura 4).

Los problemas posnormales pueden incluir un amplio componente científico en su descripción, algunas veces al punto de ser posibles de ser expresados en el lenguaje científico. En este sentido son análogos a los problemas de «transciencia» enunciados primero por Alvin Weinberg (Weinberg 1972a). Pero parece mejor distinguir los problemas analizados aquí de aquella clase previa; pues Weinberg imaginaba problemas que tan sólo diferían de los de la Ciencia Aplicada en escala o en accesibilidad técnica. Eran muy poco diferentes de los de la Consultoría Profesional tal como la definimos (Weinberg 1972b). En términos de nuestro diagrama, la Ciencia Posnormal aparece cuando las incertidumbres son ya sea de tipo epistemológico o ético, o cuan-

do lo que se pone en juego en las decisiones refleja propósitos en conflicto entre aquéllos que arriesgan algo en el juego. La denominamos «posnormal» para indicar que los ejercicios de resolución de problema de la ciencia normal (en el sentido kuhniano) que fueron tan exitosamente extendidos desde el laboratorio hasta la conquista de la naturaleza, ya no son apropiados para la solución de nuestros problemas ambientales globales.

Advertimos que en las figuras 2, 3 y 4, la Ciencia Aplicada aparece tres veces y la Consultoría Profesional dos. ¿Estos rótulos se refieren las mismas cosas al ser incluidos en una estrategia de resolución de problemas más amplia que cuando estaban solos? En el sentido de su práctica rutinaria, sí. Pero cuando están incluidos en una estrategia de resolución de problemas más amplia, toda la actividad debe reinterpretarse. Los problemas se plantean y las soluciones se evalúan a través de criterios de comunidades más amplias. Aquí podemos trazar una analogía con la evolución de las teorías científicas, tal como cuando, por ejemplo, la mecánica de Newton no fue tanto refutada como incluida y reinterpretada por la relatividad de Einstein.

El tipo epistemológico de incertidumbre se ha tornado familiar para los expertos, incluso cuando dominan los métodos computacionales para la estrategia de resolución de problemas. Ya estaban acostumbrados a la incertidumbre técnica en los errores de los datos de entrada y a la incertidumbre metodológica en la respuesta de los modelos a esos *inputs* (tal como se «mide» en los análisis de sensibilidad o en la comparación de modelos). Pero cada vez más toman conciencia de preguntas que son insolubles para sus modelos, si es que algo tienen que ver con el mundo real externo, pues sus *outputs* son generalmente no testeables. Así estos expertos descubren en su propia práctica una forma extrema de incertidumbre con límites en la ignorancia lisa y llana. Este tipo de incertidumbre no puede reducirse a las otras y por lo tanto no puede ser tratada con técnicas matemáticas o computacionales estándar. En este caso, podemos apreciar cuán

difundida está la incertidumbre epistemológica en todos los campos científicos que involucran riesgos ambientales globales. Hasta aquí tales problemas han sido despreciados porque parecía que no había una solución sistemática para ellos. Pero ésta es una forma de ignorancia de la ignorancia, el tipo de estado más peligroso.

Ejemplos de los problemas que combinan alto nivel de lo que se pone en juego en una decisión y sistemas de incertidumbres elevados, son familiares a partir de los problemas ambientales globales de reciente aparición. Por cierto cualquiera de los problemas de las incertidumbres tecnológicas más importantes y de la contaminación a gran escala pertenecen a este tipo. Un caso paradigmático de problema posnormal podría ser el diseño y emplazamiento de un depósito para desechos nucleares de larga duración y para su seguridad en los próximos 10.000 años en Nevada, EE UU. Aquí encontramos un gran número de ejercicios de investigación aplicada involucrados, así como tareas profesionales de diversos tipos. Sin embargo, el resultado de todo ese esfuerzo ha sido de hecho sobrepasado por la lucha política con respecto a la decisión de dónde emplazarlo. Previamente se reconoció que las técnicas estándar de evaluación de riesgo estándar eran inadecuadas para el problema del emplazamiento y la legislación original de 1982 se expidió en favor de la equidad tanto en el procedimiento como en lo sustantivo (resultado). Pero esto fue abolido en 1987, con el resultado de que la ciencia quedó eliminada del debate (Parker et al. 1987).

El problema del sitio en Nevada se polarizó completamente. Para sus promotores, el interés principal era la resolución de un problema cada vez más urgente de eliminación de los desechos nucleares. También estaba en juego su compromiso profesional con respecto a una solución científica o «ingenieril» a todos los problemas que surgen en conexión con el poder nuclear civil. Para sus oponentes, el problema no incluía meramente las rústicas incertidumbres en el comportamiento de cualquier estruc-

tura hecha por el hombre a lo largo de un intervalo temporal. Además, había un intenso sentido de injusticia en ese grupo de gente sobre la que se habían impuesto forzosamente tales habilidades. También, el factor de terror ante los materiales nucleares, por exagerado pueda parecer desde una perspectiva científica tradicional, es un aspecto muy real y poderoso del problema político. En este caso, aún los servicios de los mediadores profesionales no eran efectivos, pues no había bases para la negociación y los acuerdos. En este problema particular, las estrategias de resolución de problemas más directas que se apoyan en *inputs* más objetivos y cuantitativos, resultaban ineficaces para el logro de una solución. El desafío de una Ciencia Posnormal es impedir la recurrencia de tales luchas en todos los problemas que involucran incertidumbres grandes y altas apuestas en la decisión.

La Ciencia Posnormal tiene el rasgo paradójico de que en su actividad de resolución de problemas se invierte el dominio tradicional de los «hechos duros» por sobre los «valores blandos». En virtud de los altos niveles de incertidumbre, que se aproximan a la ignorancia crasa en algunos casos, y a que lo que se pone en juego en las decisiones es muy extremo, podríamos incluso intercambiar los ejes en nuestro diagrama, haciendo de los valores la variable horizontal independiente. Un buen ejemplo de tal inversión lo proporcionan las acciones que necesitan ejecutarse en la prevención para mitigar los efectos de la elevación del nivel del mar, que es una consecuencia del cambio climático global. Aquí, la «cadena causal» comienza con los diversos *outputs* de la actividad humana que producen cambios en la biósfera, llevando a cambios en el sistema climático, y luego a cambios en el nivel del mar (todos estos interactuando de maneras complejas con diversos períodos de rezago). De esto resulta un conjunto de pronósticos que serán los *inputs* para los procesos de decisión; éstos resultan en recomendaciones políticas que deben luego ser implementadas en una escala más amplia. En juego

puede estar gran parte del ambiente actual y de los patrones de asentamiento de los pueblos; tarde o temprano se requerirán migraciones masivas desde los distritos que están muriendo poco a poco, con las consecuentes complicaciones económicas sociales y culturales.

Tales políticas sociales de alto alcance se decidirán sobre la base de información científica que es inherentemente incierta en un grado extremo. Más aún, dado que los planes de mitigación deben comenzar con mucha antelación, a menos que las tierras y la gente que las habitan se vean sumergidas. Podría surgir una nueva forma de crisis de legitimación si las autoridades trataran de basar su atractivo y credibilidad en las certezas tradicionales de la Ciencia Aplicada o en las destrezas de los consultores profesionales, pues seguramente fracasarán. Los acuerdos públicos y la participación que derivan esencialmente de compromisos valorativos, serán decisivos para la evaluación de los riesgos y el delineamiento de una política. Así los *inputs* científicos tradicionales se han transformados en «blandos» en el contexto de compromisos valorativos «duros», que determinarán el éxito de las políticas para mitigar los efectos de una posible elevación del nivel del mar.

La distinción tradicional hechos-valores no sólo ha sido invertida; en la Ciencia Posnormal ambas categorías no pueden ser separadas de manera realista. Las incertidumbres van más allá de los sistemas, hasta incluir también a la ética. Todos los riesgos ambientales globales involucran nuevas formas de equidad, que previamente habían sido consideradas como unas «externalidades» a las cuestiones principales de la empresa científico-técnica. Esto conlleva el bienestar de los nuevos agentes que ponen algo en juego, tales como las generaciones futuras, las otras especies y el ambiente planetario en su totalidad. El estudio de la ética de pronto ha recibido un nuevo estímulo, en la medida en que estos temas no tradicionales han entrado en el foco de atención. La conexión íntima entre las incertidumbres

cognoscitivas y éticas se ve bien ilustrada por el problema de la extinción de las especies, ya sea en particular o a una escala global. Es imposible producir una racionalidad simple para atribuirle a los derechos de la gente que se beneficiaría con algún tipo de desarrollo y de una especie animal o vegetal que podría resultar dañada. Sin embargo, las incertidumbres éticas no deberían disuadirnos contra la búsqueda de soluciones; y quienes toman decisiones no pueden dejar de considerar la fuerza política de aquellos seres humanos que tienen un interés apasionado por los que no pueden alegar o votar.

Todas estas complejidades no impiden la resolución de los problemas en la Ciencia Posnormal. El diagrama no debería ser visto de manera estática sino dinámica, con los diferentes aspectos del problema localizados en diversas zonas interactuando y conduciendo a su evolución. Hay un patrón de evolución de los problemas, con diferentes estrategias de resolución de problemas que entran sucesivamente en prominencia, lo que proporciona un medio por el cual el diálogo eventualmente puede contribuir a encontrar una solución. Pues en la medida en que se desarrolla el debate desde una fase inicial confusa, las posiciones se ven clarificadas y esto estimula una nueva investigación. Aunque la definición de los problemas nunca es completamente libre de la política, un debate abierto garantiza que tales consideraciones no sean sesgadas ni encubiertas. Y en la medida en que los ejercicios de investigación aplicada eventualmente ocasionen nuevos hechos, las tareas profesionales se transformarán en más efectivas. Un buen ejemplo de este patrón de evolución es el del plomo en la gasolina, donde a pesar de la ausencia de una información ambiental y epidemiológica concluyente, se ha alcanzado un consenso en el sentido de que los riesgos potenciales no son aceptables.

La dinámica de la resolución de los problemas en la Ciencia Posnormal involucra la inclusión de un conjunto cada vez más creciente de participantes legítimos en el proceso de reaseguro

de la calidad de los *inputs* científicos. Tal como hemos visto, las comunidades de pares ya han sido extendidas mucho más allá de los límites tradicionales para la Ciencia Aplicada y la Consultoría Profesional. En virtud de las incertidumbres múltiples tanto en los productos como en los procesos, en el diálogo posnormal se incrementa la importancia relativa de las personas. Ya hemos advertido cómo la elección de los expertos, que supone se reasegure también la calidad de los propios expertos, no puede resolverse en los confines de la Consultoría Profesional. Por lo tanto, el establecimiento de la legitimidad y la competencia de los participantes inevitablemente involucrará instituciones sociales y culturales y movimientos más amplios. Por ejemplo, personas directamente afectadas por un problema ambiental tendrán una conciencia más profunda de sus síntomas y un interés más apremiante, con respecto a la calidad de los reaseguros, que aquellos que no tienen ningún rol. Así, desempeñan una función análoga a la de los colegas profesionales en la revisión de pares o en los procesos de arbitraje de la ciencia tradicional, que por el contrario podrían no aparecer en estos contextos.

En ocasiones el trabajo legítimo de las comunidades de pares extendidas, puede ir incluso más allá de tareas reactivas en la evaluación de la calidad y el debate político. El nuevo campo de la «epidemiología popular» implica a ciudadanos interesados que hacen un trabajo disciplinado que bien podría, o quizás debería, haber sido realizado por las instituciones reconocidas, pero no lo fue. (Brown 1987). En tales casos encontramos lo que podría denominarse una «incertidumbre institucional», cuando se los critica ya sea por carecer del carácter de expertos certificados o por estar personalmente interesados en el problema. El conflicto creativo entre la epidemiología popular y la experta, no sólo lleva a mejorar los problemas de control ambiental; también mejora el conocimiento científico. Un clásico ejemplo es el del «Mal de Lyme», donde ciudadanos locales identificaron

un patrón a partir de un conjunto vago de síntomas que luego fue caracterizado como una enfermedad previamente desconocida, aunque no infrecuente.

El nuevo paradigma de la ciencia posnormal, que involucra comunidades de pares ampliadas como participantes esenciales se ve claramente en el caso del SIDA. Aquí los científicos investigadores operan a todas luces en la publicidad que abarca a los infectados, los portadores, los periodistas, los éticos, los activistas y los grupos de autoayuda, así como a las instituciones tradicionales de financiamiento, regulación y aplicación comercial. La elección de los problemas y la evaluación de las soluciones de los investigadores son sujetas del mismo modo al escrutinio crítico y las disputas sobre prioridades son del mismo modo llevadas a consideración en la arena pública.

Sin embargo, tales casos son todavía la excepción. Las comunidades de pares extendidas generalmente operan en aislamiento, en temas especiales en localidades aisladas, sin medios sistemáticos de sostén financiero y poco entrenamiento en las destrezas especiales requeridas. En muchas ocasiones quienes ponen algo en juego en las decisiones muestran una insuficiente competencia en el diálogo y la comunicación (Salter 1988). El reconocimiento de su rol es muy variable; en los EE UU, con sus tradiciones populistas, los «interventores» en algunos procesos de decisión son financiados; en otros lados pueden ser ignorados o activamente hostigados. Dentro de tales comunidades de pares ampliadas hallaremos tensiones usuales entre los que tienen demandas simples de tipo NYMBY1, y los activistas externos con una agenda mucho más amplia, conjuntamente con las divisiones inevitables a lo largo de líneas de clase, etnicidad, género y educación formal. Sin embargo, toda esta confusión es inevitable, y por cierto saludable, en un movimiento embrionario que está forzando la transición hacia una nueva era.

Tal como en cualquier transición profunda, el presente contiene tanto las semillas de la destrucción como las de la renova-

ción. Muchos participantes en las luchas ambientales llegan a ver a los científicos meramente como armas cargadas, que proporcionan los datos que «nosotros» necesitamos, e ignoran u ocultan el resto. Otros serán inmunes con respecto a los argumentos y las pruebas que contradigan su manera de prejuizar el caso. ¿Tales participantes son miembros legítimos de una comunidad de pares ampliada? Incluso la ciencia tradicional ha incluido siempre tales tipos, pero ha sellado un compromiso ético implícito con respecto a la integridad, por el cual la comunidad era un todo que mantenía la calidad de su trabajo (Ravetz 1971). El mantenimiento de la calidad, sin la cual todos los esfuerzos por resolver los problemas ambientales globales están condenados al fracaso, es la tarea más importante para la metodología de la ciencia del futuro.

Las comunidades de pares ampliadas son esenciales para el tipo de ciencia por el cual han de manejarse los riesgos ambientales globales. Todos sabemos que el pensamiento global debe ser complementado por la acción local; pero «local» significa «comunidad». Y para ello, todos los miembros de la comunidad deben transformarse en pares para dar forma al nuevo tipo de ciencia. Esto no implica decir que todos los trabajos deban ser realizados por toda la gente; en la Ciencia Posnormal hay un lugar para el trabajo técnico de la Ciencia Aplicada y también para la destreza de juicio de los Consultores Profesionales. La diferencia es que mientras que estos componentes aún son necesarios, son considerados insuficientes en sí mismos. Vistos en el contexto de los problemas posnormales, las estrategias de resolución de problemas especiales se ven reinterpretadas de una manera enriquecida.

Nuestro análisis se apoya en la capacidad de percatarse de la incertidumbre y de la ignorancia; y este principio se aplica igualmente a nuestros propios argumentos. No podemos predecir la forma exacta de la Ciencia Posnormal, ni qué problemas o instituciones serán los focos importantes para el desarrollo de las

comunidades ampliadas. Sin embargo, podemos asegurar que los ejemplos que hemos discutido, así como muchos otros que pueden encontrarse en la literatura del activismo y la protesta acerca de los problemas ambientales, son una anticipación de la forma que adoptará esa ciencia del futuro.

Conclusión

En todas las épocas la ciencia se ha conformado alrededor de problemas considerados principales y ha evolucionado con ellos. Los nuevos riesgos ambientales son globales no meramente en su extensión sino también en su complejidad, difusión y novedad en tanto temas de investigación científica. Hasta ahora, con la preminencia de la Ciencia Aplicada, la racionalidad de la investigación científica ha sido tomada como modelo de racionalidad de la actividad intelectual y social en general. Sin embargo por exitosa que haya sido en el pasado, el reconocimiento de los riesgos ambientales globales muestra que este ideal de racionalidad ya no es universalmente apropiado.

La actividad científica ahora abarca el manejo de las incertidumbres irreductibles en el conocimiento y en la ética, y el reconocimiento de las diferentes perspectivas y maneras de conocer legítimas. De este modo, su práctica se torna más cercana al funcionamiento de una sociedad democrática, caracterizada por una participación extensiva y por una tolerancia de la diversidad. Así como el proceso político ahora reconoce nuestras obligaciones con respecto a las generaciones futuras, a las otras especies y por cierto al ambiente global, la ciencia también expande el alcance de sus intereses. Estamos viviendo en medio de una transición rápida y profunda, de manera que no podemos predecir su resultado. Pero podemos ayudar a crear las condiciones y las herramientas intelectuales por las cuales el proceso de cambio podrá manejarse para mayor beneficio de la humanidad y del ambiente global.

II. EL VALOR DE UN RUISEÑOR: LA ECONOMÍA ECOLÓGICA COMO CIENCIA POSNORMAL

Thomas Kuhn

Introducción

¿Cuánto vale un ruiseñor? Esta pregunta que hasta hace sólo una generación podía aparecer exclusivamente en las discusiones de filosofía académica es en la actualidad materia de apasionados debates políticos. Pues incluso cuando argumentamos que algo está más allá del valor ordinario parecemos exigir una cuantificación de su valor y nos involucramos en una búsqueda conceptual destinada a establecer un precio para su existencia. Valuar un ruiseñor, por lo tanto, es un epítome de los problemas de desarrollar y aplicar la economía ecológica como medio para lograr una toma de decisiones racional y efectiva con respecto al ambiente.

La economía, tradicionalmente, ha sido capaz de mantener su credibilidad relegando con firmeza las incertidumbres cognoscitivas y las complejidades éticas a los márgenes de su indagación. Ha proporcionado enigmas, teóricos y prácticos, que podían resolverse dentro de un paradigma modelado explícitamente sobre la física clásica. De esta manera, ha sido una ciencia «normal» en el sentido articulado por Thomas Kuhn (Kuhn 1962). Pero cuando nos enfrentamos a los enigmas científicos y a los acertijos políticos que conciernen a la toma de decisiones

ambientales globales, ya no podemos sostener la ficción de una ciencia económica «normal». Las variables ecológicas no pueden ser medidas mediante una analogía simple con lo que resultaba adecuado en la época de Adam Smith. Si los bienes valorados que dan riqueza a nuestras vidas se reducen a las mercancías, entonces lo que hace significativas a esas vidas se ve traicionado.

Los nuevos problemas de la economía ecológica, exigen una «ciencia posnormal». En ella, ya no se concibe a la ciencia como la actividad que provee verdades y la calidad se constituye en un nuevo principio organizativo. La ciencia posnormal es dinámica, sistémica y pragmática y, por ello, exige una nueva metodología y organización social del trabajo (Funtowicz y Ravetz 1992a). Como hemos dicho, el principio de calidad nos permite manejar las incertidumbres irreducibles y las complejidades éticas que son centrales a la resolución de los problemas en este nuevo estilo de ciencia. Su práctica conlleva la democratización del conocimiento, pues la comunidad de pares se extiende de manera de lograr el reaseguro de la calidad. En la medida en que el proceso político se transforma en un diálogo, la ciencia posnormal abarca la multiplicidad de perspectivas y compromisos legítimos y proporciona nuevas formas de prueba y de discurso. El enfoque de la ciencia posnormal nos permite mirar de una manera renovada los problemas de elaboración de una economía ecológica.

Valoraciones

El enfrentar las paradojas de establecer un valor monetario para un ruiséñor irremplazable nos fuerza a ser un poco más claros acerca de qué es lo que se está valorando, cómo se hace y, por cierto, qué es el valor. Ha habido (y sin duda sigue habiendo) muchas instancias en las que el valor efectivo de un ruiséñor era una cuestión bastante directa. Hubo una época en que algunos recolectores buscaban con avidez ruiséñores individuales salva-

jes, muertos o vivos, pues constituían bienes para mercados bastante definidos y regulares. Por cierto, parte de la fuerza retórica de la pregunta que abre nuestras afirmaciones es que todos sabemos que en la actualidad posee un nuevo significado. El interés de la economía ecológica no atañe a la provisión de especímenes que puedan venderse sino a la supervivencia de las especie, de sus variedades o de los ecosistemas. Y este nuevo tipo de pregunta acerca del valor no se relaciona exclusivamente con las cosas bellas; incluso las especies modestas, obstrusivas y desagradables (que no poseen ningún valor de mercado) podrían de pronto adquirir preeminencia si algunos individuos o grupos llegan a ver con preocupación su bienestar, como una cuestión de principio o de ética, y los defenderán activamente contra la extinción o el desplazamiento. Para algunos, las cosas tienen un valor simplemente en virtud de existir, independientemente de los mercados y aun de la civilización humana.

El ruiséñor que se encuentra en peligro representa un nuevo problema de valuación, en el que las mediciones no pueden ser independientes de la metodología y de la ética. Algunos opinan que un recurso puede ser valuado en términos monetarios a los fines de poder entrar en consideración en los debates políticos racionales. Otros ven casi como un sacrilegio atribuir un signo monetario a las especies. A mitad de camino están los que concuerdan con esto último, pero aceptan a regañadientes la necesidad práctica de una cuantificación lineal, unidimensional de todos los valores. Quienes luchan por preservar esta tierra húmeda, o aquella especie interesante, encuentran que la balanza los ubica en el lugar de producir un valor monetario hipotético para ellos, de modo que puedan ponerse en escala comparativa con los beneficios calculables que alguien podría ser capaz de derivar de su explotación y consiguiente daño o destrucción. Incluso quienes en principio rechazan la cuantificación monetaria, la justificarán pragmáticamente en un contexto forense si

constituye la única manera de asegurar la compensación por los daños que ya se han producido (ejemplos son los de la Bhopal para la gente, y Exxon Valdez para el ambiente natural). Cualquier proceso de valuación parece estar obligado a ajustarse a la convención de que el dinero es un lenguaje común natural y en consecuencia apropiado para la adopción y uso por parte de todos los que ponen algo en juego en cualquier problema ambiental.

Este es el estado de cosas en la economía actual; pero en la medida en que se desarrolle la economía ecológica, surgirá una concepción diferente del valor y de sus mediciones. En primer lugar, el precio monetario será visto como medida de un aspecto del valor que refleja un tipo particular de interés. Elegir una definición operacional particular para el valor implica tomar una decisión acerca de qué es importante y real; definiciones alternativas reflejarán los compromisos de las otras personas que arriesgan algo en el juego. Algunos bienes culturales literalmente «no tienen precio», de manera que las personas preferirían morir antes que perderlos. Cuando los negociadores reconozcan la complejidad irreductible de los problemas que están en juego, aparecerá un nuevo y enriquecido lenguaje común que no estará dominado por la cosmovisión de un tipo particular de agente involucrado (expresada en un estándar monetario). Esto implica una pluralidad de perspectivas legítimas y de valores, incluyendo el del irremplazable ruisenior.

Podemos incluso argüir que en el manejo del sistema económico tal como funciona actualmente, la situación no es muy diferente. Cualquier economía nacional conduce sus políticas tomando en cuenta en gran medida consideraciones estratégicas, políticas e incluso éticas. Las predicciones acerca del futuro próximo en las cuestiones económicas son notoriamente poco fiables, e incluso no les va mucho mejor a las explicaciones de nuestros estados presentes. Cuando se usan en la regulación los indicadores cuantitativos de la economía, tales

como «recurso monetario», no son eficaces para operar con formas de prácticas que cambian rápidamente. «El mercado libre» entre las naciones depende de estructuras reguladas elaboradas y de definiciones que certifiquen su presencia genuina. Los argumentos basados en las virtudes de un mercado no regulado requieren tantas suposiciones especiales y artificiales que pertenecen más bien al reino de las visiones de la inspiración que al análisis científico. En consecuencia, no hay necesidad de aceptar el principio de una cuantificación simple de los valores ambientales y, por ello, una mercantilización de los bienes ambientales.

Antes bien, deberíamos comenzar por tomar conciencia de que el valor de un ruisenior (en el nuevo estilo) no sólo no puede sino que incluso no debería ser del mismo tipo que el valor de un ruisenior (en el viejo estilo). El foro en el que se crea y opera este nuevo tipo de valor no es el de «regatear y engañar» característico del mercado de pequeños productores individuales de Adam Smith, sino el de la negociación y mediación de procesos políticos institucionalizados. El enfoque analítico tradicional que, implícita o explícitamente, reduce todos los bienes a mercancías puede ser reconocido como una perspectiva entre otras, legítimo como punto de vista y como reflexión acerca de las estructuras de poder reales, pero tan sólo parte de lo que puede decirse acerca del tema. La tarea es comenzar la construcción de un sistema de conceptos y prácticas para la economía en el que todas las perspectivas complementarias puedan ser articuladas en un diálogo racional. Esto puede lograrse en la economía ecológica que es una ciencia posnormal.

Elementos de la ciencia posnormal

Aquí vamos a esbozar los elementos de una ciencia posnormal que pueden ser usados en el desarrollo de una economía ecológica. Incluyen el manejo científico de la incertidumbre y

de la calidad, la pluralidad de perspectivas y compromisos, y estructuras intelectuales y sociales que reflejan variados tipos de actividades tendientes a la resolución de problemas.

Muchos de estos elementos ya están presentes en la discusión de los problemas relacionados con la economía ecológica gracias a que en el discurso popular se plantean problemas tales. Hoy, si entran en el debate sobre el ambiente, aún los economistas de corte tradicional se ven forzados a adoptar la retórica de un enfoque ecológicamente sensible. A pesar de sus esfuerzos por alcanzar conclusiones ortodoxas, su propio lenguaje refleja hasta qué punto se ven obligados a reconocer y abarcar los nuevos problemas de la economía en un contexto ecológico. En este trabajo vamos a aclarar y explicitar lo que ya comenzó a ocurrir de una manera no consciente y no disciplinada, mostrando cómo el concepto de ciencia posnormal nos proporciona elementos para elaborar una economía ecológica coherente. Nuestra ilustración se basará en un artículo de W. D. Nordhaus (1991) sobre la economía del efecto invernadero que formó parte de un importante debate (Dailey et al 1991). Dado que el artículo exhibe una considerable sofisticación en el manejo de las incertidumbres en los datos, sus fracasos más profundos en relación a ellos resultan particularmente instructivos.

El manejo apropiado de la incertidumbre

En primer lugar, las incertidumbres múltiples de los problemas ecológicos fuerzan a los economistas a tomar con más cautela los argumentos cuantitativos que hasta aquí han estado de moda. Así el artículo de Nordhaus está salpicado de advertencias que incluyen líneas elegidas tales como «Ahora nos desplazamos desde la tierra firme del cambio climático hacia la tierra incógnita de los impactos sociales y económicos del cambio climático» (p. 930). Los últimos dos de los cinco puntos de su conclusión están dedicados a considerar las diversas y graves incertidumbres

presentes en su análisis. Sus recomendaciones con respecto a este modelo están cuidadosamente redactadas con frases alrededor de su debilidad: «a pesar de estas simplificaciones el enfoque presentado aquí puede ayudarnos a clarificar las cuestiones y puede ayudarnos a identificar los problemas científicos, económicos y políticos que deben sostener cualquier decisión racional». Aquí no se habla de predicción cuantitativa o siquiera de implicaciones políticas; «clarificar las cuestiones» e «identificar los problemas» son metas adecuadamente modestas (p. 937).

Hasta aquí entonces, nuestro autor exhibe buena comprensión del hecho de que la economía ecológica no posee el mismo grado de control de las incertidumbres que, digamos, la química analítica. Esto no implica que sea inferior, pues es el único enfoque que proporciona alguna respuesta. Esperar que las ciencias de alta precisión relevantes estén a disposición para hacer algo acerca del recalentamiento global o la preservación de las especies representaría un consejo en favor de la perfección indistinguible de un consejo para el desaliento. Ninguna ciencia empírica está libre de las incertidumbres; incluso las «constantes» básicas de la física tienen una historia de cambio y sus «valores aceptados» van de un punto a otro, cambiando frecuentemente en más de una «barra de error» con respecto a la estimación previa (Funtowicz y Ravetz 1990, p. 4). La cuestión consiste en manejar las incertidumbres que son características de cada campo, de modo de lograr obtener de ellas la información de mayor calidad posible.

El manejo de las incertidumbres en las ciencias cuantitativas maduras se logra en virtud de destrezas artesanales heredadas, a menudo inconscientes. En los nuevos campos, particularmente los que se relacionan con el ambiente, donde las incertidumbres características son grandes, complejas y menos bien comprendidas, es necesario poseer lineamientos guías explícitos para su manejo. Proporcionamos estos lineamientos en un sistema de notaciones NUSAP, en la que distinguimos tres tipos de incerti-

dumbres, a saber, las técnicas, metodológicas y epistemológicas. Como hemos visto, NUSAP es un acrónimo que presenta cinco posiciones para un enunciado cuantitativo completo. Los primeros tres, Numeral, Unidad y alcance (Spread) son familiares a la práctica científica estándar. Los dos últimos, evaluación (Assessment) y Pedigree, describen los juicios más cualitativos sobre la cantidad. El «alcance» constituye un puente entre ambos aspectos, expresa las incertidumbres técnicas y se relaciona con el grado de precisión al que los experimentalistas denominan «error aleatorio» y controlan por medios estadísticos. La «evaluación» transmite la falta de confiabilidad. Se relaciona con el grado de exactitud, o con lo que los experimentalistas denominan «error sistemático». La distinción entre ambos puede verse con claridad en el ejemplo de tiro al blanco. Si los tiros se hacen todos muy próximos se indica una alta precisión. Sin embargo, para que haya una alta exactitud deberían también estar cerca del blanco. Hay otro tipo de incertidumbre que corresponde a esta analogía y es la de si encontramos una meta, algo que pueda llamarse un blanco. En el caso de los modelos matemáticos y computacionales, todas estas incertidumbres son conocidas (aunque no siempre manejadas con destreza): se relacionan con los datos, con los parámetros, con los modelos mismos y su uso. Tales «modelos de incertidumbre» reflejan una profunda incertidumbre e ignorancia y, por ello, en el sistema NUSAP incorporamos la categoría «Pedigree» para describir los límites con la ignorancia expresados por la información con que contamos (Funtowicz y Ravetz 1990, capítulos 8-10).

En nuestro ejemplo podemos identificar todos estos tipos diferentes de incertidumbre. La mayor parte de las estimaciones y de los modelos que aparecen en el artículo de Nordhaus son presentados como un conjunto de tres números o como una estimación central con un signo + para el alcance; así la precisión de sus cantidades se ve bien expresada. La exactitud de sus estimaciones se describe de maneras distintas: en un lu-

gar crucial la proporciona el término descriptivo «pálpito informado» (p. 936). Esto califica el alcance en la estimación principal (flujo de daños en la economía de los Estados Unidos) del 1/4% del resultado global a un posible 2%. Las incertidumbres más profundas son listadas en un párrafo acerca de «sobresimplificaciones importantes» que concluye con un recordatorio en el sentido de que el análisis «ignora el problema de la incertidumbre, en la cual la aversión al riesgo y la posibilidad de aprender pueden modificar la fuerza persuasiva y apremiante de las estrategias de control» (p. 936-7). Esto exhibe el «límite con la ignorancia» del análisis de manera bastante clara y explícita. Así en su retórica al menos, el autor muestra una clara conciencia de la presencia de diversos tipos de incertidumbre y de la importancia de que se los enuncie con claridad.

Sin embargo, a pesar de esta conciencia, Nordhaus no maneja con éxito los problemas de incertidumbre. Esto se ve fácilmente en su manipulación de la información cuantitativa, su cuadro 6 crucial (reproducido en nuestro cuadro 1 más abajo) tiene once entradas de tres tipos diferentes. Cinco entradas tienen valores numéricos (en miles de millones de dólares) entre -1 y -2, expresados con tres dígitos significativos. Una entrada (impacto sobre los asentamientos agrícolas) es un intervalo más amplio (-10,6 a +9,7). Y cinco entradas no están cuantificadas sino sólo cualificadas, con indicadores tales como «?» o «pequeño». La suma de estas once entradas es presentada como -6,23, lo que parece ser la suma de cinco términos precisos, agregados al valor promedio de la entrada «asentamientos agrícolas» (-0,45), aunque si esa suma se efectúa correctamente debería dar como resultado -8,55. El porcentaje del ingreso nacional se calcula luego, en dos dígitos significativos, como -0,26%. Si la variabilidad en el término dominante se incluyera en el cálculo, este resultado, que es el relevante para la política, debería ser el intervalo (-0,44 a +0,4%). En su discusión el autor afirma que él «po-

Cuadro 1 (Nordhaus 1991, cuadro 6 p. 932)

Estimaciones del impacto de la duplicación del CO₂ en diferentes sectores, EE UU. (los números positivos indican las ganancias, los números negativos las pérdidas)

Sectores (1981 1 dolar)	Millardos
<i>Sectores severamente impactados</i>	
Establecimientos agrícolas	
Impacto del efecto invernadero y CO ₂	
Fertilización	-10,6 a +9,7
Bosques, pescas, otros	Pequeño + o -
<i>Sectores moderadamente impactados</i>	
Construcción	+
Transporte de agua	?
Energía y bienes	
Energía (electricidad, gas, petróleo)	
Demanda energética	-1,65
Calentamiento no eléctrico	1,16
Agua y sanidad	-?
<i>Propiedad inmobiliaria</i>	
Componente renta de la tierra	
Estimación del daño de la elevación del nivel del mar	
Pérdida de tierra	-1,55
Protección de las áreas sobrepasadas	-0,90
Protección de los costos abiertos	-2,84
Hoteles, asentamientos, recreación	?
<i>Total</i>	
Estimación principal	
Billones, nivel de 1981 de ingreso nacional	-6,23
Porcentaje de ingreso nacional	-0,26
Las fuentes para el cuadro son: Datos subyacentes sobre impactos resumidos en EPA (1988). Traducción al ingreso nacional por parte del autor. Se pueden ofrecer más detalles a solicitud de los interesados.	

dría extender el intervalo» del $-1/4$ al -1% en un ajuste que es «puramente ad hoc»; y luego ofrece su «corazonada» en el sentido de que es menos del -2% . (Con mucho tacto ignora la posibilidad de que su cálculo proporcione un beneficio igualmente probable a la economía.) Extender el término porcentual al límite 2% requeriría que la suma de los términos no cuantificados fuera mayor que la suma de los cuantificados y de los términos promediados por un factor mayor, alrededor de 3. Por tanto, toda la precisión en los términos cuantificados se pierde por completo en las incertidumbres de sus factores de ajuste, donde los términos que expresan corazonadas son incluso más grandes que los términos ad hoc.

Entonces, ¿cuál es el objeto de todos esos cálculos con las entradas? La hiperprecisión del número clave $-0,26\%$, que podría igualmente ubicarse en cualquier lugar del rango $+1/2\%$, muestra que es uno de esos «números mágicos» concebidos para producir confianza en la existencia de un núcleo duro de hechos objetivos hundido en la masa de una confusión intuitiva. Dado que el autor ha admitido que su análisis está plagado de sobresimplificaciones múltiples e incertidumbres y ha mostrado cuán fuertes son los ajustes *ad hoc* y las corazonadas que se necesitan para que estos números vuelvan a entrar en el reino de la plausibilidad, podemos preguntarnos si los ejercicios estadísticos son totalmente redundantes excepto para los propósitos retóricos. El defecto de la hiperprecisión (a pesar de que se la disfraza y enmascara mediante apologías y salvedades) no es peculiar al artículo que estamos discutiendo. Todos los economistas, sea cual sea su orientación, conocen la máxima del gran matemático Gauss, «En ningún lugar se revela de manera más sobresaliente la falta de cultura matemática que en la precisión sin sentido del cálculo numérico» (Ravetz 1971).

El principio de Gauss puede ilustrarse aplaudando a una vieja broma que revela tal sinsentido de una manera muy vivaz (Funtowicz y Ravetz 1990, p. 44) acerca de alguien que en un

museo escucha al guía decir a los visitantes que los huesos fósiles de un dinosaurio tienen 56.000.012 años de antigüedad. Cuando le preguntan cómo supo eso con tanta precisión explica que hace 12 años, cuando empezó a trabajar, tenían 56.000.000 de años de antigüedad. ¡Sumar tales dos últimas cifras a la estimación originaria arroja el resultado que transmite! Nadie le había dicho en la escuela que algunas veces no hay que sumar todos los dígitos; por cierto, ¿a quién le enseñan esto en la escuela? De este modo aprendemos informalmente a evitar la «falacia de la broma de los fósiles», utilizando una «aritmética cruda» en la que se permite que las grandes incertidumbres deglutan a los pequeños números. Pero nuestro uso de este método está lejos de ser perfecto, y puede ser ignorado a conveniencia. En el caso del análisis de Nordhaus, la «falacia de la broma de los fósiles» está disfrazada bajo una masa de sofisticación acerca de las incertidumbres y las corazonadas; pero, una mirada a su cuadro 6 mostrará que está presente con todas las fuerzas.

En la economía ecológica, es preciso contar con técnicas disciplinadas para el manejo apropiado del cuadro de incertidumbres. De otra manera sus recomendaciones políticas corren el riesgo de resultar viciadas pues dependen de conclusiones científicas que son insuficientemente robustas para enfrentar las incertidumbres en su información de entrada y en sus estructuras teóricas. Cuando se enuncian las recomendaciones políticas, es necesario incluir referencias a aquellas incertidumbres y a su manejo. El «espíritu» y las técnicas del sistema NUSAP permiten que las incertidumbres sean manejadas para el logro de la mayor cantidad de información; ilustramos esto para el caso de la evaluación de las tierras húmedas (Costanza et al. 1992). Del mismo modo NUSAP facilita la tarea igualmente importante de criticar la información que se ofrece en los debates de la economía ecológica y en la evaluación de su calidad como base de recomendaciones políticas.

El manejo apropiado de la calidad

Nuestro ejemplo ilustrativo muestra un manejo inapropiado de la calidad de la información en relación tanto a sus incertidumbres inherentes como a su función de fundamento de recomendaciones políticas. La incertidumbre en una información de entrada acarrea incertidumbre irreductible en las conclusiones; la pregunta relevante con respecto a la calidad es en qué grado las elecciones políticas recomendadas son robustas frente a tales incertidumbres subyacentes. Pues obtener más incertidumbre en las recomendaciones que en los argumentos sobre los cuales se supone que se basan, constituye sin duda una muy mala metodología.

Mirando las conclusiones de nuestro ejemplo vemos que: «Es probable que el cambio climático produzca una combinación de ganancias y pérdidas sin una presuposición fuerte de una cantidad neta de daño económico sustancial» (p. 933). La siguiente recomendación es vaga en el lenguaje pero muy definida en la prescripción: «será necesario sopesar de forma cuidadosa los costos y beneficios si es que ha de diseñarse una estrategia sensible» (p. 937). La implicación clara de esta prosa bien elaborada es que se puede lograr exactitud en este proceso de «sopesar cuidadosamente». Por lo tanto, el peso de la prueba ahora se desplaza sobre aquellos que sí preanuncian costos sustanciales no cuantificados sobre la economía con el fin de evitar los daños del cambio climático. Esta prosa pensada contrasta notoriamente con la pretensión modesta de que el análisis podría «ayudar a clarificar las cuestiones...» (ídem). Ha habido un marcado aumento en la certidumbre desde que nos movimos de las conclusiones a las recomendaciones; ¿de dónde surge? En relación con la información de entrada, el autor bien podría responder que ha mostrado cómo la parte cuantificable de los efectos lleva a un impacto negativo que es por cierto muy pequeño y que, por tanto, es sólo razonable considerar a los efectos no cuantificables como no mucho más grandes. Pero sus recomendaciones, por caute-

losa que sea su enunciación, son claramente muy sensibles a sus conclusiones: una estimación final del 10% en vez del 2% llevaría a un énfasis político muy diferente. Y una cantidad mucho menor se obtiene también mediante un argumento francamente simplificado que en última instancia depende más de la doctrina económica del autor (retóricamente defendida por su conocimiento de las trampas y una anticipación de las críticas) que de sus datos de entrada y sus cálculos.

Advertimos que su conclusión de «presuposiciones no muy fuertes acerca del daño económico sustancial» se ve enteramente justificada por sus corazonadas. Lo que nunca se discute es por qué sus corazonadas lo llevan a incrementar en un factor de 2 en vez de en uno de 10. Además, dado que sus corazonadas están enterradas en una masa de datos aritméticos hiperprecisos, asistidos por modelos que involucran cálculos avanzados, se las esconde de una manera muy efectiva. El argumento, por lo tanto, se presenta con una imagen de ciencia cuantitativa más que como una doctrina reforzada por las adivinanzas o las apuestas. La crítica de tal metodología no apunta a que siempre necesitamos una alta precisión en nuestros análisis económicos. Antes bien, señala que es incorrecto manipular las incertidumbres en la información y las conclusiones de manera que las recomendaciones se transformen en mucho más seguras y ciertas de lo que posiblemente podría justificarse científicamente.

En este ejemplo el razonamiento no sólo enmascara su manejo de la incertidumbre cuantitativa; también se esconden a nuestra vista los compromisos valorativos. Son implícitos en el abismo que va desde las conclusiones del modelo tentativo hasta las recomendaciones políticas firmes. Pero los compromisos valorativos se disciernen fácilmente en las recomendaciones prácticas, al sopesar de manera diferencial los diversos tipos de riesgos y beneficios e incluyen «la ingeniería climática» con ejemplos tales como «arrojar partículas a la estratosfera» o «fertilizar el océano con hierro» (ibídem p. 928). El uso del término «in-

geniería» para describir perturbaciones tan vastas, con consecuencias totalmente desconocidas, es en sí mismo significativo; de la misma manera que lo es la pretensión de que «ya se ha identificado un número de costos(sic)-efectivo» (ídem).

Al ser una ciencia posnormal, la economía ecológica debería reconocer la presencia, importancia y legitimidad de tales compromisos valorativos para el manejo apropiado de la incertidumbre. No debería pretender neutralidad ética, ni indiferencia con respecto a las consecuencias políticas de sus argumentos. Pero su discurso debería ser explícito acerca de dónde se ubica el peso de la prueba y de la adopción de cualquier principio preventivo particular. Cuando en un argumento tal explicitación pasa de contrabando, decimos que su calidad ha sido sacrificada al servicio del interés de una de las partes involucradas. La defensa forense y la investigación científica son discursos legítimos, cada uno con su lugar en la ciencia posnormal. Al tener diferentes metas emplean diferentes metodologías para el manejo de las pruebas, la incertidumbre y la contrariedad. Lo que es ilegítimo es la pretensión de usar un discurso cuando de hecho se está empleando el otro, de manera que el prestigio de la investigación objetiva se usa para dar respaldo a un argumento defensivo. Junto a esta hiperprecisión de los datos numéricos, lo que encontramos en el artículo que estamos analizando es una sofisticación sospechosa acerca de las incertidumbres, apuestas sin más soporte que las corazonadas de quien las formula y una retórica sesgada.

Hasta ahora, los debates acerca de las políticas ambientales han mostrado una manipulación bastante rústica del peso de la prueba. Cada parte enfatiza los peligros que resultarían si la posición del oponente fuera errónea y no obstante se siguieran sus recomendaciones políticas. Por cierto, el peso de la prueba no es un concepto familiar entre los investigadores quienes tienden a creer que sólo se aplica en las cortes jurídicas. Sin embargo, en la práctica estadística encontramos un concepto estrechamente relacionado, con tests diseñados para estimar la importancia re-

lativa de los errores de tipo 1 y 2, o de los «falsos positivos» y «falsos negativos», a saber, el de «hacer que algo surja de la nada» o «hacer que la nada surja de algo». Los economistas lo reconocerán como análogo al «costo del error» de los diversos tipos de decisiones. Pero en la medida en que la economía ecológica incorpora las incertidumbres, debería ser posible manejar el peso de la prueba de una manera disciplinada y estandarizada (Costanza y Cornwell 1992). Esto también beneficiaría la implementación del «principio de precaución», que cada vez se vuelve más popular, pero cuya interpretación ingenua implicaría una oposición a toda innovación, incluso a las que pretenden beneficiar al ambiente.

La discusión previa muestra de cuán poca calidad pueden ser los argumentos cuando se confunde la naturaleza del discurso en un contexto particular. También ilustra cómo se pueden hacer juicios acerca de la calidad de los argumentos técnicos independientemente de un análisis técnico del tema en cuestión. La naturaleza de los debates políticos que involucran a la ciencia se ha transformado por el éxito obtenido cuando las personas que arriesgan algo en las decisiones públicas, sin ser expertos, han contribuido a la evaluación de la calidad. Antes, eran sólo los pares especializados en el tema quienes podían evaluar la calidad vía el referato o revisión de los pares. Pero cuando la ciencia comenzó a ser usada en política, se descubrió que los legos (por ej. los jueces, los periodistas, los científicos de otros campos o los simples ciudadanos) podían adquirir suficiente dominio de la metodología y transformarse en participantes activos del diálogo.

Un principio básico de la ciencia posnormal es que estos nuevos participantes son indispensables. La extensión de la comunidad de pares es esencial para mantener la calidad del proceso de resolución de los temas complejos. Así, el manejo apropiado de la calidad se ve enriquecido de modo de incluir tal multiplicidad de participantes y de perspectivas. Para esta comunidad

de pares extendida, deberán desarrollarse tipos apropiados de discurso, normas y disposiciones institucionales. El principio organizativo clave será la calidad, en relación más con las exigencias de diálogo que con la verdad abstracta.

Pluralidad de compromisos y perspectivas

La calidad se transforma en el principio organizador de la ciencia posnormal porque el viejo ideal de verdad no es ya sostenible o relevante. Dado que ningún experto particular puede proporcionar certeza para las decisiones políticas, ningún experto puede pretender un monopolio de la sabiduría o de la competencia para su perspectiva especial. La forma de diálogo que está surgiendo en relación a los grandes problemas se basa en el reconocimiento de una pluralidad de perspectivas legítimas, cada una con sus poderes básicos, compromisos especiales. Los distintos implicados, ya sean los consumidores, los NIMBY y los representantes de los discapacitados o de los perjudicados, juntamente con los protectores del ambiente natural, tienen un lugar legítimo en las mesas de negociación, juntamente con los apoderados de las industrias y los gobiernos y los expertos acreditados en economía u otras disciplinas relevantes. El diálogo entre ellos debería más bien el moldeado en los principios de la defensa jurídica que en la pretensión de un academicismo no comprometido. Su meta no debería ser establecer qué voz única está en lo «correcto», mostrando a los otros como inevitablemente «errados». Antes bien, los temas políticos en juego deben ser negociados y mediados; y en este proceso tendrán su lugar tanto los modos de argumentar del investigador como los del abogado.

Una economía ecológica que se vea involucrada en este tipo de proceso tendrá una nueva forma. La llamamos «posnormal» para recordar su contraste con la «resolución de problemas dentro de un paradigma (dogmático)» de la «ciencia normal» articulada por Thomas Kuhn. La multiplicidad inherente y ne-

cesaría de perspectivas con respecto a un problema requiere un pluralismo de metodologías, incluso dentro de los componentes científicos. Cualquier tema ambiental abarca entradas científicas y consecuencias políticas que involucran un número de disciplinas y de consideraciones sociales y éticas. Ni siquiera lograremos resolver tales problemas apelando a la investigación «multidisciplinaria», pues en ella cada especialista tiende a jugar de manera solitaria y a tratar de negar competencia —y en consecuencia responsabilidad— para evaluar la calidad a las contribuciones ajenas. En el contexto de la ciencia normal tradicional, esta práctica sería tolerada en la medida en que las especialidades temáticas pudieran mantener su propia seguridad de calidad; pero en la ciencia posnormal esto no puede lograrse.

La pluralidad de perspectivas y compromisos no niega la competencia especial de gente que reviste el carácter de experto especial; tampoco significa que deba incluirse a algún «lego» en los comités de referato. Empero, significa que hay una mezcla y una combinación de destrezas, en parte técnicas y en parte personales, que hace que todos los involucrados en un problema puedan enriquecer la comprensión del conjunto. No hay una línea de demarcación clara que divida el componente «experto» del «lego», en particular porque cada experto será «lego» con respecto a al menos uno de los otros componentes. Bajo tales circunstancias sostendremos que, para el estudio y la práctica de la economía ecológica, es claramente inapropiada la idea de un «paradigma» que define un campo de prácticas de resolución de problemas. En el diálogo relativo a un problema de ciencia posnormal el principio guía es la calidad más que la verdad; y se la operacionaliza a través de esta pluralidad de competencias, perspectivas y compromisos. No podemos mostrar de qué trata la ciencia posnormal de la economía ecológica si conservamos la imagen de que el proceso depende de la expectativa, ya sea de conocimiento científico definitivo o de una uniformidad forzada de opiniones.

Las estructuras intelectuales

Todos los modelos previos de ciencia corresponden al ideal de investigación motivada por la curiosidad, que tiene como meta exclusivamente el «conocimiento público». En tal marco es razonable intentar definir los «fundamentos» que sirvan como base para la unidad entre los investigadores en el campo y también como principios organizativos para la educación y la enseñanza avanzadas. No obstante, en la investigación orientada por las misiones tal intento es irrelevante, pues en la medida en que su principio organizativo es la producción de un «saber hacer corporativo», para cada proyecto particular se reúnen equipos temporales que comprenden las destrezas relevantes. Así, gran parte, si no toda, la investigación científica actual es independiente de los límites tradicionales entre campos disciplinares y fundamentos conceptuales.

En la investigación orientada por problemas, característica de la ciencia posnormal, la búsqueda de «fundamentos» puede ser fuente de una real confusión, pues distrae la atención de las tareas efectivas de construcción de una comunidad. La unidad de la ciencia posnormal deriva primariamente no de un conocimiento básico compartido sino de un compromiso compartido con cierto tipo de enfoque tendiente a resolver problemas políticos complejos. Para la ciencia posnormal es impensable el conocimiento dividido en especialidades temáticas cerradas, en tanto conocimiento dividido en propietarios corporativos cerrados. Del mismo modo las divisiones netas de roles sociales entre los diversos tipos de investigación, incluso la división exacta entre la investigación y la defensa, son antitéticas con respecto a la problemática de la ciencia posnormal. El compromiso con la resolución de un problema llevará a la gente a adoptar cualquier forma de actividad tendiente a resolver problemas que le resulte apropiada. Esta fluidez podría parecer amenazar la integridad de las estructuras intelectuales que informan el trabajo, en los lineamientos de la «revolución permanente» en ciencia defendidos en las décadas del

'60 y del '70. Pero eso implicaría perder de vista el punto central de cómo opera en la ciencia posnormal el proceso de asegurar la calidad y el rol esencial de su base ética.

Por supuesto que hay un componente ético en la investigación motivada por la curiosidad y orientada por las misiones; si se careciera de un compromiso ético de tipo particular todo el proceso de asegurar la calidad entraría en un colapso (Ravetz 1971). Pero este compromiso puede ser muy restringido, de un tipo bastante sutil e inocuo, en el que la moralidad concierne sólo al proceso y al producto y no a su uso o abuso, no a las relaciones sociales de su producción. Esta actitud tradicional ha llevado a los científicos a atribuirse todas las consecuencias benéficas de las investigaciones y a endilgar culpa a la sociedad por cualquier daño que se produjese. La ciencia posnormal no nos proporciona tal protección; debe conservar los intereses éticos tradicionales por la calidad interna pero la vinculación en temas políticos conduce dentro de la política, donde el juego puede tornarse ciertamente muy rudo. Sin embargo, en la ciencia posnormal los participantes pueden mantener la calidad si hacen explícitos los problemas de asegurar la calidad y se comprometen con una ética común tendiente a la resolución de problemas.

Las estructuras sociales

El sistema científico contemporáneo reconoce las contribuciones de diversos tipos de investigación, incluyendo la motivada por la curiosidad y la orientada por misiones, esta última conducida en las instituciones burocráticas. Tales misiones pueden derivar de problemas ambientales, así como de oportunidades en biomedicina, exigencias en la industria o la defensa. Pero los investigadores son empleados, cuyo trabajo se ve dirigido y restringido por administradores, que son quienes definen prioridades en base más a la misión institucional que a problemas definidos de manera pública. El producto del trabajo de los investigadores

no es el «conocimiento público» pues en general el público no tiene ningún derecho legal a verlo. En contraste, la actividad de «investigación» en la ciencia posnormal orientada hacia problemas puede muy bien incluir el periodismo de investigación y técnicas relacionadas como manera única de llevar a la discusión pública tal conocimiento de propiedad corporativa.

La investigación motivada por la curiosidad y la orientada por misiones tienen propiedades complementarias. La primera produce conocimiento público pero dentro de emplazamientos disciplinarios rígidos; la última es transdisciplinaria pero burocratizada y privada. La investigación orientada por problemas, característica de la ciencia posnormal, debe combinar los rasgos positivos de ambas formas y desarrollar disposiciones institucionales o estructuras apropiadas que lo permitan. Es probable que estos marcos sean fluidos, tal como las distinciones de tipos de investigación dentro de la ciencia posnormal. De otro modo será difícil controlar que no aparezcan los peligros opuestos de clausura y fragmentación.

Por supuesto, la economía ecológica necesita ser complementada con problemas de investigación bien definidos, que pueden ser del tipo de los motivados por la curiosidad. Algunos de estos serán empíricos, otros de vena más teórica, que tal vez utilicen concepciones cuantitativas enriquecidas, apropiadas para el contexto. Por ejemplo, la práctica de valorar una vida perdida es legítima en el contexto de una compensación *post hoc*, pero (tal como el caso Ford Pinto ha mostrado) está viciada, tanto moral como legalmente, si se la realiza *ante hoc* en un ejercicio de diseño y cálculo de costos. Los números desnudos no pueden expresar la distinción entre las cuantificaciones éticas y no éticas, y es preciso desarrollar y adoptar nuevas técnicas para esta importante función. Necesariamente tal investigación ampliará su rango de las ciencias matemáticas a la ética, y también de la teoría a una difusión más abarcadora.

De manera paralela a lo que acabamos de decir, en el otro extremo del proceso, las tareas de asegurar la calidad en la reso-

lución de los problemas políticos requiere disposiciones y métodos institucionales especiales (Funtowicz y Ravetz 1992b). Hay alguna experiencia de procesos tales en la política NIMBY, especialmente en EE UU, donde la negociación y la mediación desempeñan un rol importante. La pluralidad de personas que ponen algo en juego, con sus propias perspectivas y compromisos, producirá un tipo diferente de diálogo de aquél que se da en la investigación motivada por la curiosidad u orientada por misiones. En este caso, los peligros opuestos son la cooptación y la anarquía; por ello, la democratización del carácter de experto exige una comprensión clara de las tensiones inherentes y la educación de todos los participantes acerca del proceso.

Conclusión

Si nos preocupamos por los ruiseñores o por cualquier otro símbolo de valor ambiental, necesitaremos recursos destinados a su protección y habrá que hacer elecciones: ésa es la contribución de la perspectiva de la economía. Pero el problema no es simplemente de distribución. El valor de un ruiseñor por cierto tiene su aspecto monetario, pero esto no implica que los ruiseñores que están en peligro puedan reducirse por ello a una mercancía, como no lo hace ninguna otra ejemplificación del amor. Y como el surgimiento de la economía ecológica ha mostrado, el valor de un ruiseñor también radica en lo que nos enseña acerca de nosotros mismos y de lo que queremos hacer de nuestras vidas mientras estemos en este mundo. Al proporcionar las herramientas intelectuales para el manejo de la tarea enriquecida de tomar decisiones políticas que involucran incertidumbres científicas y compromisos valorativos en su propio núcleo principal, la economía ecológica puede establecerse como una ciencia posnormal efectiva, que se mueve hacia un lugar central entre las disciplinas a tiempo para el próximo siglo.

III. LA TECNOLOGÍA POSMODERNA, EL BIEN Y LA VERDAD*

Posmodernidad

El concepto de «posmodernismo», discutido ampliamente en el medio de habla inglesa por más de una década, hoy difunde el discurso popular acerca de la cultura y la sociedad. Proporciona un esquema evolutivo atractivo para la comprensión e interpretación de los fenómenos culturales en términos de tres estilos presentados como tipos ideales característicos: «clásico», «moderno» y «posmoderno». A pesar de que al principio fue desarrollado analíticamente en conexión con lo literario, lo artístico y la crítica arquitectónica (Lyotard 1984, Jameson 1984, Wakefield 1989), ahora se ha extendido de manera más amplia hasta hacerlo aplicable a cualquier actividad humana y de manera correlativa su significado se ha diluido y tornado confuso. Al combinar temas del posmodernismo con nuestro propio trabajo sobre la incertidumbre y la calidad (Funtowicz y Ravetz 1990) mostramos que éstos pueden aplicarse a la comprensión de los desarrollos de la tecnología basada en la ciencia y de los aspectos sociales relacionados.

* Expresamos nuestra gratitud a Faye Duchin, Martin O'Connor y Richard M. Dawson por sus contribuciones al desarrollo de este trabajo.

En la discusión de Jean Baudrillard (1990a) está implícito el rol de la tecnología basada en la ciencia en la creación de una «hiperrealidad» mediante simulaciones y simulacros. Ahora que las copias poseen una calidad perceptual superlativa lograda por medios tecnológicos, el ejemplo originario se ve desvalorizado por las réplicas e incluso se torna irrelevante pues resulta indistinguible de sus copias. En esta hiperrealidad —un mundo de signos autorreferenciales en el que la «ficción» o la «mentira» no tienen significado— se evapora la historia, o por cierto cualquier otro tipo de realidad de existencia independiente. Baudrillard usa a la cultura norteamericana popular en sus ejemplos, en particular a Disneylandia, que en gran medida es material de recreación de una fantasía cinematográfica y constituye al mismo tiempo la representación del «sueño americano». La posmodernidad se ve exquisitamente expresada por el título de un artículo de la revista *Time* (27 de mayo de 1991),

La realidad de la fantasía.

Orlando la ciudad boom del sur de Norteamérica está creciendo sobre la base del modelo del Mundo Disney: una comunidad que imita a una imitación de comunidad.

Nuestro análisis de la posmodernidad en el sistema tecnológico es complementario al de Baudrillard. Él se centra en la cultura y argumenta que la aplicación de las tecnologías del espectáculo y la simulación han causado la degeneración de la conciencia popular. Nosotros comenzamos centrándonos en la posmodernidad en tanto reflejo de la contradicción principal de nuestra civilización industrial global que puede describirse como la oposición entre una búsqueda universal de bienestar material individual y los medios tecnológicos para su obtención. La primera se visualiza como riqueza, seguridad, confort y conveniencias personales. Sin embargo, cuando el consumo se realiza colectivamente, las actividades resultantes degradarán y destruirán

A un nivel del R

los ambientes naturales y sociales globales. El auto a motor (que ya poseían los ricos del mundo) y las neveras (ahora deseadas activamente por muchos de los pobres del mundo) son ejemplos importantes de esta contradicción. La antigua contradicción entre ricos y pobres, ahora percibida de manera más aguda, incluso a escala global, no puede resolverse solamente en el plano material pues esto agudizaría la contradicción principal al punto de una destructividad total. El planeta no puede sostener la circulación de tres billones de automóviles privados.

Mientras que Baudrillard se centra en la disolución de la realidad en un hiperestado, nuestro análisis se apoya en la amenaza a la calidad en la actividad y la experiencia humanas. En la esfera cultural, él vio al posmodernismo como destruyendo el ideal filosófico tradicional de la Verdad; en la esfera tecnológica, nosotros vemos cómo la posmodernidad también confunde y corrompe lo Bueno. Cuando cualquier innovación (tal como el poder nuclear, la ingeniería genética y biomédica o los ordenadores) conlleva el potencial de producir el mal en formas que no podemos predecir, ya no es posible aplicar principios éticos simples a la evaluación o el control de las actividades que conducen a esa situación. Podemos responder ante tales dilemas cayendo en un nihilismo que abarque tanto a la realidad como a la ética, o reconstruyendo la filosofía sobre líneas que sean más robustas y resistentes frente de las experiencias contradictorias de nuestra época.

La calidad

La calidad de cualquier producción humana tiene componentes internos y externos; los diferentes niveles de la calidad interna corresponden a diferentes niveles de destreza exigidos por la actividad. En el nivel mínimo está la habilidad (*dexterity*), el equivalente de ejecutar escalas en un instrumento musical o realizar el conjunto de los ejercicios incluidos en los manuales de arit-

mética. Además de esto (y abarcándola) está la destreza artesanal (*craftmanship*), que no requiere necesariamente originalidad pero que involucra un conocimiento personal del material, de las herramientas, sus límites y su potencial, de manera de transformarlos en una extensión de uno mismo (Polanyi 1958). Finalmente distinguimos la creatividad, que incluye la destreza artesanal pero donde se logra una nueva interpretación; esto incrementa el potencial del material y herramientas aún cuando sigue respetando sus límites. Todos estos niveles de calidad interna pueden ser evaluados mediante criterios desarrollados dentro del campo de la práctica y se desarrollan criterios similares para los distintos grados de calidad dentro de cada nivel. La calidad externa, que se define en relación con una comunidad más amplia de usuarios, tiene sus propios criterios y modos de evaluación. Es concebida en términos tales como la adaptación para ciertos propósitos, la confiabilidad, la economía. Los procesos tendientes a asegurar la calidad en la industria rigen este tipo de calidad. Claramente, una buena calidad externa comienza con un adecuado nivel de calidad interna; pero en general la relación entre ambas puede variar inmensamente. En nuestro libro *Uncertainty and Quality in Science for Policy* analizamos la calidad de la información científica, especialmente en relación con sus aspectos externos. (Para el análisis de la calidad en ciencias véase Ravetz 1971.)

Comenzamos nuestro análisis de la calidad con el estilo clásico. Es fácil distinguir los diferentes niveles de calidad en términos de sus niveles característicos de destreza.

El alumno aprende la habilidad, el estudiante logra el artesanado y el artista maduro es finalmente capaz de una creatividad genuina. Es esencial al estilo clásico que la creatividad presupone al artesanado y el artesanado a la habilidad. En la antigüedad los practicantes de las artes visuales eran artesanos que habían aprendido su oficio como aprendices en los talleres de los maestros; y pocos de ellos llegaron a la altura de los artistas

creativos independientes que aún hoy recordamos. Incluso los pianistas clásicos, no importa cuánto talento natural puedan poseer, tienen que haber ejecutado ejercicios rutinarios para entrenar sus manos y su mente hacia el logro de una destreza total. El artesanado no se logra necesariamente de esa manera, pero exige una calidad adicional de «musicalidad» que se puede aprender por mera repetición. La genuina creatividad (en este caso en la interpretación) llega sólo para aquellos que finalmente pueden ir más allá de los límites del sistema total compuesto por los materiales, las herramientas, el yo y el maestro. De esta manera se da el progreso; ninguno de los elementos sigue siendo el mismo; pero semejante logro no es fácil de alcanzarse de modo seguro y garantizado.

Aunque en el estilo clásico el producto puede parecer muy directo al espectador ingenuo, quienes poseen una comprensión más profunda percibirán los rasgos sutiles que distinguen los logros de alta calidad y creatividad de aquéllos que meramente denotan competencia. Por esta razón el «conocedor» entre los ejecutantes y los críticos es tan esencial para el mantenimiento de los más altos estándares de calidad. Pero la inmediatez de la realidad que se representa hace posible una participación más amplia en la empresa de apreciación y evaluación. Los diferentes niveles de habilidad y destreza artesanal son transparentes incluso para quienes están fuera del círculo de los practicantes y los conocedores, tales como una audiencia de conciertos. Se tornan cada vez más educados en sus propias capacidades de apreciación y comparten el compromiso con la realidad que se está representando, con la certeza acerca del mensaje que se transmite y también acerca de la calidad que es esencial para la producción creativa.

Así, en el estilo clásico la realidad y la calidad interactúan de manera fecunda. En el estilo moderno hay una tensión no resuelta entre ambas. A pesar de su profundidad y articulación, las estructuras abstractas que constituyen la realidad en el estilo

moderno nunca pueden lograr un contacto completo con la «apariciencia», esa compleja y sutil textura del mundo tal como es percibido y elaborado. La forma se transforma en el centro del mensaje; por lo tanto, tales producciones carecen de la inmediatez del contacto vívido personal que permite una práctica en niveles continuamente ascendientes, de los ejercicios hacia la destreza, de los de problemas hacia el artesanado, de los desafíos hacia la creatividad. Por supuesto, en el estilo moderno es posible lograr cualquiera de estos niveles de práctica diestra; lo que es problemático es la continua progresión entre ellos, dependiente de una interacción cada vez más profunda con el mundo de la práctica así como con las lecciones de los antiguos maestros.

Dentro del estilo moderno las tareas de enseñanza se vuelven extremadamente difíciles. El aprendizaje inicial de los alumnos de técnica tendientes al logro de la habilidad no puede ser motivado por una progresión que promete ser continua hasta alcanzar los niveles más altos de creatividad. La expresión artística termina alienada del dominio técnico. Esto puede explicar por qué en las artes creativas encontramos manifiestos y movimientos más que escuelas de maestros y discípulos en el sentido clásico. Mientras que en el estilo clásico era muy respetable para el artista pertenecer al estudio de un maestro, en el estilo moderno los maestros sólo tienen imitadores. Aunque en sus elementos formales el estilo moderno se relaciona más con lo estrictamente clásico que con su variante «romántica», en su práctica social produce el mismo tipo de individualismo heroico que el romanticismo más anticuado.

Como resultado de estos aspectos del estilo moderno, se dificultan las tareas de evaluación de la calidad. Por ejemplo ante un boceto del último Picasso, algunos consideran que hasta un chico podría haber hecho lo mismo; no se percatan de que tal ingenuidad aparente se ha desarrollado a través de décadas de evolución bien documentada en trabajo inspirado, comenzando con los más destacados logros clásicos. Así la calidad no es siem-

pre obvia para el espectador ingenuo, y en cambio necesitará ser mediada a través de expertos en la crítica. Más aún, la inaccesibilidad de las producciones modernistas privan a la comunidad creativa de una audiencia de legos que, sean cuales fueren sus limitaciones, sirven para mantener al trabajo que se funda en sus propias experiencias de vida en el mundo. En el estilo moderno la comunidad de aquellos que están involucrados en la crítica y en la evaluación se achica hasta abarcar solamente a los productores y expertos, transformándose finalmente en esotérica.

Podemos usar el concepto de «audiencia» para ilustrar las relaciones entre las producciones culturales y su contexto societario. En el estilo clásico la audiencia, inexperta pero educada, es una parte esencial de la producción: el realizador y la audiencia comparten la misma realidad. En el estilo moderno, la audiencia efectiva se restringe a los expertos, ya sean colegas o críticos profesionales. En el estilo posmoderno, la audiencia está fragmentada, y existe en aquellos individuos que son capaces de tener una experiencia. La manera en que el mensaje opera también depende del estilo: clásicamente, muestra; en el estilo moderno, demuestra y (tal como lo expresa Baudrillard) en el posmoderno, seduce (Baudrillard 1990b).

La calidad externa de las producciones es definida y evaluada por alguna comunidad relevante. La comunidad puede ser grande y variada, tal como en el estilo clásico o restringida tal como en el moderno. Pero no es preciso que la calidad sea puramente subjetiva, o incluso meramente intersubjetiva. Tal comunidad tiene un compromiso con respecto a la realidad particular y a los valores compartidos y posee ejemplos de excelencia («clásicos») que sirven como modelo para el mantenimiento de los estándares de calidad. Por supuesto, siempre hay una tensión entre los propósitos privados de quienes están involucrados en la actividad y las funciones públicas de su trabajo; así incluso los más grandes artistas deben sobrevivir en el mundo material, a pesar de la excelencia espiritual de su trabajo creativo. Pero

debe haber armonía entre lo privado y lo público; y si en cualquier producto creativo lo privado o los propósitos encubiertos dominan sobre los públicos o sobre los explícitos, la calidad se ve traicionada.

En el estilo posmoderno, el mensaje ya no es anunciado de manera distintiva tal como lo era en el estilo clásico, ni está implícito en la forma tal como en el estilo moderno sino que existe sólo en las experiencias de los espectadores separados. El *locus* de la calidad de la producción cambia alejándose del mensaje y centrándose en los logros técnicos que permiten la confusión total de esa hiperrealidad creada para los espectadores. Estos logros técnicos pueden alcanzar una gran excelencia, y por cierto deben hacerlo si ha de mantenerse la hiperrealidad. Pero el carácter de experto es puramente técnico y se ve alienado de la experiencia (sea estética o psicodélica) que se está transmitiendo a los espectadores.

Podemos ilustrar más estos tres estilos en términos de la educación de los participantes en la experiencia. Como vimos, en el estilo clásico se presupone una audiencia inexperta educada. En el estilo moderno se transforma en problemática pero aún es fundamental en principio. En la posmodernidad es irrelevante. Los espectadores de las producciones clásicas o modernas (como los deportes, con ejemplos de juegos grupales y acontecimientos de campo respectivamente) ganarán una apreciación creciente si se los educa en las destrezas especiales involucradas. Estos espectadores suelen discutir puntos muy sutiles de la ejecución o de la estrategia tan ardientemente como los fanáticos de ópera. En contraste, los espectadores de los acontecimientos posmodernos no necesitan que se les reconozca pertenencia alguna a través de símbolos especiales u otras insignias. La calidad de los ejecutantes o la discriminación de la audiencia resultan menos importantes, respectivamente, que la de los técnicos que permiten y median la ejecución, y la de los diseñadores de los «polos» que se venden a la audiencia.

La posmodernidad como un fenómeno de masas

Si la posmodernidad concerniera sólo a algunos escritores y críticos que han sido ganados por el escepticismo o la nostalgia, podría descartársela como una moda o como un juego intelectual más. Pero los posmodernistas trabajan en una trama más amplia; pretenden que toda la sociedad contemporánea se ve afectada por la posmodernidad. En la medida en que esto sea verdad y, para nosotros, en la medida de que el sistema tecnológico esté inmerso en el fenómeno posmoderno, el presente estudio es muy importante. Pues no hallamos ante un desarrollo social esencialmente parasitario, por no decir canceroso. Esto puede verse en el destino de su exponente más consistente y profundo, Baudrillard, quien en la década de los sesenta se desilusionó tanto de Marx como de Freud, y luego de décadas de estudio vio a nuestra civilización actual cercana a la catástrofe metafísica.

En una escala más amplia, podemos decir que (en la cultura occidental al menos) es difícil imaginar cómo una nueva generación, que se ha visto inmersa en una hiperrealidad, podrá aún ser capaz de dominar el tipo clásico de destreza que se requiere para operar esta subestructura tecnológica especial y mantener funcionando a la sociedad. Si esto es así, una masa posmoderna no duraría mucho más que una generación, llevando a algún tipo de reacción puritana o a una degradación rápida y total del sistema tecnológico y todos sus subproductos. Incluso antes de la Primera Guerra Mundial, E.M. Forster tuvo la visión de una sociedad hiper-técnica que experimentaba una degradación gradual pero acelerada del mantenimiento y control de la calidad hasta *The Machine Stops* (1954). Con la posmodernidad en el comando, esto podría ocurrir de manera rápida y súbita.

Baudrillard y otros ven a la posmodernidad como un rasgo esencial de la visión vigente en la cultura popular de masas que ha crecido en el siglo XX. Por cierto, algunos críticos hostiles del posmodernismo interpretan sus análisis en términos de la

nostalgia de una elite cultural que ha perdido su antigua hegemonía sobre la producción cultural de la sociedad. En este sentido la posmodernidad representa el fin de la hipocresía, pues las masas menos educadas pueden ahora gozar de los productos culturales que quieren y por los que pagan, sin que se las haga sentir culpables o inferiores. Pero por las mismas razones, pueden negarse libremente a sostener las producciones de elite de la alta cultura que parecen beneficiar sólo a una minoría snob.

La sociedad de masas «permisiva» del siglo XX ha extraído una nueva libertad de un sistema cultural antiguamente represivo y jerárquico; pero muchos argüirán que el proceso ha sido acompañado por un achatamiento general de la calidad. En las sociedades antiguamente jerárquicas, la autodisciplina y el compromiso con la calidad eran generalmente alimentados por la elite (con más rigor para los que llegaban que para aquéllos que la heredaban). Los períodos prolongados de entrenamiento de las producciones culturales clásicas (el ofrecido por los sistemas educacionales clásicos), dependen de la aceptación por parte de los jóvenes aprendices de un entrenamiento muy prolongado y riguroso que en ese contexto cultural resultaba natural. La conciencia crítica se agudizaba y los poderes de abstracción característicos de los creadores del estilo moderno dependían de su inmersión previa en la cultura clásica, por lo que su carácter revolucionario era menor de lo que se imaginaba luego.

Se podría decir que una de las más grandes tragedias del socialismo fue la creencia implícita en que cuando se reemplazaran las antiguas estructuras sociales e ideológicas se podría alcanzar y difundir socialmente un compromiso general con la calidad. El sistema tuvo éxito en el mantenimiento de la calidad en algunos campos elitistas del arte clásico, el medio académico y los deportes, el ballet y también en algunas áreas de la producción militar. Sin embargo, cuando crecieron los estándares de la calidad esperada en el sector civil, el sistema no pudo ofrecer cumplir lo prometido. Finalmente la burocracia terminó pro-

duciendo sus propios clichés socialistas de hiperrealidad. Así el fracasado golpe de 1991 cubierto en vivo y transmitiendo por televisión a todo el mundo la torpeza absoluta de los conspiradores podría ser considerado el primer *happening* político posmoderno importante.

La ocurrencia histórica de una caída tal de la calidad (y con ella de las estructuras socioeconómicas correspondientes) es una prueba indiscutible de lo que puede ocurrir; ahora la cuestión estratégica es cómo podría evitarse su recurrencia en otros lugares. El desarrollo de una sociedad de masas en las economías de mercado no llevó a una declinación tan desastrosa en la calidad del sector civil; las exigencias de la competencia aseguraban que esa calidad (al menos así lo percibían los consumidores) en general se mantendría e incluso se incrementaría. Pero diversas tendencias nos recuerdan que la calidad es internamente compleja, socialmente mediada y quizá algunas veces contradictoria. Una es la declinación de la calidad en las destrezas tradicionales impartidas en la educación formal. Que esto ocurra aún es tema de debate en Gran Bretaña, pero está más allá de toda duda en los Estados Unidos. Otra es el fenómeno, ya mencionado, de la alienación de la calidad técnica con respecto al mensaje en las producciones culturales posmodernas.

Ya no puede darse por sentado que la calidad se mantenga aún en las instituciones sociales fundamentales. Hasta el mismo capital puede ser analizado de manera fecunda en términos de estos tres estilos. En el estilo clásico, funciona como el facilitador de un sector manufacturero real independiente, que proporciona los medios para el despliegue de las fuerzas materiales de producción. Tenemos un estilo moderno con capital financiero, que dirige al sector industrial en su propio beneficio; los elementos básicos de la realidad en este estilo son unidades abstractas de dinero, y la calidad se evalúa primariamente en términos financieros, quedando como subsidiaria la actividad manufacturera. En el estilo posmoderno, las finanzas se transforman

en libremente flotantes sirviendo sólo a sus propios fines inmediatos; las realidades de manufactura (incluso la sobrevivencia industrial nacional) son irrelevantes para sus actividades. En las finanzas posmodernas caracterizadas por los bonos basura, lo que previamente había sido privado o encubierto (la manipulación de las industrias y los recursos y trabajo invertidos en ella) ahora se transforma en público y manifiesto, aunque en este caso con poco sentido de la ironía. Cuando las unidades de dinero pierden eventualmente su referencia incluso para una realidad intersubjetiva, la realidad de las finanzas se vuelve muy frágil. (Para una fábula acerca de esta contingencia puede leerse la novela *Galápagos* (1985) de Kurt Vonnegut). Una predicción al respecto, una secuela del espectacular fracaso del golpe soviético posmoderno, lo proporciona la crisis monetaria europea de septiembre de 1992, cuando la política económica y financiera británica se vio desentrañada en vivo por televisión.

Finalmente, hay un aspecto de la calidad recientemente apreciado a escala ambiental, que se manifiesta en el peligro de que nuestra civilización occidental destruya su hábitat natural. La ideología gobernante de la economía decreta que el ambiente es «externo» al mercado; y por lo tanto la preservación de su calidad siempre será periférica respecto a las cuestiones sociales principales. Esto induce a un estado hiperreal en los comentarios acerca del problema que se enmarcan en un enfoque económico convencional. Así, un influyente economista nos recomienda la consideración de la «ingeniería climática», que permitiría por ejemplo arrojar a la estratósfera materiales no descados en la Tierra. El único criterio de calidad que puede concebir es la efectividad en costos. Los efectos ecológicos planetarios impredecibles o incontrolables de tales intervenciones no tienen lugar en el esquema de cosas planteado por su profesión. Otra de sus opciones recurre a la adaptación frente a un calentamiento climático. El distinguido economista supone que las migraciones de masa necesarias se efectuarán gradual y automáticamente,

a la manera antigua, tal como oportunamente se elevaron los niveles del mar (Nordhaus 1991). Así, a su manera, el sistema de mercado y sus teóricos exhiben posmodernidad.

Posmodernidad y matemáticas

Es una coincidencia histórica significativa que el modernismo haya surgido simultáneamente en las matemáticas y en el arte a comienzos del siglo XX. El formalismo y el cubismo son expresiones de la misma cuestión en dos campos muy diferentes de la creatividad. Tal como Baudrillard dice, «los cubistas aún buscaban la esencia del espacio intentando develar su geometría secreta» (1990, p. 95). La posmodernidad ha llegado recientemente a ambos campos a través de una combinación lograda mediante los ordenadores. Aunque «el arte de los ordenadores» ha sido cultivado por algunos entusiastas desde hace ya algún tiempo, fue la invención de los «fractales» lo que puso en conjunción a la matemática seria con el arte popular. La interacción ha tomado una variedad de formas, incluyendo la generación artefactual de simulaciones de paisajes y otros aspectos naturales para ser usados en films y televisión. Los ejemplos más sorprendentes son las películas y los vídeos de los «conjuntos Mandelbrot», que llevan al espectador a descender infinitamente en estructuras curvas repetidas de tramas cada vez más finas, produciendo una experiencia aproximadamente psicodélica. Debe señalarse que el color vívido que comporta en gran medida al efecto no es parte de las estructuras matemáticas, sino que es simplemente una codificación que contribuye al refinamiento local de la trama computacional.

Con los conjuntos Mandelbrot, parte de la matemática se transforma en un espectáculo en el sentido de Baudrillard. Los espectadores se sienten envueltos en el mundo microscópico, como si cantidades infinitesimalmente pequeñas del «cálculo» pudieran por fin ser vistas de manera directa y en un glorioso

tecnicolor. Los conjuntos son usados ampliamente para exhibir la atracción de las matemáticas ante los futuros estudiantes y ésta parecería ser la principal aplicación en lo que atañe a la práctica matemática. Empero, no deberíamos subestimar su influencia filosófica en tanto parte de los métodos computacionales. Por más o menos dos milenios y medio los matemáticos han considerado a la suya como una ciencia de la prueba y la demostración y al cálculo como un pariente inferior; éste fue el logro del «milagro griego» frente a las matemáticas computacionales prevaletentes en todas las otras civilizaciones. Con el atractivo popular de los fractales, incluso las matemáticas puras se transforman nuevamente (en parte) en un estudio empírico de tipo especial (Tiles 1991).

Con los fractales las entidades de las matemáticas cambian de ser estructuras conceptuales (como los círculos y las rectas de la geometría euclidiana o los conceptos abstractos de las matemáticas modernas) para transformarse en resultados de computaciones con números determinados. En ese sentido, la realidad matemática regresa a su base computacional prehelénica, pero ahora se ve mediada por los ordenadores, cuyos rápidos cálculos no pueden ser captados por las destrezas humanas o por la intuición. Conjuntamente con la realidad, la certeza matemática también se ve transformada. La «prueba» con todos sus conocidos problemas fundacionales ahora se ve suplantada por el programa informático. Éste es esencialmente opaco a la revisión comprensiva por parte de los humanos, de manera que el resultado de una computación siempre podrá estar en duda. Pero si parece que funciona, por supuesto será aceptada por lo menos hasta el momento en que se descubran «problemas». Así, incluso aquí vuelve a entrar el empirismo en la matemática después de un largo exilio. Los criterios de calidad también deben ser revisados como para acomodar este tipo radicalmente nuevo de matemáticas; en ausencia de conexión con las maneras tradicionales de hacer y concebir las matemáticas, la excelencia en este

campo se relaciona con la solidez de la información tecnológica subyacente, pero también con la atracción de la manera en que se la exhibe.

Tales desarrollos llevan la posmodernidad a las matemáticas de diversos modos. Por una parte, la imagen modernista de las matemáticas corre el peligro de sucumbir ante el asalto posmodernista. La situación paradójica es muy bien descripta por Mary Tiles (1991, p. 173):

... el vuelo a una proliferación posmoderna, la restricción de sus análisis a lo fragmentario y a lo perspectivista, a través del abandono de los estándares de coherencia y consistencia y de la exigencia de orden racional, es en sí mismo una continuación de la búsqueda de seguridad, para defenderse contra la posibilidad de una crítica radical, el tipo de crítica que constituye una fuerza para el cambio y el desarrollo. De esta manera, la posición posmoderna se desliza con facilidad hacia una estrategia conservadora de pluralismo liberal que, permitiendo un lugar para todos, no necesita escuchar los reclamos de ninguno (Donoghue 1983).

En la medida en que el colapso del modernismo en la filosofía matemática engendra la consigna feyerabendiana «todo vale», la intrusión de los ordenadores en la práctica de la enseñanza y el aprendizaje puede convertir en aparentemente obsoletas a las destrezas matemáticas, con consecuencias finales que podrían ser catastróficas. Después de todo, si incluso los ordenadores más baratos pueden hacer álgebra mejor que los estudiantes, ¿para qué molestarse en aprender? Es francamente anticuado pretender que hay algunas destrezas básicas y algunos *insights* básicos que no pueden ser computerizados; y luego de prácticamente un siglo de modernismos es imposible presentar argumentos en favor del elemento empírico artesanal en las matemáticas en todos los niveles. Por lo tanto, es probable que los

estudiantes terminarán conociendo sólo la matemática suficiente para programar sus ordenadores manuales; y luego serán palmariamente incapaces de evaluar la calidad de lo que sus ordenadores producen. Encontramos aquí un análogo posmoderno de lo que ya hemos discutido en conexión con la hiperrealidad, pero en este caso en la más básica de las artes por las que sobrevivimos.

Caos y modelos de computadora

La «teoría del caos» constituye un desarrollo análogo y estrechamente relacionado. Lleva a la incertidumbre mucho más cerca del corazón de la ciencia pues concierne a sistemas que son completamente determinísticos en su causalidad, pero que sin embargo resultan impredecibles en detalle. Así la incertidumbre se mueve hacia adentro desde su base clásica en la «aleatoriedad» y también hacia arriba en la escala desde su base física moderna en los fenómenos cuánticos. En términos filosóficos, representa una incertidumbre que es epistemológica y en consecuencia, como ya hemos argumentado en este volumen, es mucho más profunda que la técnica o la metodológica (sistema notacional NUSAP, Funtowicz y Ravetz 1990). Lo planteado se torna real, cualquier sistema físico (distinto de los trivialmente simples) poseerá este tipo más profundo de incertidumbre y desafiará la predicción exacta de sus estados futuros. Sin embargo, que un sistema indeterminado sea genuinamente «caótico» (por oposición a meramente complicado o verdaderamente azaroso) sólo puede conocerse cuando su comportamiento finalmente converge en un estado casi periódico; y «en última instancia» puede ir más allá del experimento o incluso de la computación.

Los problemas metodológicos de la «teoría del caos» no se detienen aquí, pues las mediciones matemáticas básicas para definir las propiedades «fractales» de los sistemas caóticos parece peculiarmente artefactual. Los números que surgen de las elab-

boraciones matemáticas y de las computaciones no dependen meramente de la elección de una medida «fractal» definida, sino también de manera muy fuerte (y por cierto no lineal) de una graduación (*scaling*) de los conjuntos que se están midiendo. La ausencia de críticas efectivas a estas mediciones fractales, justificada sobre la base de su variabilidad, las convierten en una novedad matemática. En términos clásicos o modernos, deberían ser desconsiderados como meros *artilugios* (*gadgets*) (Baudrillard 1990, p. 77).

Por otra parte, entre los científicos hay mucho debate acerca del estatus de la teoría del caos tal como se la aplica a fenómenos físicos del tipo de los procesos climáticos o geológicos. Pues la computación de la dimensión fractal de los sistemas caóticos, para que sea genuina y no artefactual, debe disponer de un número suficiente de puntos-datos empíricos, y este número se incrementa muy rápidamente para las dimensiones fractales elevadas. La producción de puntos extras para la interpolación no satisface genuinamente la exigencia. En virtud de problemas de este tipo, algunos autores se han preguntado si el tema que nos concierne es el caos o simplemente la confusión (Procaccia 1988, Ruelle 1990). Todavía no podemos asegurar si la teoría del caos se terminará agregando a la ciencia de modo más significativo y permanente que sus predecesoras en la modas matemáticas tales como la «teoría de las catástrofes». Sin embargo, en la medida en que se presenta en su forma actual, su combinación con la incertidumbre profunda, la realidad ambigua y los criterios confusos de calidad, la identificarán sin duda como correspondiendo al estilo posmoderno.

Dado que los fenómenos matemáticos básicos de la teoría del caos (mostrados por programas informáticos bastante simples) son tan sorprendentes e inesperados, y dado que el enfoque parece explicar las dificultades prácticas de predecir el comportamiento de los sistemas complejos, los practicantes tienden a ver a un modelo «caótico» como si fuera la realidad que pretende representar.

Esta falacia de una realidad desubicada es muy común en todo el campo de la modelización; prevaleciente mucho por la ausencia de tests efectivos que permitan demostrar qué tipo de correspondencia —si es que hay alguna— se da entre los modelos y la realidad. A diferencia de los elementos antiintuitivos de la teoría física contemporánea (que es moderna en estilo), los componentes de los modelos caóticos, desprovistos de certeza, calidad y realidad, son posmodernos.

El uso difundido de simulaciones de ordenador ha llevado la posmodernidad a una escala masiva en muchas ramas del sistema científico. Nos basta con citar un trabajo temprano de Baudrillard:

Un inmenso proceso de simulación ha tenido lugar extendiéndose a toda la vida cotidiana, en la imagen de esos «modelos de simulación» sobre los que se basa la ciencia operacional y computacional. Uno «fabrica» un modelo combinando las características o elementos de lo real; los hace «actuar» un acontecimiento, estructura o situación futuros y puede extraer conclusiones tácticas a ser aplicadas a la realidad. Se puede usar como una herramienta analítica bajo condiciones científicas controladas. En las comunicaciones masivas, este procedimiento asegura la fuerza de la realidad, aboliendo y volatilizando a esta última en favor de la neorealidad de un modelo materializado a través del medio mismo. (Baudrillard 1974, p. 92)

Acerca de este proceso Baudrillard comenta,

Tendríamos que ser muy cuidadosos y no interpretar esta inmensa destreza de producir artefactos, componer pseudo-objetos y pseudo-acontecimientos que invaden nuestra existencia cotidiana como la desnaturalización o falsificación del «contenido» auténtico. ... Es en la forma donde lo cotidiano

ha cambiado: donde quiera que esté, en el lugar y la ubicación de lo real, hay un sustituto, un 'neoreal' enteramente producido mediante una combinación de elementos codificados (idem).

Así, Baudrillard vio a los modelos como un medio clave por el cual las preguntas acerca de la realidad se tornan imposibles; el modelo no puede ser refutado, el código (ininterpretable) reemplaza al mensaje y todo es hiperrealidad.

No se requiere la visión culturalmente apocalíptica de un Baudrillard para producir un análisis tal de la invasión del sistema científico por los modelos de simulación. En una discusión reciente de la aplicación de la modelización computacional a los problemas ambientales globales, el distinguido matemático norteamericano S. Mac Lane describió del siguiente modo al «análisis de sistemas»:

...la construcción de «escenarios» futuros imaginarios masivos con ecuaciones elaboradas para modelos cuantitativos que se combinan para proporcionar predicciones o proyecciones (débiles o del tipo que sean) pero que no pueden ser verificadas contrastándolas con hechos objetivos. En cambio, [tales] estudios a menudo proceden combinando en serie un número de tales modelos no verificados, alimentando los resultados de un modelo de este tipo como entradas para otro modelo igualmente no verificado... Tales estudios son especulaciones sin testeo empírico y por lo tanto no pueden valer como ciencia... (Mac Lane 1988)

Contestando a una defensa de la disciplina, Mac Lane continúa dudando que los problemas globales puedan ser enfrentados usando modelos que «en primera instancia no son verificables» y agrega «los problemas no se resuelven y no se ayuda a la ciencia con la especulación infundada acerca de modelos

inverificables». Sus comentarios finales atañen a la calidad, en el sentido de que la institución de investigación por él criticada no parece tener un mecanismo crítico adecuado, ya sea a través de la disciplina o de la revisión de los informes producidos (ibid. p. 1624).

Es interesante que el análisis de Baudrillard aluda al uso de los modelos en política; y a juzgar por un par de oraciones parecería estar retrocediendo desde el posestructuralismo hasta un «realismo» pasado de moda. Tales modelos se desarrollan principalmente en función de propósitos políticos y las dificultades de un test empírico de los modelos pierde importancia cuando se comparan con la contrastación de su calidad en tanto instrumentos políticos. Por lo tanto, las fantasías racionalistas de las aplicaciones matemáticas al arte de estado, que se pueden rastrear en Leibniz (siglo XVII) y en Ramon Lull (siglo XIV), vuelven a tener vida en la posmodernidad. Un nombre adecuado a tales métodos es el acrónimo GIGO (usado en norteamérica para «Garbage In, Garbage Out», Basura Adentro, Basura Afuera). Podemos ofrecer una definición estricta de la metodología-GIGO como una que depende de computaciones en las que las incertidumbres en las entradas deben ser suprimidas de manera sistemática, a menos que las salidas se transformen en totalmente indeterminadas. En esta metodología las teorías son reemplazadas por modelos computacionales o por experimentos a través de simulaciones informáticas, y los datos son sustituidos por las corazonadas de los expertos. En los términos clásicos los GIGO serían considerados como un nuevo tipo de pseudociencia que se enmascara de manera más exitosa en la medida en que no depende de la magia sino de los ordenadores. Sin embargo, en la posmodernidad, donde la calidad tanto como la realidad y la certeza se evaporan, los GIGO son simplemente un aspecto más del sistema tecnológico.

Tales desarrollos científicos pueden ser entendidos en parte como una reacción frente a la contradicción principal de nues-

tra civilización industrial global. Los problemas se crean por la oposición entre las pulsiones culturales tendientes a un bienestar material individual y las consecuencias ambientales y sociales adversas de los medios colectivos técnicos para su obtención. Una manera directa sería advertir que el sistema tecnológico que ha creado los problemas no puede simplemente adaptarse para encontrar una solución. Si esto es así, se hace necesaria una transformación radical de la tecnología basada en la ciencia que se despliega con respecto a tales problemas globales y que hemos descrito como «ciencia posnormal» (Funtowicz y Ravetz 1991-1992). La otra manera, más sencilla, es seguir adelante como hasta ahora en los sistemas tecnológicos y políticos, usando cada vez más intensamente los métodos GIGO de manera audaz para ingresar directo en la posmodernidad.

Tecnología posmoderna

Los gráficos computacionales permiten mostrar con facilidad cómo se manifiesta el fenómeno de la posmodernidad en la tecnología, el sector más grande del sistema científico. Estos gráficos son como anteojos en miniatura, altamente desarrollados y diseñados para los comerciantes; desplazan la calidad desde el trabajo mismo hacia la exhibición. En los sistemas políticos su uso más efectivo ha estado en conexión con la Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI), denominada de manera muy posmoderna «Guerra de las Galaxias» por el famoso film de ciencia ficción. Los espectadores que miraban regularmente «nuestros» misiles antimisiles orientándose inequívocamente hacia los «de ellos», no eran engañados por la modesta advertencia de que se trataba de una «reconstrucción del artista»; ellos sabían que los SDI en exhibición eran un escudo impenetrable frente a la agresión. En tales casos la calidad se ve traicionada por una confusión intencional entre los gráficos computacionales adecuados de un excelente sistema tecnológico y los gráficos computacionales exce-

lentes de un sistema tecnológico imaginario. Así la tecnología militar entraba en la posmodernidad y se transformaba en otro *happening* posmoderno, aunque en una escala muy vasta. Históricamente, los SDI podrían aparecer tan sólo porque en la disuasión nuclear ya existe una confusión entre el *hardware* y la fantasía (Ravetz 1990a). Por supuesto en una sociedad relativamente abierta mucha gente puede y de hecho participará en el proceso de asegurar la calidad, criticando y desmistificando públicamente tales aventuras. El debate con respecto a este tipo de problemas no puede restringirse a tecnicismos puros sino que también involucra la metodología, la política y la ética, y por lo tanto se transforma en un correctivo posnormal a las tendencias posmodernas en tecnología.

Una tecnología posmoderna más consolidada es la biotecnología; aquí el problema no concierne a sistemas ilusorios sino a la creación de nuevas cosas vivientes que causan confusión, pues violan nuestras categorías éticas y realistas heredadas: el Bien y la Verdad. El debate acerca de la biotecnología siempre ha estado sesgado pues hasta el presente los peligros han sido necesariamente especulativos mientras que los logros de carácter benéfico son relativamente modestos y bastante reales. Si el peso de la prueba cae en los críticos, pierden en todas las ocasiones. Pero cuando los proponentes prometen vastos beneficios y aseguran que la «sociedad» será capaz de impedir cualquier daño, la balanza de la plausibilidad se invierte. Las políticas para el desarrollo tecnológico y para la regulación ya no pueden basarse en realidades firmes descubiertas o creadas por la investigación científica clásica. En su lugar hallamos incertidumbres e ignorancias, interpretadas a partir de consideraciones políticas. Hasta el presente han prevalecido especialmente las correspondientes a la defensa nacional o al beneficio privado; pero comienzan a ser desafiadas por consideraciones de prudencia e incluso de compasión. Esta situación puede interpretarse como parte de la «ciencia posnormal» y ser manejada de manera correspondien-

te. Pero cuando se mantiene la ficción de la «normalidad clásica», estamos verdaderamente en la posmodernidad. Entonces la ciencia ficción se transforma en relevante para la política, no como predicción sino como parábola.

Los problemas éticos más notables surgen en conexión con la tecnología reproductiva. Aunque los procesos sociales normales han sido manipulados desde tiempo inmemorial (véase la Biblia en relación a las técnicas de maternidad sustitutiva al fundarse las Veinte Tribus de Israel), la tecnología ha transformado, en ésta y otras esferas, tanto los proyectos prácticos como los problemas éticos. No es tan sólo que dispongamos de técnicas que permiten deconstruir drásticamente el proceso reproductivo de manera que la «paternidad» se transforme en un conjunto de posiciones en una línea de ensamblaje industrial. Esta analogía se vuelve directamente relevante cuando consideramos la posibilidad de extender las técnicas de clonación existentes desde los mamíferos superiores hasta la humanidad. En este punto la ciencia ficción, y por cierto las fantasías políticas, se transforman en una posibilidad tecnológica que puede ser costeadada como cualquier otra. ¿Qué tipo de «humano» sería éste, si fuera simplemente una copia clonada que comparte una especie de maquillaje emocional e incluso la conciencia con sus *simulacra*? Tal tipo de «Brave New World» («Valiente Nuevo Mundo» de Aldous Huxley) ya existe para los vacunos que se comercializan, sin que se produzca ningún escándalo ético. Se sabe muy bien que no puede haber ningún incentivo para invertir sin perspectivas de recompensa e, inversamente, no hay perspectivas de recompensa sin una disposición a invertir. En consecuencia es preciso que empecemos por imaginar qué les ocurriría a los productos con sentimientos de tal tecnología posmoderna.

La biotecnología también nos lleva a la posmodernidad en la regulación de la tecnología; un ejemplo ilustrativo es la difusión planificada de organismos vivientes genéticamente manipulados, en particular a escala microbiológica. En este caso las in-

certidumbres éticas derivan principalmente de nuestra ignorancia ecológica. En el modelo científico tradicional la regulación debe basarse en una anticipación de los acontecimientos no deseados importantes y de sus consecuencias. Pero incluso en el caso de que la ecología microbiológica fuera una ciencia amplia y floreciente, sería vana la esperanza de certeza predictiva en este campo. El rango de las interacciones posibles entre los organismos y el ambiente es tan inmenso que escasamente puede ser clasificado y mucho menos cuantificado. Bajo estas condiciones, los «números políticos» no pueden obtenerse más que discrecionalmente (*por fiat*) o por ficción.

En el caso de los organismos genéticamente manipulados que se pretende que sobrevivan de manera salvaje, asegurar la calidad se vincula con el proceso regulatorio de una manera contradictoria; podemos describir esto en términos de la «paradoja de la afinación» (Fincham y Ravetz 1991, p. 136). Para que un organismo pretenda sobrevivir de modo silvestre debe ser lo suficientemente robusto como para poder hacerlo; si esto es aceptable desde el punto de vista ecológico debe ser lo suficientemente delicado como para no generar una disrupción entre los equilibrios que ya existen. Ser el ingeniero de tal organismo es una tarea en sí misma; elaborar una prueba científica en el sentido de que estas propiedades deseables están presentes y son estables constituye un nivel de dificultad más alto. Sin embargo, sin una solución de la «paradoja de la afinación» es difícil ver cómo puede haber una política regulatoria efectiva basada en la ciencia. La pretensión de que tales contradicciones pueden ser resueltas, de manera definitiva, a través de aplicaciones de la ciencia normal es una manifestación de posmodernidad. Sólo reconociendo que las incertidumbres son ineliminables y abriendo el debate a todos los que tienen algo en juego en la decisión, puede lograrse una genuina política de regulación posnormal.

Realidades maleables

El sistema científico ha estado en constante evolución a través de su historia; ahora además está cambiando radicalmente la realidad en que opera. Por supuesto, el mundo de la naturaleza se vio alterado por la agricultura y la vida humana transformada por la industria moderna; pero hoy nuestra experiencia de las realidades físicas y conscientes se ve expuesta a una confusión más profunda. Un síntoma obvio de este desarrollo es que «la ciencia ficción» ya no es ficcional; la hiperrealidad no tiene límites obvios con lo imposible o lo irreal. La realización tecnológica de esto es el campo embrionario de las «realidades virtuales». Ahora es posible una experiencia sensorial hiperreal al precio de un entretenimiento ordinario. Quienes se meten seriamente en él pronto se encontrarán experimentando sensaciones táctiles y visuales de un tipo nuevo e inusual. No podemos predecir en detalle qué tipo de efectos tendrá esto sobre las personalidades, y sobre las sociedades, en la medida en que el equipamiento se transforme en cada vez más accesible y refinado. La voluntad política efectiva de regular la nueva tecnología aparece sólo cuando surgen nuevos temores palpables o cuando se violan antiguos tabúes. ¿Ocurrirá lo mismo necesariamente con el sexo electrónico? Si la respuesta es no, la regulación con respecto a esta tecnología, con poderes culturales que van mucho más allá de lo imaginable, se dejarán librados en gran medida al mercado (Rheingold 1991).

Incluso en este estadio temprano de la evolución de la posmodernidad, la ficción se transforma en guía de la práctica en la comprensión y el control del sistema científico. La influencia de los pioneros de la ciencia ficción sobre los visionarios de los viajes espaciales es bien conocida. En biotecnología, *Parque Jurásico* (Crichton 1990) es un cuento moral acerca del presente, que utiliza un proyecto imaginario pero en alguna medida factible para producir un parque real con dinosaurios genuinos. Crichton comienza recordándonos la comercialización de la cien-

cia biológica que acompaña a la revolución total, que la tecnología está operando en nosotros mismos y en nuestro ambiente. Su historia concierne a las imperfecciones esenciales en cualquier simulacro biológico, usando tanto la sofisticación de la teoría del caos como la sabiduría casera de las leyes de Murphy. En virtud de que la aventura se ve dominada por el orgullo y la codicia, las cosas inevitablemente empeoran y (como bien sabe cualquier ingeniero informático) inevitablemente lo hace de maneras impredecibles.

Constituye una parábola acerca del destino y del impulso inmorales hacia el poder, no importa cuáles sean sus consecuencias. El punto es similar al que Norbert Wiener plantea en su clásico *God and Golem Inc.* (1964): que la simonía y la brujería aún están vivas, ahora en el ropaje de una ciencia está gobernada por la adoración de los artefactos. Pero no se necesitan intenciones tan malvadas para pavimentar el camino; la posmodernidad es el resultado contemporáneo de una fe que ya tiene muchos siglos según la cual, a través del sistema tecnológico moderno, podremos escapar de la condición humana. En un estilo dialéctico, el sistema tecnológico moderno ha resuelto algunas graves contradicciones en las condiciones materiales y morales de una porción afortunada de la humanidad, pero al hacerlo ha creado otras contradicciones, incluso más severas y apremiantes.

La posmodernidad es la reacción a esas nuevas contradicciones tal como se manifiestan principalmente en la esfera cultural; puede ser definida como la adopción voluntaria de una ilusión como si fuera una realidad realmente real. En este sentido las porciones posmodernas de nuestra cultura son una droga. La realidad externa no puede ser manipulada a voluntad, y no podemos ignorar las restricciones de un ambiente global que nos alimentará o destruirá de acuerdo a nuestra sabiduría. Como hemos visto, tanto en la esfera social como ambiental, la realidad finalmente volverá a irrumpir. Enfrentamos la tarea de ha-

cer que surja un sistema científico que pueda resolver las nuevas contradicciones de nuestra situación global, ahora particularmente agudas pues la «normalidad» ya no es una opción. Por artefactual que sean sus formas elaboradas la calidad tiene una raíz en la realidad, denominada sobrevivencia.

Conclusión

Con el colapso del imperio soviético, la conciencia de que enfrentamos una crisis ambiental global y el crecimiento y despliegue vertiginoso de las nuevas tecnologías de la vida y la información, no hay duda de que nuestra civilización está pasando a una nueva era. La transición desde las antiguas realidades supuestas hacia las nuevas incertidumbres pueden ser tan profundas como las descritas por Eco en *El Nombre de la Rosa* (1984). Allí la cultura de los monasterios ya estaba incendiándose. Nadie podía predecir las nuevas estructuras de la sociedad y del conocimiento; y no podemos preverlas a partir de nuestra propia cultura. Pero podemos hablar acerca de la manera en que deberíamos movernos. El colapso de la «normalidad» y la «modernidad» y el triunfo de la posmodernidad pueden llevarnos al esclarecimiento de la Verdad y también del Bien. Pero una ciencia posnormal que asuma la contradicción fundamental de nuestro tiempo nos puede ayudar en la articulación de un sistema tecnológico con raíces renovadas en la calidad y la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- BAILAR, J.C., 1988, *Scientific Interferences and Environmental Problems: The uses of Statistical Thinking*, Chapel Hill, Institute for Environmental Studies, The University of North Carolina.
- BAUDRILLARD, J., 1974, «Mass Media Culture», en Baudrillard 1990.
- 1988, «Simulacra and Simulations», en *Selected Writings*, Cambridge, Polity Press.
- 1990a, *Revenge of the Crystal*, London, Pluto Press.
- 1990b, *Seduction*. London, Macmillan.
- BROWN, P., 1987, «Popular Epidemiology: Community Response to Toxic Waste-Induced Disease in Woburn», *Massachusetts Science, Technology & Human Values* 12: 78-85.
- COSTANZA, R., S.O. FUNTOWICZ & J. R. RAVETZ, 1992, *Assessing and Communicating Data Quality in Policy-Relevant Research*, *Environmental Management*, 16 (1), 121-131.
- & L. Cornwell, 1992, *Dealing with Uncertainty*, *Environment* (in press).
- CRICHTON, M., 1990, *Jurassic Park*. New York, Knopf.
- DAILEY G. C., P. R. EHRLICH, H. A. MONEY & A. H. EHRLICH, 1991, «Greenhouse Economics: Learn before you Leap», *Ecological Economics*, 4(1), 1-10.
- DONOGHUE, D., 1983, *The Arts Without Mystery*, British Broadcasting Corporation.
- ECO, U., 1984, *The Name of the Rose*, Pan Books.

- FINCHAM, J. R. S y J. R. RAVETZ, 1991, *Genetically Engineered Organisms / Benefits and Risks*, John Wiley.
- FORSTER, E. M., 1954, «The Machine Stops», en *Collected Short Stories*, Penguin.
- FUNTOWICZ, S. O & J. R. RAVETZ, 1985, «Three Types of Risk Assessment: A Methodological Analysis», en *Risk Analysis in the Private Sector*, eds., C. Whipple & W. Covello, 217-232. New York. Plenum.
- & J.R. RAVETZ, 1990, *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Dordrecht: Kluwer.
- J.R. RAVETZ, 1991a, «Three Types of Risk Assessment and the Emergence of Post-normal Science», en *Theories of Risk*, eds. D. Golding & S. Krinsky (eds.) New York: Greenwood Press.
- & J.R. RAVETZ, 1991b, «A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues», en R. Costanza (ed.), *The Ecological Economics*, New York: Columbia U.P. 137-152.
- JAMESON, F., 1984, «Postmodernism in the cultural logic of late capitalism», *New Left Review* (146) 53-93.
- JASANOFF, S., 1990, *The Fifth Branch*. Cambridge (MA). Harvard University Press.
- KEYFITZ, N., 1988, «Letters», *Science* 242: 496.
- KUHN, T.S., 1962, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago.
- LATOUR, B., 1988, *The Pasteurization of France*. Harvard University Press.
- LYOTARD, J. F., 1984, *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge* (Manchester, Manchester University Press).
- MAC LANE, S., 1988, «Letters», *Science*, 241, 1144, y 242, 1623-1624
- NORDHAUS, W.D., 1991, «To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect», *The Economic Journal*, 101, 920-937.
- O'RIORDAN, T. & S. RAYNER, 1990, «Chasing a Specter: Risk Management for Global Environmental Change», en *Understanding Global Environmental Change*, eds. R.E. Kasperson, K. Dow, D. Golding & J.X. Kasperson, 45-62, Worcester (MA). Clark University.
- PARKER, F. L., T. L. ANDERSON, R. E. KASPERSON & S. A.

- PARKER, 1987, *Technical and socio-political issues in radioactive waste disposal*. Stockholm. The Beijer Institute.
- POLANYI, M., 1958, *Personal Knowledge*, London, Routledge and Kegan Paul.
- PROCACCIA, I., 1988, «Complex or Just Complicated», *Nature* 333: 498-499.
- RAVETZ, J. R., 1971, *Scientific Knowledge and its Social Problems*. Oxford: The Clarendon Press.
- 1990a, «Usable Knowledge, Usable Ignorance: Incomplete Science with Policy Implications», en *The Merger of Knowledge with Power*, London, Cassell.
- 1990b, *The Merger of Knowledge with Power*, London, Cassell, 100-115.
- 1990c, «Hardware and Fantasy in Military Technology», en RAVETZ, 1990.
- REHEINGOLD, H. 1991, *Virtual Reality*, London, Secker & Warburg.
- RUELLE, D., 1990, «Deterministic Chaos: The Science and the Fiction», *Proc R. Soc. Lond. A* 427: 241-248.
- SALTER, L., 1988, *Mandated Science*. Dordrecht. Kluwer.
- TILES, M., 1991, *Mathematics and the Image of Reason*. London, Routledge.
- TURNER, J., 1990, «End of the peer show?», *New Scientist*. 22 September: 38-42.
- VONNEGURT, K., 1985, *Galápagos*. New York, Bantam and London, Cape.
- WAKEFIELD, 1989, *Postmodernism: The Twilight of the Real*, London, Pluto.
- WEINBERG, A., 1972a, «Science and Trans-science», *Minerva*. 10: 209-222.
- 1972b, «Letters», *Science*. 180: 1227.
- WIENER, N., 1964, *God and Golem Inc.*, MIT Press.