

Epistemología Política  
- ciencia con (2) genre-

Silvio Furtowicz - Jerome Ravetz  
C. E. A. L. Bs. as. 1993

Unidad 3

## RIESGO GLOBAL, INCERTIDUMBRE E IGNORANCIA

### 1. 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 los sistemas en elementos cada vez más pequeños, estudiados por especialidades cada vez más esotéricas, es reemplazada por un enfoque sistémico, sintético y humanístico. Reconocer 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 cognitivas como éticas. Cuando 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 en las extendidas, los diferentes tipos de incertidumbre que afectan 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 perspectivas 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.

## 2. La reinvasión 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 tomado 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 aun. 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 agentes 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 ítemes 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 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 por 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 inadecuados en diversos

grados. Aquellos expertos que los usan acriticamente y luego los 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 educativa 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 reinvierte 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 simulacros (Baudrillard 1988). El laboratorio no avanza hacia el campo, antes bien, lo salvaje ha penetrado en el laboratorio. Vemos esto en muchas situaciones: por ejemplo, la posibilidad de que toda la humanidad comparta los beneficios creados por la tecnología basada en la ciencia depende de una explotación del ambiente que el planeta no puede soportar. Este y otros problemas urgentes y profundos acerca de la equidad, cada vez más importantes en la política internacional, han sido provocados por aplicaciones de la ciencia aparentemente benéficas.

Los problemas ambientales globales son muy diferentes de los tipos de cuestiones 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 transformándose 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 aun 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 menos 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 ha 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 influidas 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 radicará 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.

### 3. 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, como ya hemos señalado, 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 computacionales constituyen el método más ampliamente usado para producir enunciados acerca del futuro sobre la base de 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, no ha habido demasiado interés en ver si realmente contribuyen de manera significativa ya sea al conocimiento o a la política. En la investigación vinculada con las políticas de riesgo y ambientales, que son tan cruciales para nuestro bienestar, se ha aplicado muy poco esfuerzo para reasegurar la calidad que las ciencias experimentales tradicionales daban por sentado en su práctica ordinaria. Aunque las computadoras en principio pueden ser usadas para acrecentar 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 computacio-

nal 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; 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 deglutida 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 lo 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 tanto la confianza total en las técnicas como 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 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 pedigrée (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).

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 con 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.

#### 4. 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.

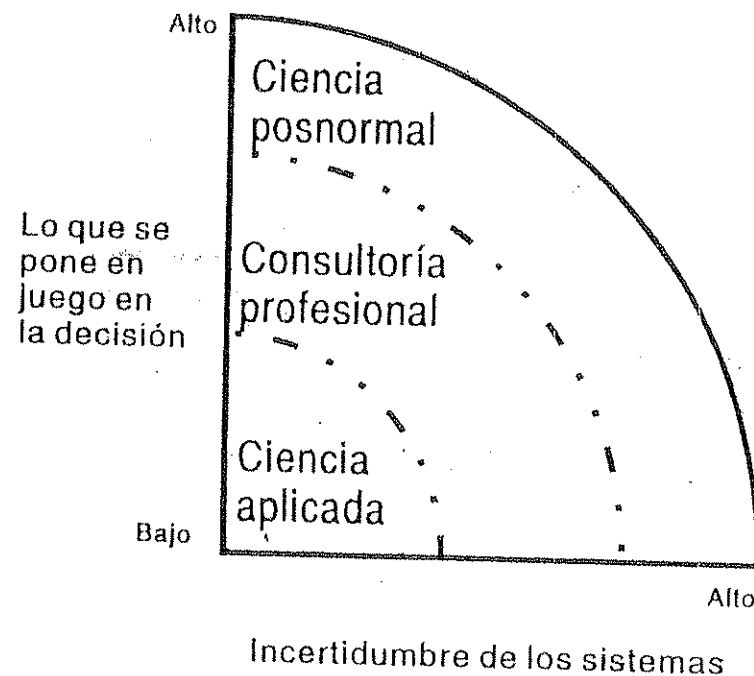


Figura 1

Nuestro diagrama presenta tres rasgos distintivos. Primero (y esta 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 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. (Figura 1.)

La frase "incertidumbre de los sistemas" trasmite 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.

### 5. Ciencia Aplicada

La explicación del diagrama de las estrategias de resolución de problemas comienza con la estrategia más familiar. A ésta la llamamos 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. (Figura 2.)

En este diagrama, la ciencia tradicional "pura", "básica" o "central" puede considerarse centrada alrededor de la inter-

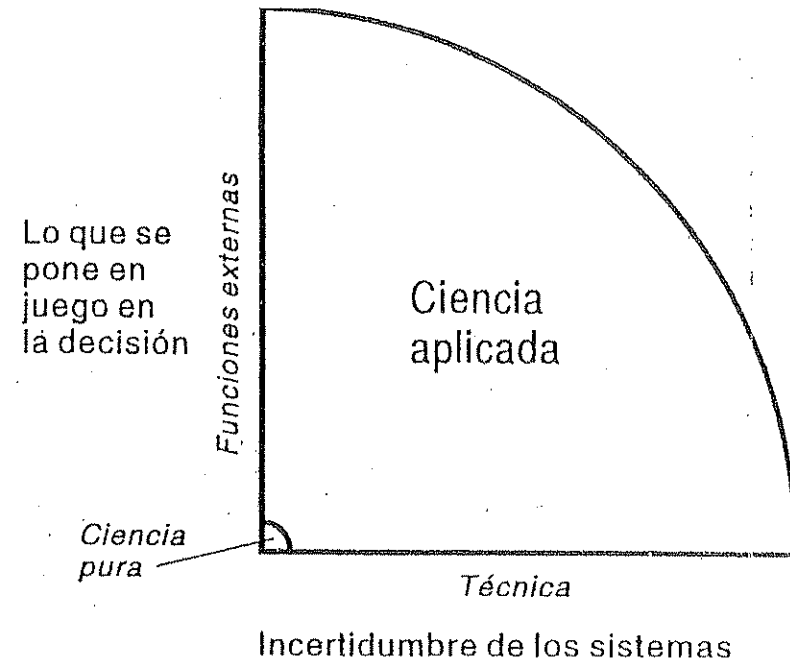


Figura 2

sección 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 involucran 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 atinente 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 la Ciencia Pura y 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 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 tomarse 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 a 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 implicancias 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 reevaluaciones 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 adver-

Lo que se pone en juego en la decisión

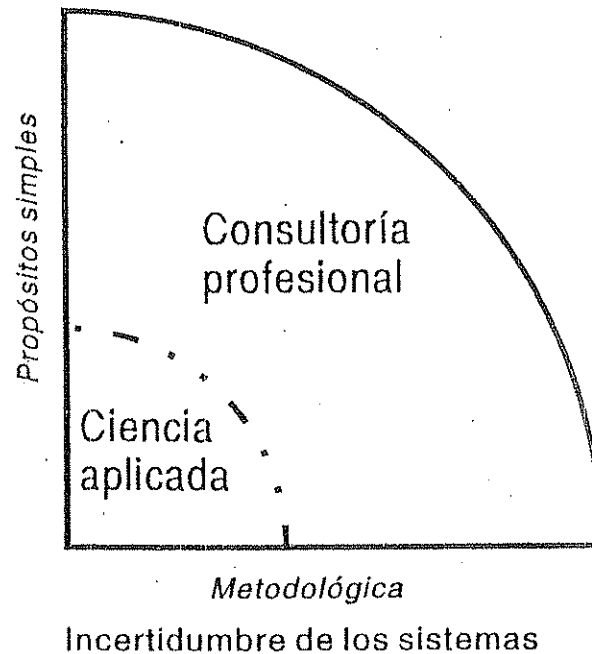


Figura 3

sas. 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.

## 6. La Consultoría Profesional

El diagrama para la Consultoría Profesional (Figura 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. Estos no pueden reducirse a una meta clara y perfectamente definida, los seres 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 según el proceso se considere seguro hasta que se lo 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 la 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 ambas, pues gran parte del trabajo ingenieril 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 comprende sólo la Ciencia Aplicada, el público puede verse confundido o desilusionado 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.

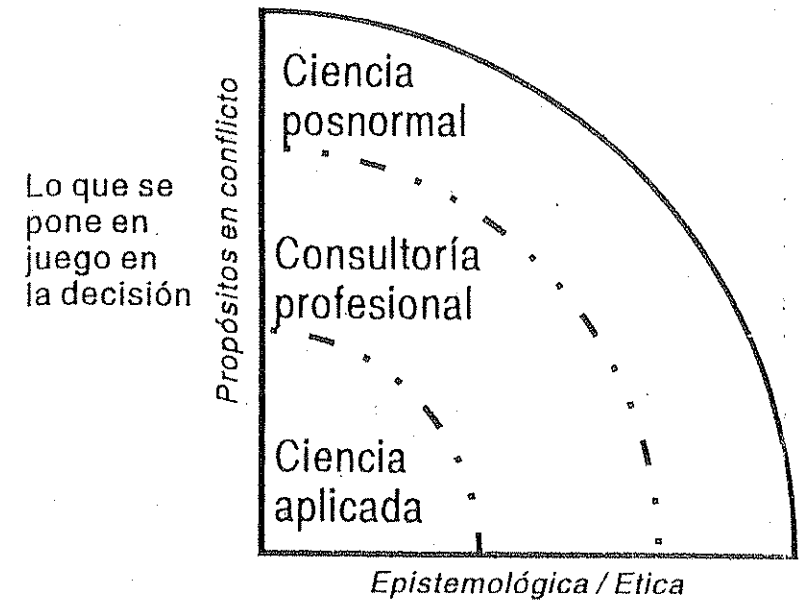
Este último fenómeno nos recuerda las diferencias en el reaseguro de la calidad que surgen cuando vamos de la Ciencia Aplicada a la Consultoría Profesional. Podemos visualizar tres componentes en la tarea de resolución de problemas: el proceso, el producto y la persona. Este es el enfoque "p al cubo" 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 árbitros 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 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; 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.

## 7. 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. (Figura 4.) Cuando nos dedicamos a un problema en la Ciencia Posnormal, tanto la Consultoría Profesional



Incertidumbre de los sistemas

Figura 4

como la Ciencia Aplicada pueden ser parte de la actividad general, pues no todos sus aspectos involucrarán una incertidumbre alta o valores en conflicto. Sin embargo, las tareas profesionales o los ejercicios de investigación aplicada no pueden dominar el proceso de toma de decisiones.

Los problemas posnormales pueden incluir un amplio componente científico en su descripción, algunas veces al punto de ser pasibles de expresarse 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 de tipo epistemológico o ético, o cuando 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 esta 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 repo-sitorio para desechos nucleares de larga data, 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 estructura 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. El factor de

terror ante los materiales nucleares, por exagerado pueda parecer desde una perspectiva científica tradicional, también es un aspecto muy real y poderoso del problema político. En este caso, aun 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; estos 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, presionadas además por la

necesidad de que los planes de mitigación deban comenzar con mucha antelación, para evitar 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 una "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 mayor 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 aquéllos 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 referato 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 al 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 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. (Salfer 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 y los activistas externos con una agenda mucho más abarcativa, 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 renovación. 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 pre-juzgar 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 el 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 considera-

dos 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 una percepción 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.

## 8. 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 toma 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.

