

# Responsabilidad social de la ciencia y la tecnología

Consideraciones éticas y políticas  
en la formación de ingenieros y tecnólogos

MARTA PALACIO SIERRA  
SILVIA JIMÉNEZ GÓMEZ  
[comp.]

# RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Consideraciones éticas y políticas  
en la formación de ingenieros y tecnólogos

---

MARTA PALACIO SIERRA  
SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ  
HÉCTOR CARDONA  
[COMPILADORES]

---

GRUPO DE INVESTIGACIÓN CTS (CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD)



Colección *Ciencia, Tecnología y Sociedad*  
Fondo Editorial ITM

RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
Marta Palacio Sierra / Silvia Inés Jiménez Gómez / Héctor Cardona [Compiladores]  
Grupo de Investigación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad)

1a. edición: diciembre de 2009  
2a. reimpresión: marzo de 2010  
3a. reimpresión: agosto de 2010  
© Instituto Tecnológico Metropolitano

ISBN: 978-958-8351-82-7  
Hechos todos los depósitos legales

Rectora (E)  
GABRIELA CADAVID ALZATE

Dirección editorial  
JAIRO OSORIO GÓMEZ

Corrección de textos  
SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ  
LUCÍA INÉS VALENCIA GARCÍA

Diseño e impresión  
L. VIECO E HIJAS LTDA.

Hecho en Medellín, Colombia

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Calle 73 No. 76A 354  
Tel.: (574) 440 51 60  
Fax: 440 52 52  
www.itm.edu.co  
Medellín - Colombia

La ciencia tiene una característica maravillosa, y es que aprende de sus errores, que utiliza sus equivocaciones para reexaminar los problemas y volver a intentar resolverlos, cada vez por nuevos caminos.

*Ruy Pérez Tamayo*

## CONTENIDO

---

PRESENTACIÓN .....	11
Capítulo 1	
LAS NOCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
<i>José Benjamín Gallego Alzate</i>	
<i>Carlos Alberto Acevedo Álvarez</i> .....	19
Capítulo 2	
2.1 SOCIEDAD, EL CONOCIMIENTO Y SUS REVOLUCIONES	
<i>Marta Palacio Sierra</i> .....	67
2.2 HITOS CENTRALES EN EL SURGIMIENTO DEL DISEÑO	
INDUSTRIAL	
<i>Raúl Alberto Domínguez Rendón</i> .....	99
Capítulo 3	
LA RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA CIENCIA	
Y LA TECNOLOGÍA: CONSIDERACIONES ÉTICAS Y POLÍTICAS	
<i>Héctor Eduardo Cardona Carmona</i> .....	115
Capítulo 4	
EL RIESGO	
<i>Juan Guillermo Rivera Berrío</i> .....	135

## PRESENTACIÓN

*Carlos López González*<sup>1</sup>

La idea de la satisfacción de las demandas sociales en materia de mejores condiciones para la vida social está asociada al avance y a la adopción de la ciencia y la tecnología como componentes de la cultura. En el caso colombiano, lo anterior significa atender tales demandas mediante la transformación de las actividades económicas tradicionales en otras de base tecnológica, a fin de generar la riqueza suficiente que permita un clima social de entendimiento y de sostenibilidad ambiental.

Para acercarnos a un diagnóstico de nuestro estado actual de avance científico y tecnológico, traigamos a colación la siguiente afirmación de Mónica Salazar, directora del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT): “Un reciente estudio sobre indicadores de ciencia y tecnología indica que, Colombia en el 2007 invirtió 1,7 billones de pesos en ciencia,

---

1 Académico Investigador del ITM. Ingeniero Eléctrico. Estudiante de doctorado en Estudios sobre Ciencia y Tecnología y Gestión de la Innovación. Miembro del Grupo de Investigación CTS del ITM.  
E-mail: carloslopez@itm.edu.co

---

tecnología e innovación; es decir, 0,4 por ciento del Producto Interno Bruto”.

De acuerdo con el estudio en mención, los países latinoamericanos están lejos de alcanzar los montos de inversión de naciones como Estados Unidos, Canadá o el bloque europeo; no obstante, Brasil es el único país del continente que supera el umbral del uno por ciento del PIB. La media de inversión en Suramérica es de 0,4%. El ideal de inversión en países de América Latina es del uno por ciento y estamos hablando del 0,4% en Colombia. Si quisiéramos ser más exactos es de 0.16% cuando se habla sólo de inversión en investigación y desarrollo.

De estos 1.7 billones de pesos que representan la inversión en I+D en el país, el 50% de la actividad es estatal y el otro 50% se deriva de iniciativas privadas nacionales. Gracias a este estudio se reconoce que Colombia no está aprovechando los recursos internacionales que apoyan el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el mundo.

Un aspecto importante que se valora en el estudio, se refiere al número de investigadores activos que están desarrollando actividades científicas. Tras realizar la primera depuración se concluyó que Colombia tiene un total de 12.000 investigadores activos en todo el país. Es decir, 273 científicos por cada millón de habitantes. Igualmente, se conoció que un total de 5.179 personas tiene título de doctor.

Uno de los indicadores más positivos que generó el estudio, consiste en el incremento de programas académicos para realizar doctorado. Mientras que en el año 2000 se presentaron 43 programas, en 2007 se registraron 73. Lo que significa que el país viene haciendo un esfuerzo importante para formar doctores, como lo explicó la directora del Observatorio Colombiano de

---

Ciencia y Tecnología. El incremento de programas de educación superior para formación del más alto nivel es del 70%. Pese al aumento de doctores en el país, el OCyT recomienda hacer un mayor esfuerzo para incrementar el número de ciudadanos que logren este título académico.

Estas cifras que se acaban de mencionar confirman la urgencia de acometer acciones educativas en materia de ciencia, tecnología e innovación, fuertemente vinculadas a demandas sociales más que a las iniciativas de las comunidades científicas.

En este sentido, el compromiso formativo del ITM, declarado en su filosofía institucional, concibe la necesidad de adoptar como eje transversal de su actividad académica el referente Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS); orientado a formar en competencias conceptuales y metodológicas a sus estudiantes en este nuevo campo de estudios. La presencia transversal de CTS en las dinámicas académicas de la Institución se materializa en la oferta de la asignatura CTS, en cada uno de los programas de formación tecnológica e ingenieril impartidos por la Institución.

EL ITM es una Institución Universitaria de carácter público y naturaleza autónoma, adscrita a la Alcaldía de Medellín; ofrece un servicio público cultural en educación superior, para la formación integral de talento humano en ciencia y tecnología, con fundamento en la excelencia de la investigación, la docencia y la extensión, que habilite para la vida y el trabajo, desde el aprender a ser, aprender a hacer, aprender a aprender y aprender a convivir, en la construcción permanente de la dignidad humana, la solidaridad colectiva y una conciencia social y ecológica.

Para el logro de su misión, el ITM destaca la pertinencia en la creación y permanencia de programas académicos de

---

formación profesional, comprometidos con los requerimientos de formación del talento humano, competente en conocimientos y desempeños, para intervenir el desarrollo local, regional y nacional. Este compromiso implica la actualización permanente de los conocimientos, la confrontación de las disciplinas, los diálogos interdisciplinarios y la transdisciplinariedad que articulen los saberes académicos con otros saberes sociales y culturales que ofrecen nuevas visiones del mundo natural y cultural.

En este sentido, el ITM adopta como suya, la acción de satisfacer no sólo las demandas sociales en materia de conocimientos en ciencia y tecnología y las consecuencias de su uso, sino también aquellos enfoques relacionados con la construcción social de la ciencia y la tecnología. Los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) están relacionados con los enfoques inspirados en el “Programa Fuerte” de la sociología del conocimiento científico, el cual considera que los resultados de la ciencia o los productos de la tecnología son socialmente construidos; es decir, que tales resultados o productos constituyen el punto de llegada de procesos contingentes en los que la interacción social tiene un peso decisivo.

Con este enfoque, se busca superar la concepción heredada de la naturaleza de la ciencia desarrollada en la Europa de entreguerras de los años 1920 y 1930 por autores como R. Carnap, O. Neurath, H. Reichenbach o C. Hempel, la cual se mantiene hasta los años 1960 y 1970. En esta tradición de pensamiento los empiristas lógicos, en general, entendían la ciencia como saber metódico; es decir, un modo de conocimiento caracterizado por cierta estructura lógica y por responder a cierto método, un método que combinaba la puesta a prueba empírica de las hipótesis y el razonamiento deductivo y se denegaba la

---

relevancia explicativa de los factores no epistémicos para dar cuenta del avance en ciencia.

En este segundo tipo de explicaciones (no epistémicas) suele incluirse todos los elementos que, de carácter cognitivo o no, son atribuibles a la situación social, profesional, psicológica y política de las prácticas científicas y tecnológicas. Por ejemplo, intereses económicos, presiones políticas, convicciones religiosas, lealtad profesional, disponibilidad instrumental, etc. Genéricamente, este último tipo de elementos son a veces llamados «factores sociales» o factores dependientes del «contexto social».

Los antecedentes de este nuevo campo explicativo se ubican en la Escuela de Edimburgo, grupo de investigación vinculado desde principios de los años 70 a la Unidad de Estudios de la Ciencia de la Universidad de Edimburgo, y formado principalmente por Barry Barnes (sociólogo), David Bloor (filósofo de la ciencia) y Steven Shapin (historiador). Este grupo constituye el origen de la investigación académica en los estudios CTS, objetivo que realizan estableciendo un “Programa Fuerte” para la constitución de una sociología del conocimiento científico.

Hoy, los estudios CTS constituyen un campo de trabajo, de carácter crítico e interdisciplinar, dedicado a estudiar la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que respecta a sus antecedentes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales. Una diversidad de orientaciones académicas, como la sociología del conocimiento científico o la historia de la tecnología, y de ámbitos de reflexión y propuestas de cambio institucional, como la ética ingenieril o los estudios de evaluación de tecnologías, confluyen en este heterogéneo campo de trabajo.

---

La asignatura CTS cuenta con un diseño por competencias. La competencia uno, pretende desarrollar en los estudiantes la capacidad para reconocer y comprender los conceptos de ciencia, tecnología, técnica y sociedad, y sus correspondientes interrelaciones, en el contexto de los estudios CTS y de la formación tecnológica. En la competencia dos, se busca que el estudiante identifique y comprenda los principales contextos históricos y culturales en los que surgen las prácticas técnica, científica y tecnológica en Occidente. La tercera competencia valida la comprensión de los fenómenos de construcción social de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea, y analiza su impacto social, aplicando referentes éticos, políticos y estéticos. Por último, la competencia cuatro analiza críticamente las decisiones técnico-científicas que generan o han generado impacto ecológico, social, cultural o económico desde las perspectivas técnicas y sociales del riesgo en procura de identificar los mecanismos que permitan una efectiva gobernanza del riesgo.

En consonancia con todo lo anterior, es muy importante reconocer, entonces, que la labor tecnológica e ingenieril del siglo XXI es ante todo una labor social y humanística; por lo que no resulta exagerado asociar al tecnólogo e ingeniero como “un estudioso social”, que está obligado a trascender los marcos meramente explicativos de la eficiencia operativa de los sistemas tecnológicos y convertirse en interlocutor válido de la sociedad y del mundo que reclama acciones sistémicas e interdisciplinarias; para enfrentar los enormes retos de destrucción ambiental y social derivadas de acciones parciales e inconexas.

Los textos que el lector encontrará en el presente libro tienen como propósito contribuir a la formación de los estu-

---

diantes de CTS en los asuntos que se han mencionado en las anteriores líneas. El libro está estructurado en cuatro capítulos, en concordancia con las competencias de la asignatura, que ya se han enunciado. Cada capítulo está conformado por varios artículos, escritos por los diferentes académicos de la institución que forman parte del grupo de investigación CTS. Esperamos que esta publicación se constituya en un significativo material de estudio y que aporte elementos de discusión y análisis dentro de la comunidad académica.

---

LAS NOCIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

*José Benjamín Gallego Alzate<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Acevedo Álvarez<sup>2</sup>*

*La ciencia de hoy parece estar atrapada en un fuego cruzado entre dos visiones opuestas del mundo. Por una parte, la ciencia es la principal herramienta de la ideología que actualmente dirige la economía mundial denominada sistema de libre mercado, orientada al crecimiento continuo y la búsqueda de riqueza individual. Por otra, la ciencia está llamada, de manera creciente, a producir conocimiento y tecnología que promueva la sustentabilidad ambiental, el desarrollo orientado hacia el bienestar de todos los pueblos y al manejo a largo plazo de los recursos. (Kananaskis Village, 1998).*

- 
- 1 Economista Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Magíster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Director del Grupo de Investigación en Gestión Tecnológica e integrante del Grupo CTS. Profesor Asociado del Instituto Tecnológico Metropolitano. E-mail: josegallego@itm.edu.co
  - 2 Ingeniero Mecánico-Universidad de Antioquia. Especialista en Gerencia de Mantenimiento-Universidad de Antioquia. Especialista en combustibles gaseosos. Universidad de Antioquia. Estudiante del doctorado en Estudios en Ciencia y Tecnología y Gestión de la Innovación Tecnológica (Convenio ITM-UPV). Director del GITER (Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas) del ITM. E-mail: carlosacevedo@itm.edu.co

El objetivo de este capítulo consiste en comprender –en su multidimensionalidad– los conceptos de ciencia, técnica y tecnología y sus complejas relaciones con la sociedad y la innovación en el contexto de los Estudios de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. Al final de la lectura del presente texto el estudiante estará en capacidad de: a) describir las características de la ciencia, la técnica, la tecnología y; b) comparar estas nociones, hallando semejanzas, diferencias, interrelaciones y complementariedad.

La educación en CTS + i (Ciencia, Tecnología, Sociedad e innovación) busca sembrar una semilla de responsabilidad social en los sectores relacionados con el desarrollo científico, tecnológico y la innovación y comprender cómo estos se revierten en el establecimiento de una sociedad más justa y sostenible para todos. En Colombia, no sólo hay conciencia del enorme desafío científico y tecnológico que enfrenta el mundo subdesarrollado<sup>3</sup>, sino que también se vienen promoviendo estrategias en los campos de la economía, la educación y la política científica y tecnológica que intentan ofrecer respuestas efectivas a ese

---

3 La brecha en expansión entre las capacidades científicas y tecnológicas de los países desarrollados y los que no han alcanzado esa condición es una de las principales manifestaciones contemporáneas de la persistencia del subdesarrollo, y también una de sus causas mayores. Esa diferencia notable en materia de conocimientos y capacidad científica y tecnológica se traduce directamente en diferencias de poder (principalmente económico, político y cultural), que permiten, por ejemplo, a algunos países aprovechar desproporcionadamente los recursos y trasladar y compartir con otros parte de los perjuicios y desechos resultantes, o también consolidar un orden internacional que impone a las economías periféricas formas de apertura comercial y financiera que las economías desarrolladas practican parcialmente, y sólo en la medida de sus conveniencias particulares (un orden mundial que globaliza la crisis ambiental y las desigualdades a escala planetaria).

desafío. Todo eso, desde luego, requiere de marcos conceptuales renovados dentro de los cuales los enfoques CTS + i pueden ser de utilidad.

Los estudios CTS en Colombia tienen como función participar y fecundar tradiciones de teoría y pensamiento social, así como estrategias educativas y científico tecnológicas que el país ha fomentado durante la última década. En particular el problema de las interrelaciones entre ciencia, tecnología, innovación y desarrollo social, con múltiples consecuencias en los campos de la educación y la política científico-tecnológica, merece colocarse en el centro de atención.

## 1. LA CIENCIA<sup>4</sup>

Es común encontrar en libros de textos sobre metodología de la investigación, en diccionarios filosóficos o enciclopédicos, entre otros, alguna definición de lo que es la ciencia. La ciencia es, por ejemplo, un sistema de conocimientos ‘verdaderos’ y probables relativos a un objeto (o grupo de objetos), obtenido bajo la aplicación de un método. Los conocimientos de la ciencia son pensamientos que, sistemáticamente ordenados, se derivan como necesidad lógica de sus antecedentes. Las matemáticas, como ciencia que actúa sobre objetos ideales, al partir de antecedentes (o principios) calificados de evidentes, ofrecen conclusiones lógicas que constituyen un conocimiento “puro” o verdadero, ya que pueden ser demostrados analíticamente; en cambio, en las ciencias fácticas (o empíricas) como la física, la

---

4 En este punto nos referimos tanto a las ciencias fácticas, empíricas como a las ciencias naturales y sociales.

química, la biología y las ciencias sociales, la necesidad lógica de la derivación es sólo probable.

Sin embargo, es necesario decir que el término ciencia es polisémico, ya que con la misma palabra se designa tanto a la actividad científica (la investigación científica), como a los resultados o productos de dicha actividad, es decir, los conocimientos acumulados; y los métodos de investigación o maneras de actuar empleadas por los científicos o investigadores (la comunidad científica); definir la ciencia es entonces aclarar cada uno de estos campos.

La ciencia también es, según León Olivé, “el mejor sistema que ha inventado el ser humano para producir conocimiento del mundo y para intervenir en él con base en ese conocimiento. La ciencia y la tecnología constituyen paradigmas de acciones y prácticas eficientes para obtener conocimiento y para transformar la realidad. Además ha desarrollado mecanismos mediante los cuales aprenden a aprender mejor y progresan constantemente” (Olivé, 2000, 13-14). En esta definición se pueden observar otras características que hacen parte de la naturaleza de la ciencia: sistema de conocimiento, paradigma de conocimiento, métodos y progreso científico. Empero, al plantearse la pregunta sobre qué es la ciencia, Olivé es de la opinión que no puede definirse; dice:

Cualquier intento de hacerlo, es decir, de establecer condiciones necesarias y suficientes que algo debe satisfacer para calificar como ciencia, corre el riesgo de abarcar demasiado o dejar muchas cosas por fuera. Éste es el problema que se ha presentado una y otra vez a lo largo de la historia de la filosofía y de la ciencia cuando han intentado formular algún *criterio de demarcación* entre lo científico y lo pseudocientífico... Pero lo anterior no

significa que no podamos tener una idea clara de qué es la ciencia, ni formas de identificarlas con precisión (Olivé, 2000, p. 27).

◆ LOS INICIOS DE LA CIENCIA

En la filosofía antigua, con Platón y Aristóteles, se fraguó una división entre la ciencia y la técnica que aún se observa en algunas posiciones filosóficas modernas (aunque con referentes distintos sobre lo que es la ciencia y la técnica). La ciencia (la *episteme*), identificada como conocimiento teórico necesariamente verdadero e inmutable, se consideraba producto de una actividad desinteresada, ya que era un fin en sí misma –la ciencia por la ciencia, el perseguir el fin que le es propio– y parte de una forma de vida culturalmente alta; es una actividad pura y digna de un ciudadano y equivalente a la vida contemplativa. En cambio, las actividades y capacidades técnicas manuales no gozaban de una buena valoración social al ser tildadas de impuras, por considerarse un conocimiento primario (empírico) de tipo inferior (*doxa*) o una aplicación subordinada de la ciencia; es dependiendo del mayor o menor grado de contenido científico, que las técnicas manuales se clasificaban como puras (capacidad cultural superior) o impuras (capacidad cultural inferior) (Medina, 2000, 12).

Un descubrimiento intelectual de los griegos fue la geometría, ciencia deductiva producto de la razón. El desprecio griego por todo trabajo manual también lleva a desdeñar toda indagación epistémica que requería ser comprobada por medio de experimentos; la ciencia empírica sería entonces, al no realizarse el trabajo práctico de la experimentación, la sistematización de los datos que nos suministran los sentidos buscando identificar

por qué ocurren las cosas. Para ilustrar esta sistematización es suficiente observar la siguiente concepción del mundo, propia de las doctrinas de Aristóteles: “la Tierra inmóvil, ocupa el centro del universo, y en torno a ella gira el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas, fijados a esferas sólidas, pero transparentes.

La Tierra y el espacio comprendido entre la Tierra y la Luna es el “mundo sublunar”, y en él reina el eterno cambio, lo accidental y lo pasajero, el movimiento y el reposo. Arriba, por encima de la esfera de la Luna, en la “región celeste”, está el dominio del éter. El movimiento es allí perpetuo y regular, y se produce en forma circular porque el círculo es considerado como la figura perfecta, puesto que vuelve siempre sobre el mismo punto” (Fingermann, 1974, 233). Es esta la concepción clásica y medieval del cosmos, fundamentada en la percepción sensible y antimatemática ya que los hechos cualitativamente determinados por la experiencia y el sentido común no se sustituyen por la abstracción geométrica. Es el sentido común medieval y aristotélico (Koyré, 1997: 185).

Los comienzos de la ciencia moderna se han fijado a partir de Francis Bacon (1561-1626), Galileo Galilei (1564-1642) y René Descartes (1596-1650) en el siglo XVII, pensadores que “estuvieron inmersos en una de las épocas de mayor crisis intelectual y que ante el desaliento y el escepticismo emprendieron, mediante los más diversos recursos teóricos, la crítica y la reconceptualización de toda una cosmología y una ideología omnicompreensiva que había vaciado a la razón de todo interrogante” (Arango, 1993). Con sus trabajos intelectuales se somete a una profunda revisión las concepciones y opiniones más arraigadas hasta entonces, con base en una forma “nueva” de interrogar la naturaleza y, por ello, de hacer ciencia. La ciencia moderna ha

surgido de las mentes de Galileo y Descartes, sus ideas y concepciones representaron una revolución, ya iniciada por Nicolás Copérnico (1473-1543) con “De revolutionibus orbium coelestium”, que implicó el abandono de las ideas del cosmos medieval; la ciencia es la raíz y el fruto de esta revolución.

La novedad de la ciencia moderna, en contraposición de la visión antigua, es posible resumirse en el método de investigación: el método experimental. El método experimental hace uso sistemático del razonamiento hipotético-deductivo, de un tratamiento matemático de la experiencia, como de la experimentación o reproducción artificial de los fenómenos estudiados. Al partir de la hipótesis y la deducción, se privilegia en la ciencia la razón más que la observación directa de los hechos; la experiencia es subordinada al razonamiento, que adopta la forma matemática.

La hipótesis no es ficción sino un enunciado del que no se sabe si es verdadero o falso, por lo que tiene el carácter de conjetura y no de certeza; es probable en el sentido de que se aproxima a la certeza. Se forma a partir de la observación de los hechos, por lo que éstos deben ser ordenados, interpretados y explicados (darles un tratamiento teórico). Los hechos de la experiencia desempeñan dos papeles en el método experimental: el primero en la formulación del problema de investigación y la explicación inicial o hipótesis; el segundo en contrastación de las consecuencias de la hipótesis.

La deducción no se utiliza en el sentido de oposición a la inducción dentro de la concepción aristotélica, sino como una nueva manera de ver estas dos operaciones, como método resolutorio y método compositivo (como análisis y síntesis). La

deducción no es categórica, es decir, que no parte de afirmar como verdadero sus principios para obtener consecuencias verdaderas, y no se reduce al silogismo. Su función, con base en un razonamiento riguroso, es obtener las consecuencias de la hipótesis para someterla a confrontación con los hechos.

El tercer elemento del método experimental es el tratamiento matemático de la experiencia. No se trata de aplicar matemáticas a la interpretación de la experiencia, se trata de expresar los problemas de la ciencia en un lenguaje de medida, dimensiones, de forma cuantitativa. La consecuencia es la representación en un mundo geométrico y abstracto. No es ahora “investigar las relaciones de sucesión o de coexistencia entre dos o más fenómenos mantenidos en su heterogeneidad; sino analizar un sólo fenómeno en sus *dimensiones* características, para determinar la relación matemática según la cual tal dimensión varía en función de otra, tomando aquélla como variable independiente. Encontrar estas “dimensiones”, es decir, las nociones abstractas que se presentan a una determinación experimental de su magnitud, tal es la tarea primera del sabio. La ciencia antigua no conocía de las magnitudes sino un muy pequeño número, y de las más banales –longitud, duración, velocidad, peso– directamente sugeridas por la percepción. Pero las magnitudes fundamentales de la física, y en primer lugar, más precisamente, las de la mecánica –fuerza, masa, aceleración– no se presentan así naturalmente a la observación y serán, en el siglo XVII, los descubrimientos de base de la nueva ciencia. Estas nociones de base han dejado de ser propiamente concretas” (Blanché, 1976, 36-38).

Por último, la experimentación, que consiste en una reproducción artificial (realizada por el hombre) del hecho

estudiado, se utiliza para saber si éste (sus resultados) concuerda con las consecuencias de la hipótesis o solución posible al problema planteado. La experimentación requiere del desarrollo de instrumentos para mediciones lo más precisa posible; y es esta necesidad un elemento que conduce a integrar la labor técnica-ingenieril, con la ciencia, y no sólo en esta perspectiva, sino porque para elaborar los equipos de medida, previamente se requería de una teoría.

El método experimental desarrolla una nueva manera de vincular el razonamiento y la experiencia, sin embargo es el razonamiento y no la experiencia y la percepción de los sentidos, el que está a la cabeza del método; la ciencia es a priori y la construcción teórica predice los hechos. La experiencia se aleja de lo sensible cediendo paso a una reducción algebraica; su veredicto tiene sentido como respuesta a una cuestión planteada. La aplicación del método requiere además del rigor en las medidas de las dimensiones y, para ello, de instrumentos que lo posibiliten.

La ciencia es un conocimiento constituido por razonamientos que se refieren a un determinado objeto. Los razonamientos son concatenaciones de juicios que conforman un sistema de pensamiento o teoría. El fin de la ciencia es teórico, esto es, aspira a comprender y explicar los fenómenos a través de la postulación de las leyes a que éstos obedecen. La explicación científica clásica consiste en la búsqueda de las causas y condiciones que determinan los fenómenos; por ello es universal y objetiva. La objetividad quiere decir que la ciencia se corresponde a los hechos, o sea, no hay participación de valores o aspectos subjetivos en el hombre de ciencia; el científico debe ser imparcial y dominar sus sentidos, deseos e

intereses, y debe actuar de manera crítica. La universalidad del conocimiento científico estriba en el hecho de buscar obtener conceptos generales a través de la abstracción, que reduce los datos múltiples de los sentidos a un número limitado de principios con los cuales se explican los fenómenos. La opinión es contraria a la ciencia pues ella no tiene la posibilidad de universalidad.

♦      SOBRE EL POSITIVISMO LÓGICO

El positivismo lógico, que versa sobre el conocimiento científico, es una postura o perspectiva epistemológica que busca “purificar” de todo pensamiento metafísico y teologizante a la ciencia y elaborar una concepción científica del mundo; procura eliminar de las ciencias todas las categorías conceptuales que no posean equivalente en la experiencia sensible. Aunque se reconoce la existencia de esta corriente desde el siglo XIX, su representante “estrella” es el Círculo de Viena, conformado en los años veinte y treinta del siglo XX en Europa central; sin embargo es en los Estados Unidos de Norteamérica donde en los años treinta se institucionaliza con mayor fuerza la filosofía analítica de la ciencia, que incluso aspiraba a hacer de la filosofía una ciencia exacta. La meta común, el consenso, es la ciencia libre de toda metafísica. ¿Qué significa lo anterior y cuál es la propuesta de ciencia?

En general, el positivismo lógico considera a la metafísica como una forma de pensar especulativa en la que sus enunciados son carentes de sentido (sin significado y con contenido sentimental) porque no son contrastables dada la ausencia de afirmaciones empíricas; esto es, no tienen la capacidad de ser verificados. La reflexión sobre “la cosa en sí” Kantiana, el pensamiento escolástico, los mismos conceptos de espacio y tiempo

absolutos, así como el idealismo alemán, el apriorismo moderno, entre otras, etc., son catalogados de metafísicos al carecer de contenido empírico. Por ello, para el Círculo de Viena, “la tesis fundamental del empirismo moderno se basa en la negación de la posibilidad de conocimiento sintético a priori. La concepción científica del mundo solamente conoce enunciados experimentales sobre los objetos de todo tipo, y los enunciados analíticos de la lógica y las matemáticas” (Neurath y Carnap, 1929, 6), estos últimos útiles en el pensamiento correcto y riguroso.

Son dos las características que constituyen la naturaleza de la ciencia en esta corriente. En primer lugar, la ciencia es empírica y positiva (en el sentido de la palabra latina *Possitum*, que significa puesto a la vista y a la mano) y, en segundo lugar, tiene un sólo método. El positivismo es un conjunto de reglas que rigen el saber humano, y está en contra de todo conocimiento que no pueda fundar sus conclusiones sobre datos de la experiencia o, también, que formulan los juicios de forma tal que no puedan ser refutados por datos empíricos; por ello prescribe no utilizar términos a los que no le corresponda experiencia alguna, pues ésta es el límite para el contenido de la ciencia legítima (no existe ninguna realidad de las ideas que esté sobre la experiencia).

Sobre la unidad del método, se basan en la certeza de que las formas de adquisición de un saber válido son esencialmente los mismos para todas las parcelas de la experiencia, sea esta natural o social; no existe diferencia en los métodos del conocimiento del mundo. Aún más, se proponen reducir todas las áreas del saber a una sola ciencia: la física; los enunciados de las ciencias deben traducirse al lenguaje de la física.

El positivismo da un gran papel en la ciencia al análisis lógico. Este análisis es el responsable de desenmascarar los

pseudoproblemas y transformarlos a problemas empíricos para, posteriormente, someterlos al juicio de la ciencia experimental.

El metafísico y el teólogo creen, erróneamente, que afirman algo con sus enunciados, creen representar un estado de cosas. Sin embargo, el análisis (lógico) muestra que estos enunciados no tienen sentido, sino que son sólo la expresión de una actitud hacia la vida. Expresar tales cosas puede ser seguramente una tarea significativa para la vida; sin embargo el medio adecuado para ello es el arte, por ejemplo: la lírica o la música (Neurath y Carnap, 1929, 5).

Otras ideas positivistas sobre la ciencia, son:

- No se rechaza la intuición, es decir la forma de obtener conocimiento a través de los sentidos, como fuente de conocimiento, pero se le exige a sus descubrimientos justificación racional, que resistan la prueba de la contrastación.
- La meta es la ciencia unificada. Procura conciliar los trabajos de investigadores individuales con los demás campos de la ciencia, a través del trabajo colectivo, la comprensión intersubjetiva, el desarrollo de un sistema de conceptos, y de un sistema formal neutral; es la unificación de la ciencia vía purificación de conceptos y su dilucidación por medio del análisis lógico (logística).
- La ciencia es una empresa de investigación teórica, o sistema teórico conceptual constituida por enunciados que se consideran leyes científicas. El sistema de enunciados debe satisfacer determinados criterios lógicos, como son el tener sentido o ser verificable. Estos elementos son criterios de demarcación entre la ciencia y lo que no es ciencia.

- El proceso científico se concibe como aumento lineal y acumulativo de conocimiento, siendo las observaciones objetivas de los fenómenos naturales el árbitro de la teoría científica. La historia de la ciencia “tendría como función mostrar el desarrollo siempre progresivo del conocimiento científico, desarrollo logrado mediante un progreso gradual de añadidura de conceptos nuevos al caudal creciente de los conocimientos científicos, así mismo debería señalar los obstáculos que impedían esa acumulación” (Duque, 1997, 40).
- La ciencia como conocimiento racional superior, está desligada de la tecnología, que es entendida como ciencia aplicada.

♦ LA TEORÍA DE LA CIENCIA DE KARL POPPER

La filosofía de la ciencia de Karl Popper, su racionalismo crítico, se inscribe en la perspectiva normativa, enfoque que tiene como propósito prescribir un conjunto de normas a priori para la práctica científica correcta y la promoción del progreso científico. El sentido de la ciencia es, según Popper, proponer explicaciones para los problemas planteados y someterlas a la crítica con el fin de descubrir y eliminar el error.

Las tesis centrales del empirismo lógico fueron sometidas a crítica por Popper al defender la falsación teórica como metodología de evaluación de hipótesis, las teorías contra la verificación defendida por los del Círculo de Viena, el método hipotético-deductivo contra la inducción. La teoría de las ciencias de Popper, “está ligada al intento de construir un enfoque puramente deductivo de la ciencia, a su visión de la evolución de las teorías y al aumento del conocimiento, al criterio de falsación

y demarcación” (Redman, 2005, 120). Para señalar las nociones básicas de Popper, se representa a continuación el proceso de la ciencia en cuatro etapas.

El problema inicial: La ciencia parte de un problema, estableciendo un punto de vista que conduce a la observación y experimentación. La razón de este planteamiento es criticar y rechazar la inducción. La inducción es “la argumentación que emplea premisas que contienen información acerca de algunos elementos de cierta clase de fenómenos, con el objeto de apoyar una generalización referente a dicha clase en su conjunto que sea, por tanto, aplicable a elementos no-examinados del conjunto” (Blaug, 1985, 134), en términos concretos: la inducción consiste en que a partir de los hechos particulares se pueden crear teorías generales. Son varios los elementos que conducen a Popper rechazar la inducción. En primer lugar, es imposible observar si de antemano no definimos que observar; sin problema no hay observación, por ello “no existen los “hechos en bruto, todos están cargados de teoría” (Blaug, 1985, 33). En segundo lugar, la inferencia inductiva no es lógicamente concluyente pues, utilizando el ejemplo de Popper sobre los cisnes, no tenemos la certeza de observar siempre cisnes blancos; no es posible verificar un enunciado universal; en cambio, las leyes universales si pueden ser falsadas, al existir un hecho que la refute, como sería la observación de un cisne negro.

Los intentos de solución: Las teorías científicas son propuestas o intentos de solución que se formulan con el propósito de ofrecer explicaciones al problema que inquieta. El método de explicación causal de las ciencias es la deducción; ésta proporciona argumentos demostrativos con posibilidades de falsación,

por medio de la corroboración de las consecuencias prácticas de la teoría con los hechos y la experimentación.

Popper propone a los hombres de ciencia que formulen teorías audaces, de forma que puedan ser corroboradas o refutadas por la experiencia pública. La explicación deductiva y la referencia a los hechos, determinan la magnitud del contenido lógico y empírico de una teoría. El contenido lógico de una teoría se refiere a “*su masa deductiva*, es decir, la cantidad o clase de las proposiciones que se pueden *deducir lógicamente* a partir de la teoría en cuestión, pueda designarse el contenido empírico de una teoría como la cantidad o clase de proposiciones empíricas prohibidas; es decir, como la cantidad o clase de proposiciones empíricas que entra en contradicción con la teoría” (Popper, 1994, 37). Una teoría sin contenido empírico cae en el ámbito, según Popper, de la metafísica; las teorías científicas deben ofrecer consecuencias que sean posibles de refutar empíricamente.

La objetividad de las teorías proviene de la formulación de las teorías de manera que permiten su discusión y tratamiento público al ser expuestas al racionalismo crítico. “Todo aquel que haya aprendido el procedimiento para comprender y verificar las teorías científicas puede repetir el experimento y juzgar por sí mismo” (Popper, 1994, 386); el repetir y poder juzgar por sí mismo, significa que la ciencia es objetiva en cuanto exista la intersubjetividad del método científico, debido a su carácter público.

La eliminación del error: El acuerdo intersubjetivo conduce a la objetividad en las teorías científicas, sin embargo, objetividad no es sinónimo de verdad. Nos aproximamos a la verdad, es decir, progresamos científicamente, cuando elimi-

namos el error de nuestras explicaciones hipotéticas; por esta razón la intersubjetividad es temporal y la objetividad relativa a esa intersubjetividad. Ahora, una teoría científica es errónea cuando se revela como falsa, y, en cambio, cuando una teoría pasa con éxito una prueba, tampoco significa que sea verdadera, sino que es una aproximación plausible y temporal a la verdad. El método de eliminación del error es el racionalismo crítico.

El racionalismo crítico resulta de la actitud científica crítica y la actitud racionalista. La actitud racionalista consiste en recurrir siempre a la razón en la resolución de los problemas; racionalismo “es una actitud en que predomina la disposición a escuchar los argumentos críticos y aprender de la experiencia, consiste en admitir que “yo puedo estar equivocado y tú puedes tener razón y, con un esfuerzo, podemos acercarnos los dos a la verdad” (Popper, 1994, 392-393). La actitud científica crítica resulta de la cooperación, la intersubjetividad y la objetividad científica; es la posición de criticar todo, de experimentar y juzgar libre, eliminando las diferencias de tipo verbal y toda pretensión de autoridad.

Es en los intentos de eliminación del error donde toma mayor significado el análisis deductivo y la formulación de teorías audaces. La falsabilidad es un principio lógico que invita a la construcción teórica con gran contenido deductivo y empírico; pero la crítica a este nivel también debe dar cuenta de la construcción de las premisas y si las conclusiones se derivan como consecuencia lógica. En la deducción, es un razonamiento lógico negar el consecuente para así negar el antecedente, desde “un punto de vista estrictamente lógico, nunca podemos afirmar que una hipótesis es necesariamente cierta porque esté de acuerdo con los hechos; al pasar en nuestro razonamiento de la verdad

de los hechos a la verdad de la hipótesis, cometemos implícitamente la falacia lógica de 'afirmar el consecuente'. Por otra parte, podemos negar la verdad de una hipótesis en relación con los hechos, porque al pasar en nuestro razonamiento de la falsedad de los hechos a la falsedad de la hipótesis invocamos el proceso de razonamiento, lógicamente correcto, denominado "negar el consecuente" (Blaug, 1985, 34).

El nuevo problema: Para Popper lograr refutar una teoría es un éxito científico. En primer lugar porque se elimina el error al ser descartada una hipótesis falsa; en segundo lugar porque se obtiene un nuevo problema más rigurosamente planteado. El nuevo problema surge de la discusión crítica racional, es decir, nace de un contexto teórico; el nuevo problema es intrateórico.

Popper advierte que por medio de la lógica inductiva que garantice la probabilidad de las hipótesis no se puede establecer la verdad de una teoría; por ello propone su metodología de la falsación.

#### ♦ LA PERSPECTIVA DE LA CIENCIA DE THOMAS KUHN

La concepción de las ciencias de Thomas Kuhn se enfrenta con la visión acumulativa del desarrollo científico del positivismo lógico (también denominado empirismo lógico o neopositivismo), y al falsacionismo de Popper. Sostiene que no existe en la historia de la ciencia un proceso que se parezca a la metodología de demostrar la falsedad de una teoría, con base en la comparación directa con la naturaleza. Kuhn duda de que exista la falsación en las ciencias.

Algunos conceptos fundamentales de su construcción teórica son: ciencia normal, paradigma (matriz disciplinar),

revolución científica, ciencia revolucionaria, comunidad científica, e inconmensurabilidad. Entiende a las ciencias como constituidas por las teorías científicas que incluyen las leyes y sus aplicaciones, los ejemplos paradigmáticos, la comunidad científica y sus convicciones y creencias. Para Kuhn existen dos maneras de hacer ciencia, denominadas como ciencia normal y ciencia extraordinaria (revolucionaria, que sucede cuando ocurren las revoluciones).

La ciencia normal “consiste en la investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior” (Kuhn, 1992, 33). En las comunidades científicas, que las entiende como el grupo de quienes practican una especialidad científica, las realizaciones son modelos de los que surgen tradiciones investigativas y que, si sus logros no tienen precedentes y si dejan muchos problemas para resolver por el grupo científico, es identificado como paradigma.

Paradigma es todo aquello que comparte una comunidad científica. Kuhn da varios sentidos a esta categoría (Kuhn, 1992, 279-287): la matriz disciplinar y los ejemplos compartidos. En el primer sentido, se trata de una constelación de compromisos compartidos, tales como las generalizaciones simbólicas (definiciones, leyes), criterios para la selección de problemas, creencias, heurística, valores compartidos (exactitud, margen de error, sencillez, coherencia interna, entre otros). El segundo sentido es el de modelo o patrón, esto es, realización científica, de solución concreta de problemas. Compartir un paradigma significa que las investigaciones están sujetas a las reglas, normas, valores comunes, requiere además de la “plena

## BIBLIOGRAFÍA

- (IPCC), G. I. (2008). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra.
- Arias M., M. (2003). Democracia y sociedad del riesgo. Deliberación, complejidad e incertidumbre. *Revista de Estudios Políticos (Nueva Época)*, 122, 233-268.
- Bechmann, G. (2004). Riesgo y sociedad post-moderna. En J. L. Luján, & J. Echeverría (Edits.), *Gobernar los riesgos: Ciencia y valores en la sociedad del riesgo* (págs. 17-34). Madrid: Biblioteca Nueva.
- Beck, U. (2006). *La irresponsabilidad organizada*. Recuperado el 2007, de <http://inicia.es/de/cgarciam/Beck01.htm>
- Beck, U. (1998 (1986)). *La Sociedad del Riesgo: Hacia una Nueva Modernidad*. (J. Navarro, D. Jiménez, & B. M. Rosa, Trads.) Barcelona: Paidós.
- Beck, U., Giddens, A., & Lash, S. (1997 (1994)). *Modernización reflexiva. Política, tradición y estética en el orden social moderno*. Madrid: Alianza Universidad.
- Beriain, J. (1996). *Las consecuencias perversas de la humanidad*. Barcelona: Anthropos.
- Bernoulli, D. (1954 (1738)). Exposition of a new theory on the measurement of risk. *Econometrica*, 22 (1), 23-36.
- Calisesi, Y., Bonnet, R.-M., Gray, L., Langen, J., & Lockwood, M. (Edits.). (2006). Solar Variability and Planetary Climates. *Space Science Reviews journal*, 125 (1-4), 1-476.
- Caplan, P. (2000). *Risk Revisited*. London: Pluto Press.
- Carrasco, J. F. (2008). *La coexistencia sigue siendo imposible: Testimonios de la contaminación*. Greenpeace España.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *La gobernanza europea: un libro blanco*. Bruselas.

- Covello, V., & Wolf, S. (2003). The Seven Cardinal Rules of Risk. *Water Environment & Technology*, 15, 8-9.
- Douglas, M. (1999). *Implicit Meanings: selected essays in anthropology*. London: Routledge.
- Douglas, M. (1973 (1966)). *Pureza y Peligro: un análisis de los conceptos de contaminación y tabú*. Madrid: Siglo XXI.
- Douglas, M. (1993). Risk as a Forensic Resource. En E. J. Burger (Ed.), *Risk* (págs. 1-16). Michigan: University of Michigan Press.
- Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture. An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press.
- Echeverría, J. (2007). Gobernanza de la sociedad europea de la información. *CTS*, 3 (8), 67-80.
- Hansson, S. O. (1994). *Decision Theory*. Stockholm: Royal Institute of Technology.
- Hansson, S. O. (2004). Philosophical perspectives on risk. *Techné*, 8 (1), 10-35.
- Hansson, S. O. (2005). The epistemology of technological risk. 9 (2), 68-80.
- Herrick, C., & Sarewitz, D. (2000). Ex Post Evaluation: A More Effective Role for Scientific Assessments in Environmental Policy. *Science, Technology & Human Values*, 25 (3), 309-331.
- Hirst, P. (2000). Democracy and Governance. En J. Pierre, *Debating governance: Authority, seering and democracy* (págs. 13-35). Oxford University Press.
- Huygens, C. (1675). *The value of all chances in games of fortune; cards, dice, wagers, lotteries, &c. Mathematically Demonstrated*. London: S. Keiner.
- Kahneman, D., & Novemsky, N. (2005). The boundaries of loss aversion. *Journal of Marketing Research*, 42, 119-128.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1991). Loss aversion in riskless choice: a reference-dependent model. *The Quarterly Journal of Economics*, 1039-1061.

- Kasperson, R., & Perkins, G. (2005). Social amplification. *Invited Lecture at National Taiwan Normal University*.
- Khademian, A. M., & Feldman, M. S. (2007). The Role of the Public Manager in Inclusion: Creating Communities of Participation. *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions*, 20 (2), 305-324.
- Korthals, M. Neither Golden Nugget nor Frankenstein. The need to Re-embed Food Biotechnologies in Sociocultural Contexts. En F. Thiele, & R. E. Ashcroft (Edits.), *Bioethics in a small world* (págs. 23-31). Berlín.
- Lianos, M., & Douglas, M. (2000). Dangerization and the end of deviance: The institutional environment. *British Journal of Criminology*, 40, 261-278.
- Lindzen, R. S. (2008). Is the Global Warming Alarm Founded on Fact? En E. Zedillo (Ed.), *Global Warming: Looking Beyond Kyoto*. Brookings Institution Press.
- López Cerezo, J. A., & Luján, J. L. (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza Editorial.
- López Cerezo, J. A., & Luján, J. L. (2005). *La convivencia cotidiana con la incertidumbre*. Recuperado el 2006, de <http://www.oei.es/salactsi/cerezolujan.htm>
- Luhmann, N. (2007). Riesgo y peligro. En J. Beriain, & M. Aguiluz (Edits.), *Las contradicciones culturales de la modernidad* (págs. 358-403). Barcelona: Anthropos.
- Luhmann, N. (2002). *Risk. A sociological Theory*. New Jersey: Transactions Publishers.
- Lupton, D. (1999). *Risk*. London: Routledge.
- Mandelman, M. (2004). Teorema de Bayes: ¿El prejuicio hecho ciencia? *Revista argentina de cardiología*, 72 (4), 290-292.
- Mariotte, M. (2004). What did we learn from Three Mile Island? *Nuclear Monitor* (605-606), págs. 1-4.
- Meacham, B. J. (2004). Understanding Risk: Quantification, perceptions and Characterization. *Journal of Fire Protection Engineering*, 14, 199-227.

- Muñoz, E. (2004). Europa y Estados Unidos: Actitudes diferentes ante los OMG. *Quark* (33), 31-38.
- Muñoz, E. (2002). Los medios de comunicación y los alimentos modificados genéticamente: conflicto entre conocimiento e información. *Seminario sobre "Nuevos Alimentos"* (págs. 1-24). Soria: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC: Unidad de Políticas Comparadas.
- Oswald Spring, Ú. (2001). *Transgénicos: efectos en la Salud, el Ambiente y la Sociedad. Una Reflexión Bioética*. Recuperado el 2008, de <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num3/art2/>
- Popper, K. (1997 (1994)). *El cuerpo y la mente*. Barcelona: Paidós.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO4, medio ambiente para el desarrollo*.
- Reith, G. (2004). Uncertain Times: The notion of 'risk' and the development of modernity. *Time & Society*, 13 ((2/3)), 383-402.
- Renn, O. (1999). A Model for an Analytic Deliberative Process in Risk Management. *Environmental Science & Technology*, 33 (18), 3049-3055.
- Renn, O. (2006). Participatory processes for designing environmental policies. *Land Use Policy*, 23, 34-43.
- Renn, O. (1998). The role of risk perception for risk management. *Reliability Engineering and System Safety*, 59, 49-62.
- Renn, O. (2005). *White paper on risk governance : Towards an intergrative approach*. Genève: International Risk Governance Council.
- Rhodes, R. (1997). *Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity, and Accountability*. Buckingham: Open University Press.
- Rodríguez Zabaleta, H. (2007). *Dinámicas de constitución del riesgo: una propuesta composicional para gobernar los riesgos (Tesis doctoral)*. Donostia: Universidad del País Vasco.

- Rohrmann, B. (2006). *Cross-cultural comparison of risk perceptions: Research, results, relevance*. <http://www.acera.unimelb.edu.au/materials/conferences.html>.
- Rosa, E. A. (2003). The logical structure of the social amplification of risk framework (SARF): Metatheoretical foundation and policy implications. En N. Pidgeon, R. E. Kasperson, & P. Slovic (Edits.), *The social amplification of risk* (págs. (pp. 47-79)). Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosa, E. A. (2006). The Sky is Falling; The Sky is Falling... It Really is Falling! . *Contemporary Sociology*, 35, 212-217.
- Sarewitz, D. (2004). How science makes environmental controversies worse. *Environmental Science & Policy*, 7, 385-403.
- Sarewitz, D., & Pielke, R. (1999). Prediction in science and policy. *Technology In Society*, 21, 121-133.
- Shrader-Frechette, K. (1995). Evaluating the Expertise of Experts. *Risk*, 6 (115), 115-126.
- Shrader-Frechette, K. (1997). Hydrogeology and framing questions having policy consequences. *Philosophy and Science*, 64, 149-160.
- Shrader-Frechette, K. (2005). Property Rights and Genetic Engineering: Developing Nations at Risk. *Science and Engineering Ethics*, 11 (1), 137-149.
- Shrader-Frechette, K. (1988). Risk Assessment and Uncertainty. *Philosophy of Science Association*, 2, 504-517.
- Sjöberg, L. (2002). Perceived information technology risks and attitudes. *SSE/EFI Working Paper Series in Business Administration*, 5.
- Sjöberg, L., Moen, B.-E., & Rundmo, T. (2004). Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research. *Rotunde*, 84, 1-39.
- Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science* (236), 280-285.
- Slovic, P., & Weber, E. (2002). Perception of Risk Posed by Extreme Events. *Risk Management strategies in an Uncertain World*, (págs. 1-21). New York.

*Responsabilidad social de la ciencia y la tecnología*  
se terminó de imprimir en agosto de 2010.

Para su elaboración se utilizó papel Bond de 90 g,  
en páginas interiores, y propalcote 250 en la carátula.  
Fuente tipográfica: Cooper Lt BT para texto corrido, en 10,2 puntos.