



La ética frente a las

nano ciencias y tecnologías

Fernando Sancén y Anita Gramigna

Colección Teoría y Análisis



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO División de Ciencias Sociales y Humanidades

los autores...

Fernando Sancén Contreras, profesor-investigador y fundador de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ha construido una ética inspirada en el proceso y la creatividad, trayendo a la ética el Proceso creativo propuesto por Alfred North Whitehead desde las ciencias físicas. La aplicación de esta ética a la nanotecnología le ha valido ser reconocido como miembro activo de *NANOETHICS*, grupo de expertos que asesora a la Unión Europea en asuntos de ética para las tecnologías emergentes, especialmente las nanociencias y nanotecnologías. Ha desarrollado su trabajo docente en torno a la epistemología, a la filosofía de la ciencia, a la ética, y ha colaborado como profesor en numerosas universidades del país. Ha enriquecido la explicación del conocimiento humano con los avances más recientes de las neurociencias. Ha dictado numerosas conferencias sobre estos temas en universidades de México, Alemania, Italia, Dinamarca. Sus libros más recientes: *La realidad en proceso de ser real* (2003). *La dimensión ética del desarrollo científico y tecnológico* (2004). *La Ética y los avances recientes de la ciencia y la técnica* (2005). *Aportaciones al estudio de la cosmovisión* (2010). En proceso de publicación: *Una ética para el futuro*, y *Epistemología para la enseñanza*.

Anita Gramigna es profesora de pedagogía social en la Universidad de Ferrara y docente del Doctorado europeo con mención de calidad en Huelva y Granada (España). Colabora con revistas especializadas y con casas editoriales de carácter internacional. Es miembro del consejo editorial de la revista *Éthos educativo*, del comité de redacción de la revista *Argumentos de razón técnica* de Sevilla (España), y del comité científico para la *Colección Biblioteca de Filosofía y Educación* de la editorial Plaza y Valdés. Desarrolla actividades científicas y didácticas en prestigias universidades de América Latina y de España. El Consejo Científico del Museo de Historia de la Educación de la Universidad de Sevilla la nombró en el 2011 Profesora Honorífica del Museo por su alta contribución en el campo de la etnología y de la epistemología de la educación. El Comité Científico del CEINCE en Berlanga del Duero (España) la nombró (2012) Embajadora Europea de la Cultura Escolástica y de la Investigación Educativa para la Promoción Humana y el Derecho Universal a la Instrucción. La Asamblea General de la Sociedad Castellana-Leonesa de Historia de la Educación de la Universidad de Salamanca (España) la nombró Profesora Honoraria por su contribución con sus estudios al campo de la hermenéutica educativa. Ha publicado, entre otras obras: *Pedagogía solidaria. La formación en la marginalidad*, en colaboración con M. Righetti (2006); *Estética de la formación. La belleza en el conocimiento*, en colaboración con M. Righetti y Carlo Rosa, (2008); *Democracia de la educación* (2010); *Hermenéutica de la educación*, en colaboración con C. Pancera (2012), y *Epistemología de la formación en el presente tecnocrático* (2012).

LA ÉTICA FRENTE
A LAS NANOCIENCIAS
Y LAS NANOTECNOLOGÍAS

Esta publicación de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, fue dictaminada por pares académicos externos especialistas en el tema.

Primera edición en italiano, junio 2011
Título original: *L'éthos al tempo delle nanotecnologie*
ISBN: 978-88-400-1493-7
Edizioni Unicopli
Milán, Italia

Primera edición en español, 6 de junio de 2013

DR © 2013 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud
Coyoacán, C.P. 04960, México, D. F.
pubcsh@correo.xoc.uam.mx

ISBN: 978-607-477-931-8
ISBN de la colección Teoría y Análisis: 978-970-31-0929-6
Impreso en México / *Printed in Mexico*

La ética frente a las nanociencias y las nanotecnologías

Fernando Sancén Contreras y Anita Gramigna



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector general, Enrique Fernández Fassnacht

Secretaria general, Iris Santacruz Fabila

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector, Salvador Vega y León

Secretaria de Unidad, Patricia E. Alfaro Moctezuma

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Director, Jorge Alsina Valdés y Capote

Secretario académico, Carlos Alfonso Hernández Gómez

Jefe de publicaciones, Miguel Ángel Hinojosa Carranza

CONSEJO EDITORIAL

José Luis Cepeda Dovala (presidente)

Ramón Alvarado Jiménez / Roberto M. Constantino Toto

Sofía de la Mora Campos / Arturo Gálvez Medrano / Fernando Sancén Contreras

COMITÉ EDITORIAL

Carlos Andrés Rodríguez Wallenius (presidente)

Verónica Alvarado Tejeda / Aleida Azamar Alonso

Felipe Gálvez Cancino / Ignacio Gatica Lara

Laura Patricia Peñalva Rosales / Alberto Isaac Pierdant Rodríguez

José Alberto Sánchez Martínez / Jaime Osorio Urbina / Araceli Soní Soto

Asistencia editorial: Varinia Cortés Rodríguez

Diseño de portada: Irais Hernández Güereca

Imagen de portada: Cuadro de Fiorenza Bertelli

Índice

PRESENTACIÓN	9
INTRODUCCIÓN. La trama cambiante: la relación	
ciencia-sociedad en el mundo contemporáneo	11
Las implicaciones formativas en la sociedad	14
Capítulo I. La relación dinámica	21
Construir la ciencia.	21
La interacción entre ciencia y sociedad	23
La energía que crea	27
El principio del dinamismo.	30
Ser dueños de la propia mente	31
Las promesas maravillosas.	37
Capítulo II. La ciencia: ícono del presente	43
La relación con el mundo	43
<i>Ethos</i> y ciencia de última generación	46
La construcción del conocimiento	50
Estética y relación en el pensamiento científico.	54
Somos nuestro conocimiento	59
Nuevas metas para la formación	63
Capítulo III. La sociedad	67
El origen.	68
Como un organismo.	70
Innovación y trans-formación.	73
El indiscreto atractivo de la ciencia	78
La crisis de la educación científica.	80
Ciudadanía científica y democracia cognitiva	84

Capítulo IV. El espacio creativo	87
Un mundo nuevo	88
Ciencia y progreso	91
Los retos de la nanotecnología	93
Infinitamente pequeño	96
El juego de las cajas chinas	102
Capítulo V. Las nanotecnologías, hacia la construcción de una nueva ética	107
El poder del saber	107
Una ética dinámica	110
La nanoética	113
Donde los valores se hacen realidad	116
Bibliografía	123

Presentación*

ESTE LIBRO RECOGE LA EXPERIENCIA y los resultados de numerosos años dedicados a la docencia y la investigación de la doctora Gramigna, en la Università Degli Studi di Ferrara, y del doctor Sancén, en la Universidad Autónoma Metropolitana. La educación y la relación entre el conocimiento humano y la sociedad han sido los temas principales del trabajo realizado por los autores al menos durante los últimos 20 años. Sin embargo, el dinamismo de la ciencia, manifestado recientemente en las nanociencias, fue el pretexto para profundizar en las implicaciones estéticas y éticas de dicha relación. Eso los obligó a presentar también, de manera accesible sin renunciar a la exigencia teórica, algunos puntos que consideramos centrales tanto de la epistemología como de la ontología. Para conformar y concluir este libro, los autores realizaron un trabajo común en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO), en la maestría en comunicación del Gobierno del Estado de Chiapas y en la UAM de la ciudad de México, y lo continuaron durante una estancia de investigación en el Internationales Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW) de la Universidad Eberhard Karls de Tübingen, en Alemania, durante los años 2010 y 2011.

Si bien el texto completo es responsabilidad de ambos autores, los temas fueron trabajados y profundizados de manera individual. Fernando Sancén trabajó *La relación dinámica* (capítulo I), *La sociedad* (capítulo III) y los dos primeros temas del capítulo V: *El poder del saber* y *Una ética dinámica*; Anita Gramigna, *La ciencia, ícono del presente* (capítulo II) y *El espacio creativo* (capítulo IV), además de los dos últimos temas del capítulo V: *La nanoética* y *Donde los valores se hacen realidad*. No obstante, el lector apreciará la unidad de la estructura, su conexión recíproca y los significados únicos a lo largo del libro, que expresan un arduo trabajo conjunto en el que analizaron y discutieron los aspectos de la creativa relación ciencia-sociedad, sobre la que giran todos los capítulos.

* Esta obra fue publicada en italiano bajo el título: *L'éthos al tempo delle nanotecnologie*, Edizioni Unicopli, Milán, 2011.

Estamos seguros de que la lectura de este libro despertará en quienes lo hojeen un gran interés y hará surgir dudas pertinentes que servirán para continuar con el urgente conocimiento y la profundización de los temas aquí abordados.

Introducción

La trama cambiante: la relación ciencia-sociedad en el mundo contemporáneo

Allá abajo hay muchísimo espacio

Richard Feynman

LOS EFECTOS DE LA FAMOSA FRASE del galardonado con el Premio Nobel, Richard Feynman,¹ refiriéndose al diminuto mundo donde se constituyen las moléculas, se hacen cada día más patentes en nuestra sociedad (2000:98). El control de la naturaleza a nivel atómico y molecular y la miniaturización de los componentes, que directa o indirectamente hacen funcionar los aparatos que utilizamos, se expresan actualmente en el terreno de las nanociencias y las nanotecnologías. El trabajo de investigación y desarrollo a nanoescala y sus resultados son hoy la expresión quizá más clara, determinante y dinámica del cambio que desde siempre ha causado el conocimiento del mundo –visto inicialmente como ciencia– sobre la sociedad. Vivimos una verdadera revolución, que se concreta en nuevas formas de comprender la naturaleza y en nuevas formas de utilizarla en beneficio del ser humano, lo cual está generando cambios radicales en nuestro mundo. A esto se añaden nuevas formas del quehacer científico, como el trabajo interdisciplinario causado por la escala (nanoescala) en que se realizan la investigación y el desarrollo (I+D) de las nanociencias y las tecnologías.²

Los cambios que introducen y que introducirán masivamente las nanociencias y las nanotecnologías fueron la inspiración para escribir este libro, que presenta el trabajo hecho a partir de la epistemología, la ética y la ontología, seguidas de sus ineludibles implicaciones educativas para la sociedad, la escuela y la formación de investigadores.

¹ R. P. Feynman (1918-1988) fue uno de los grandes físicos del siglo xx; en 1955 fue reconocido con el Premio Nobel de Física.

² El trabajo de I+D a nanoescala se refiere al que se realiza dentro del margen de uno a cien nanómetros. Un nanómetro equivale a una milmillonésima parte de un metro (10^{-9}). Las *nanociencias* y las *nanotecnologías* se refieren al estudio y la manipulación de la materia en dimensiones atómicas y moleculares en las que se conforman estructuras propias de la materia que observamos en la vida cotidiana. Por su manipulación se obtienen nuevos materiales y nuevas estructuras con propiedades diferentes.

El cambio que la ciencia y la tecnología provocan en nuestras vidas incluye estas cuatro dimensiones de nuestra reflexión, porque nos sorprende su dinamismo y porque, paradójicamente, al mismo tiempo favorece una actitud pasiva en el hombre actual. Ha sido común pensar que la ciencia es asunto de los científicos; de hecho, se nos ha transmitido una imagen mítica de la ciencia atribuyéndole una verdad absoluta con la que se nos impone su aceptación acrítica. Sin embargo, es evidente que la ciencia ha aportado una transformación tan acelerada y repentina en la sociedad contemporánea que de alguna forma ha generado en ella una pasividad frente a los cambios que aporta. Aquí radica el problema del que nos ocuparemos a lo largo del libro.

Creemos que se reflexiona poco acerca de la incidencia que tiene la ciencia en los procesos que conforman a la sociedad y, menos aún, sobre los inevitables cambios que tiene su influencia determinante, tanto en las nuevas fronteras del conocimiento como en la formación emergente. En casi todos los países existen comités de ética que se ocupan de estudiar y hacer propuestas a los diferentes grupos, primero de científicos y tecnólogos y luego a las élites políticas y económicas, acerca de las repercusiones que conllevan determinadas investigaciones en campos muy precisos, por ejemplo, en el manejo de las células madre o la producción masiva de organismos genéticamente modificados (OGM). Sin embargo, ese trabajo, aunque reviste gran valor, se limita al ámbito de lo político o social y se centra solamente en algunos proyectos de investigación, mientras que la sociedad civil permanece al margen de las decisiones con respecto al desarrollo y la innovación de la ciencia y la tecnología. Esto tiene importantes efectos en la vida de los individuos que sufren las consecuencias.

Sostenemos que en el origen de esta situación se encuentra el hecho de considerar a la ciencia como neutra en términos morales y sociales, porque se supone que persigue solamente la verdad; en contraste con lo anterior, afirmamos que la ciencia es la construcción de explicaciones acerca del mundo donde se desenvuelve la vida del ser humano. Además, la ciencia moderna construye dicho conocimiento sirviéndose exclusivamente de la razón para elaborar hipótesis que necesariamente son sometidas a prueba por medio de la experimentación, la cual otorga los criterios para aceptar como válida la hipótesis sometida a comprobación. Dado que la ciencia y la tecnología (cyt) son construcciones teóricas elaboradas por el hombre a lo largo de su historia, nos hemos propuesto señalar algunas de las bases teóricas con las que los miembros de la sociedad mundial pueden participar para determinar la dirección de la investigación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Dicha participación es, a nuestro juicio, una responsabilidad moral de cada individuo hacia su entorno y hacia su desarrollo personal. Insistimos en referirnos a la sociedad mundial –aunque los cambios son claramente visibles en cualquier grupo social de cualquier parte del planeta–, porque la ciencia y la

técnica tienen actualmente un carácter de universalidad, aunque tanto su conocimiento como su aplicación se ejercen de manera diferenciada.

A lo largo del libro ofrecemos algunos de los elementos que consideramos imprescindibles para analizar y comprender el dinamismo que se observa entre los resultados de la ciencia y los cambios que sufre la sociedad, así como sus repercusiones sobre la educación. No nos referimos a la educación que se limita a los periodos o a los procedimientos formales, en escuelas y universidades, sino a la que es proyectada hacia todos los individuos, a lo largo de la vida de cada uno, como un fenómeno de enriquecimiento personal –de *autopoiesis*³– por medio de la permanente construcción, revisión y renovación de conocimientos y valores acerca del mundo; es una educación que se vincula con la responsabilidad que todo individuo tiene hacia sí mismo y hacia su entorno, que le otorga una proyección moral a partir de la ciencia y la técnica. A lo largo del libro utilizamos deliberadamente distintos términos que en el lenguaje especializado guardan diferencias entre sí, como ciencia y tecnología, ciencia, técnica, tecnociencia, tecnología, etcétera, porque consideramos que a pesar de que se pueden señalar algunas diferencias respecto de su significado, coinciden en lo que para nosotros es determinante de acuerdo con la orientación de este libro: todos estos términos se refieren a un universo teórico que explica la naturaleza y ordena dicho conocimiento para guiar y potenciar la acción del hombre sobre la naturaleza misma, bien sea por medio de conocimientos prácticos o por aparatos contruidos mediante la aplicación de dichos conocimientos, que transforman y optimizan la misma naturaleza. Presentamos por ello las consecuencias que la relación entre conocimiento del mundo y acción sobre él tienen para el hombre de hoy, explicamos también la vinculación entre la ciencia –ese universo racional que da razón del mundo– y el mismo conocimiento humano, señalamos que el conocimiento acerca del mundo que percibimos gracias a nuestros sentidos, tiene como origen, eje y término al mismo ser humano. Así pues, partimos de un supuesto que pone en el centro de la existencia al sujeto mismo, sumándonos a una visión diversa del dualismo tradicionalmente aceptado entre el sujeto y el objeto, entre mundo material y mundo teórico, entre materia y espíritu.

³ Por *autopoiesis* entendemos, basados en la más antigua tradición griega, la capacidad de “hacerse a sí mismo”. Vemos por eso que la educación está lejos de ceñirse solamente a la transmisión de conocimientos y al aprendizaje de los mismos; por el contrario, cobra una dimensión equivalente a la existencia misma del ser humano.

Las implicaciones formativas en la sociedad

La relación entre ciencia y sociedad ha implicado siempre una educación a nivel social, no sólo por la influencia recíproca que las modifica, sino también porque esta relación condiciona el comportamiento colectivo, el imaginario social, el conocimiento mismo, las ideas y los valores, como lo hemos señalado. Edgar Morin se suma a esta idea diciendo que la ciencia “es también una parte de la sociedad que lleva consigo, hologramáticamente, a la sociedad misma” (1992:62).

Es evidente que tal relación, por su misma naturaleza, es epistémica; es decir, comprende tanto a la estructura de la ciencia como a la de la sociedad; por tanto, se refiere a los procesos de construcción, organización y divulgación del conocimiento, lo cual es al mismo tiempo un problema educativo y exquisitamente filosófico. Pero, al mismo tiempo, tiene que ver con las relaciones dinámicas que determinan históricamente a la sociedad.

Por otra parte, hoy más que nunca la ciencia y la tecnología representan un ícono identitario de la civilización occidental gracias a que llevan a sus últimas consecuencias –últimas mas no definitivas– las premisas de la ciencia originada por Galileo, Bacon, Descartes, ya sea por el poder persuasivo, primero pragmático y luego simbólico, de la tecnología. No puede negarse que la utilización masiva de la informática, del celular –sin listar los nuevos logros de la biotecnología y la bioquímica– o los nuevos instrumentos para el diagnóstico médico, de los fármacos, etcétera, conllevan una especie de “pedagogía social” que comporta nuevos comportamientos, sugieren nuevas formas de expresión estética, evocan valores, identidades, lenguajes, estilos de conocimiento... Pero los objetos complejos que llenan los sueños de los jóvenes y que se imponen en la cotidianidad de la vida social forman también una geografía espacio-temporal y sobre todo valorativa que debe ser descifrada, comprendida, descrita para que podamos todos, a cualquier edad, orientarnos, elegir, actuar libremente; pero sobre todo para actuar con una competencia crítica que nos permita realizar nuestra elección con base en una jerarquía de valores.

De lo anterior deriva la reflexión que proponemos acerca de la ética; es nuestra intención interpretar el “fenómeno ciencia” según una clave de lectura: la clave de la ética, tomando en cuenta que desde su origen la ciencia moderna plantea la cuestión ética: el nuevo saber encuentra en sí mismo el fin del conocimiento y descarta cualquier juicio de valor con base en el supuesto de que dicho conocimiento es empírico y racional, asumiendo un paradigma lógico disyuntivo. A partir del siglo xvii, el *logos* de la ciencia no hablará el lenguaje moral sino el de la matemática: la nueva ciencia se ocupa de los fenómenos según un juicio de precisión y de previsibilidad sosteniendo que dicho

lenguaje es objetivo y universal. Más aún, postula un orden soberano en los fenómenos naturales, una estabilidad y una previsibilidad, cuyo principio de inteligibilidad habría sido desvelado por las leyes, de acuerdo con Descartes. Fuera de las leyes de la naturaleza, el conocimiento no es científico, por lo que éste tiende a imponer objetividad y orden a lo subjetivo, a lo cualitativo, al caos, a lo imprevisto; en una palabra, a lo complejo (Bocchi y Ceruti, 1985). De esa manera la realidad queda “reducida” a los principios de inteligibilidad lógica, que exaltará a las taxonomías y a las clasificaciones como instrumentos exactos para explicar lo real. Creemos que es interesante estudiar –en el sentido derridano de la deconstrucción (Derrida, 1971)– las retóricas, las narraciones y toda la literatura que surge en torno a las nanotecnologías, en cuanto que ellas son el producto más dinámico de la ciencia contemporánea. Nos parece estimulante comprender la estructura del discurso, es decir, el mecanismo con el que este nuevo universo de símbolos llamado “nanotecnología” llega a determinar al dinamismo ciencia-sociedad y se impone, diría Foucault (2009), con un sentimiento de verdad; además, el problema de la verdad históricamente ha sido asociado con el de la ética, lo cual nos lleva nuevamente a la educación. Sin embargo, si tomamos en consideración la revolución “nano”, habría que señalar que sin duda la tendencia atomística y dicotómica que hemos señalado ha favorecido su éxito; los productos técnicos de la ciencia han abierto perspectivas de solución, ciertamente extraordinarias, a los problemas de la humanidad. A esta paradoja se añaden otras, completamente particulares de la nanociencia, paradojas que aportan nuevos modelos de pensamiento. Por ejemplo, vemos en la nanotecnología una reconversión de la percepción cuantitativa a la que nos hemos habituado: lo pequeño es inmensamente grande y su valor científico, técnico y económico es mayor cuanto más pequeño es. Descubrimos entonces que lo pequeño es enorme no sólo por su valor –científico, económico y técnico– y por su poder para manipular la naturaleza, sino que es enorme también por el gran número de moléculas pequeñísimas con las que se puede trabajar en la escala nanométrica. Por esto pensamos que la lógica aristotélica de la no contradicción debe ser integrada a una lógica diferente en la que puedan convivir los contrarios. Más aún, debemos aprender a pensar que el mundo “nano” implica la elaboración de reglas de procedimientos diferentes porque al manipular la materia a escala nanométrica cambian las propiedades de la misma materia; así, trans-formamos la realidad y también trans-formamos el pensamiento.

Sin embargo, “la transformación de la realidad y la transformación de la sociedad se entremezclan y se alimentan recíprocamente” (Morin, 1992:274). El deslizamiento de esta nueva actitud, de esta nueva forma de ver la realidad, inaugurada por la ciencia moderna respecto del sentido común, ha modificado los valores de la sociedad. En toda teoría científica, como detrás de la elaboración de cualquier producto tecnológico, están

los postulados metafísicos, las posturas ideológicas, los paradigmas científicos y las epistemologías implícitas. La educación ha de tomar en cuenta esta sutil pedagogía social, las ideologías implícitas, así como los productos aportados por la ciencia contemporánea, y deberá elaborar una epistemología que ayude a comprender el funcionamiento de nuestro pensamiento y cómo se transforma al contacto con el nuevo ambiente tecnológico en el que nos encontramos. Éste es el objetivo del libro, pues estamos convencidos de la necesidad de fundamentar una epistemología que oriente la educación hacia la interpretación eficaz de la relación ontológica que se da entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, porque esta relación tiene importantes implicaciones éticas, más aún, sostenemos que tiene mucha relación con su misma construcción.

La escuela participa de este gran reto formativo proponiendo modelos educativos orientados hacia un saber tecnocrático, ya que esto le exige el mercado neoliberal (Gramigna, 2006). Conviene que la instrucción proporcione los alfabetos de la tecnología que es utilizada; conviene también que ayude a los jóvenes a construir un saber acorde con el mundo que habitamos y con sus rasgos económicos. Sin embargo, esa formación no ayuda a comprender el sentido de las cosas, el significado profundo de la tecnología, el horizonte existencial que nos da, a pesar nuestro. Es perjudicial porque ese tecnicismo elemental priva a los jóvenes de la posibilidad de orientarse en el universo simbólico multiforme en el que vivimos y de reconocer en él los trazos de su significado. Esta “tecnoinstrucción” los hace acríticos y, en consecuencia, menos libres; en última instancia, los priva de la posibilidad de expresar sus opciones éticas. Ésta es una de las tantas paradojas de la complejidad: la tecnología ha ampliado la libertad para disponer de los satisfactores que la humanidad requiere, y construir otros nuevos, y ahora sugiere una formación tecnocrática orientada hacia prácticas acríticas, hacia competencias veloces de rápida obsolescencia, hacia instrumentaciones conceptuales, culturales y cognitivas atomizadas e hiperespecializadas en un tiempo breve, un tiempo veloz y oprimente que no permite plantear interrogantes de fondo acerca del sentido de las cosas. Parece sugerir una educación asfixiada y poco libre, y también una investigación científica hiperespecializada, atomizada, dispersa y solipsista.

Pensamos que la educación se dirige a un saber complejo, hacia mapas cognitivos flexibles, hacia estrategias abiertas, hacia un método que “aprende” –para citar una feliz expresión de Bachelard (1977)–, hacia un pensamiento conectivo que se refiere a un conocimiento fundado en la ontología de la relación. La centralidad de la relación nos lleva a reconsiderar de manera crítica los principios de la disyunción y de la exclusión, así como la parcialidad de los conocimientos. Nos referimos a un tipo de saber “mestizo” y a una epistemología abierta a las contaminaciones (Valleriani, 2009), y postulamos la convergencia de las ciencias con las disciplinas humanísticas. Por esto creemos

que también es útil valorar la competencia lingüística y narrativa en su vertiente metafórica. Creemos que todo el pensamiento comprendido en la ciencia y la tecnología se sirve de representaciones para explicar los fenómenos, y que utiliza lenguajes que son estructurados según lógicas específicas a las que llamamos “gramáticas”. Tal densidad simbólica se diferencia, más que por los procedimientos y los productos, por su amplio espectro interpretativo o por la autoconciencia, en sentido epistemológico, de los distintos terrenos del conocimiento. Por tanto, un conocimiento de la naturaleza simbólica y representativa del procedimiento tecnocientífico y de sus mitos y lenguajes, así como una competencia narrativa para escuchar y para hablar, pueden ayudar en el proceso de construcción de un conocimiento adecuado para la ciencia actual. En efecto, todo el pensamiento, incluso el científico y el experimental, se sirve de representaciones y símbolos cuyas estructuras organizativas y epistemológicas deben hacerse inteligibles ante todo para los mismos investigadores que las adopten, y luego a quien consuma los productos de la técnica.

Con frecuencia la ciencia, aunque está desarrollada bajo un perfil tecnológico, no es consciente de la naturaleza representativa de sus procedimientos e informes. En consecuencia, manifiesta una suerte de carencia epistemológica de los procesos de construcción, organización y descubrimiento del conocimiento y acerca de su pertinencia. Esto tiene consecuencias evidentes sobre la práctica científica, porque la estructura y la naturaleza del discurso condicionan los procedimientos científicos, determinan su heurística, vinculan las preguntas que nos hacemos y las respuestas que buscamos. Resulta, por tanto, importante obtener una competencia epistemológica, y particularmente una epistemología del pensamiento que subyace en las representaciones elaboradas desde el lenguaje científico cuando se refiere al conocimiento tecnológico emergente. Aquí radica la importancia de la aparición de un amplio espectro semántico en las metáforas utilizadas en la literatura científica sobre la nanotecnología; y, más aún, la urgencia de obtener los códigos de lectura que organicen el discurso social y científico sobre las nanociencias y sobre sus resultados. La complejidad fenomenológica de la subjetividad puede servirse de tal competencia, la cual puede hacer frente a los límites del reduccionismo abstracto, de la objetividad, pero al mismo tiempo puede utilizar las explicaciones. Sabemos que los científicos no necesariamente son epistemólogos, pero creemos que esta disciplina o, mejor aún, esta mirada crítica puede orientar eficazmente en el conocimiento del sentido profundo que tiene su propia labor. Muchos científicos perciben claramente esta exigencia sobre todo ahora que la nanociencia les impone, a ellos y a todos nosotros, competencias transversales, aproximaciones múltiples e interdisciplinarias, códigos “mestizos” de lectura del mundo, métodos de análisis flexibles. Este libro apunta justamente hacia esta dirección, inspirado en tal exigencia.

Evidentemente, estos nudos se deshacen a la luz de una epistemología, adoptando una postura de partido ante algunas ideas centrales: la naturaleza sistémica del sujeto, la relevancia práctica de la epistemología, la ontología de la relación.

Esta prospectiva “ecológica” valora a la estética,⁴ ante todo “metodológicamente”, sabiendo que tal sensibilidad nos alienta a pensar en las conexiones internas de los fenómenos —así como en las interrelaciones que las ubican en sus propios contextos— y en la posibilidad de una revisión constante de unos y otros desde una mirada prospectiva y sistémica del saber; en suma, es un conocimiento complejo que considera al investigador mismo dentro del contexto que es el objeto de su análisis.

Nuestro planteamiento teórico se presenta, por un lado, desde la epistemología batesoniana que deriva de la centralidad ontológica de la relación propuesta por A. N. Whitehead y, por otro lado, desde la sociología del conocimiento que Peter Berger y Thomas Luckmann, Edgar Morin y otros connotados autores han enriquecido con sus aportaciones. Se trata de una pedagogía hermenéutica orientada hacia la comprensión de una educación que busca la construcción de criterios o principios, las claves de lectura, los puntos de referencia que nos ayuden a interpretar el presente. Para esto resulta fundamental la lección de Foucault (2002): la epistemología concreta de lo contemporáneo como obra de descubrimiento ideológico —diafanización de las estructuras que lo sostienen, análisis rigurosos—, porque el fin ético de la educación sólo puede mirar la acción crítica de un pensamiento de tal manera que le permita reflexionar sobre sí mismo, que sea capaz de abandonar orientaciones propias y construir nuevas. Expresamos la complejidad del mundo en que vivimos refiriéndonos al *ethos*. En la época de las nanotecnologías, en efecto, el *ethos* implica creatividad, conciencia crítica y sabiduría epistemológica, como lo señalaremos más adelante.

El lector podrá apreciar en este libro una alternancia entre la reflexión filosófica y las exigencias de una educación que tome en cuenta las implicaciones que trae la ciencia y la técnica sobre la sociedad. Presentamos para ello breves referencias filosóficas en torno al conocimiento humano que une al individuo con la ciencia misma (epistemología); acerca de la constitución misma de lo que existe (ontología), y las implicaciones que sobre el mundo tiene la acción humana, es decir, acerca de la ética. Insistimos en entender la ética más allá de un sistema de normas, además de considerarla desde una perspectiva histórica centrada en el ser humano. Esto nos lleva a ver al hombre como el origen único de las normas que guían su acción, y a explicar la íntima relación que

⁴ Nos referimos a la estética como una parte de la filosofía que aborda el problema de “lo bello”, pero siguiendo a Bateson (2004), consideramos que la estética versa sobre el estudio de los procesos por medio de los cuales la “belleza” es creada y reconocida, y esto sucede también en la actividad científica y tecnológica.

une a la ciencia con la ética, toda vez que aquélla genera y ha generado nuevos valores, nuevas costumbres, nuevas normas. Con esto pretendemos proporcionar al lector un marco conceptual –un universo simbólico– que le sea útil para comprender los cambios determinantes que recibe la sociedad y que son generados por la ciencia y la tecnología, para realizar un análisis con objeto de asumir su propia responsabilidad. Presentamos también una reflexión que busca invadir el espacio creativo y reflexivo de cada persona, dada su vinculación existencial con los resultados de la ciencia y la tecnología, vinculación que observamos en los hombres de ciencia, en los científicos sociales, en los pedagogos, en los padres de familia, maestros, capacitadores, profesores, comunicadores, etcétera. Insistimos en la centralidad del sujeto en toda reflexión y análisis, especialmente en lo que concierne a la dimensión ética de la ciencia y la tecnología frente a la sociedad. De esta manera proponemos, más allá de lo propio de la relación entre ciencia y sociedad, una ética dinámica centrada en el individuo, una ética creativa que recoja la esencia misma del ser humano, es decir, su capacidad para hacerse él mismo, proporcionándose un entorno favorable a su existencia.

Estamos seguros de que el lector descubrirá que la ciencia determina al individuo; que construye vivencias éticas, que lo remite a lo bello, a la estética, y que necesariamente invade el terreno de lo político, lo social, lo económico, lo artístico, en la medida en que la ciencia determina radicalmente el futuro del hombre y de la sociedad.

LOS AUTORES

Capítulo I

La relación dinámica

Construir la ciencia

EL HOMBRE CONTEMPORÁNEO vive en un mundo por él construido. Todo lo que nos rodea ha sido arrebatado a la naturaleza para lograr con ello nuestro bienestar. La misma naturaleza refleja la acción del hombre hasta en los sitios más inaccesibles: hoy la naturaleza muestra un rostro que el hombre le ha impuesto, a veces distorsionándola. Nuestra vida no puede ser lo que ahora es sin los aparatos electrodomésticos, sin la energía eléctrica, sin nuestros medios de transporte y de comunicación, sin los cultivos que nos alimentan, sin medicamentos, sin la conducción y tratamiento del agua; no podemos imaginar nuestras vidas sin los equipos, las instalaciones, los aparatos que hacen llevadero el trabajo y la vida en general, sin nuestras diversiones, etcétera. Pero esos cambios que el hombre ha introducido en la naturaleza para obtener una vida más cómoda y realizar sus labores con menos esfuerzo han trascendido al hombre mismo, porque el hombre ha cambiado junto con los cambios que ha introducido en la naturaleza. En efecto, nuevas formas de trabajo, nuevas formas de vida se han sucedido a lo largo de la historia de la humanidad, derivadas de la acción que el hombre ha ejercido sobre la naturaleza. Todo esto ha tenido su origen en la apropiación que el hombre ha hecho de la forma como se comporta la naturaleza; tras conocer su forma de ser ha sido capaz de prever la sucesión de fenómenos naturales para controlarlos y dirigirlos. El conocimiento del hombre sobre la naturaleza —que se traduce en poder para manipularla— ha sido el origen de los cambios en la sociedad, de tal manera que hoy vivimos una época que es única en el contexto del desarrollo histórico de la humanidad, porque está marcada por la intervención del hombre en la misma conformación de la materia, y por ello experimenta cambios radicales en sí mismo y en la sociedad en que vive. Nos referimos a la manipulación atómica, a la manipulación genética y, sobre todo, a la manipulación nanométrica que actualmente es posible realizar en los procesos mismos por los que se genera el mundo material que podemos observar. Vivimos una época en la cual más que nunca el conocimiento de la naturaleza se vuelve poder para transformarla, pero también para

someter a otros individuos. El conocimiento es el valor fundamental sobre el que gira nuestra sociedad, y en el mercado produce inmensas ganancias. El conocimiento de la naturaleza —llamémosle “ciencia”—, conocimiento que no es sólo teoría sino “saber hacer las cosas”, es decir, el saber práctico, la “técnica”, se comporta hoy como un gran poder que se extiende sobre toda la sociedad; ante todo, quizá por su ausencia, sobre los más marginados.

En efecto, nuestro mundo tecnificado se caracteriza por su diversidad y ella misma entraña la marginación, pues la diversidad siempre tiende a concentrar el poder y la riqueza en manos de unos cuantos; así acentúa cada vez más la marginación de gran parte de la población mundial, del disfrute de los bienes a los que como ser humano debería tener acceso. Este poder actualmente procede del conocimiento sobre la naturaleza, es decir, la ciencia y la técnica son la mayor fuente de riqueza y poder. De hecho, el control de la ciencia y la técnica es el principal factor que conforma y transforma nuestra sociedad y a todos los individuos que la componen.

No obstante, no es usual reflexionar acerca de los problemas de nuestra actual sociedad desde la perspectiva de la ciencia. Pareciera que la ciencia y la sociedad son dos cosas diferentes. Es más fácil estudiar y explicar las características y alcances de los conflictos sociales desde la perspectiva de los intereses de aquellos grupos e individuos que ahí están involucrados y, por el contrario, resulta difícil ir más allá de los conflictos sociales para analizar el origen de los intereses de dichos individuos, omitiendo con frecuencia el análisis estructural en el que la ciencia y la técnica juegan un papel determinante. Sin embargo, los hechos nos muestran que vivimos en una época en la cual la ciencia y la técnica, por una parte, y la sociedad, por la otra, se confunden. Es tal esta confusión que la ciencia y la técnica raramente son tomadas en cuenta ni siquiera para el análisis de los conflictos bélicos internacionales, aun cuando los intereses económicos en juego se originan en la técnica misma. Además, la ciencia ha estado marginada de la reflexión ética alegando que los problemas morales y éticos se plantean en la aplicación del conocimiento científico y tecnológico, no en su generación. Sin embargo, la ciencia está en los tejidos más profundos de nuestra sociedad, forma parte de la vida misma de los individuos, y éstos son también, en cierta medida, resultado de la ciencia y la técnica. En consecuencia, se impone un análisis de la relación que guardan entre sí la ciencia y la sociedad, la cual está obligada a conocer los mecanismos que la constituyen y la modifican, y uno de ellos, sin duda hoy el más importante, es la ciencia y su consecuente: la técnica. Se impone la necesidad de realizar un análisis de esta relación para tener alguna idea de la dimensión y la naturaleza que tiene la presencia de la ciencia en la sociedad. ¿Cómo analizar esta relación? A continuación nos proponemos fundamentar, primero, su existencia misma para proponer después una explicación que dé sentido a la influen-

cia que observamos de la ciencia sobre la sociedad, y en seguida abordar su carácter de universalidad desde la perspectiva misma de quien conforma tanto a la ciencia como a la sociedad, es decir, el sujeto mismo.

La interacción entre ciencia y sociedad

Un hecho que se impone de inmediato por lo dicho hasta ahora es la vinculación que existe entre la ciencia y la sociedad. Decimos, por tanto, que ambas guardan una estrecha relación entre sí. Ahora bien, en general toda reflexión acerca de la relación versa necesariamente sobre la presencia misma de los términos que la componen. En nuestro caso, ninguno de estos términos tiene una existencia concreta, sino que son conceptos los que utilizamos para referirnos a objetos que no son directamente perceptibles como tales, sino que responden a un conjunto de acciones unidas por un nexo común, por lo cual les otorgamos una existencia en nuestra vida real. Así, concebimos a la sociedad como una red construida para servir al interés de cada individuo que la conforma; el individuo, mediante su integración activa en ella, consigue satisfactores que no podría obtener si prefiriera aislarse de sus semejantes. Esto lo explica Hegel claramente cuando se refirió al “sistema de necesidades” en su *Filosofía del derecho* (1985:189). Por otro lado, la ciencia denota un conjunto de conocimientos obtenidos mediante su propio método, que es racional y que los pone a prueba constantemente, conocimientos que para el hombre constituyen una forma de explicar y ver al mundo y de actuar sobre él.

La ciencia, en efecto, se concibe hoy como un gran conjunto de información racionalmente válida acerca del mundo, de la que el hombre se sirve bajo la forma de medios y herramientas para transformar la naturaleza conforme a sus intereses, cada vez con mayor fuerza y poder. No nos referimos solamente a las herramientas poderosas o a los aparatos de gran sensibilidad, sino también pensamos en todos los medios que la ciencia proporciona en terrenos tan disímolos como la medicina, la informática, la robótica, la ingeniería genética, los materiales, los aparatos, los vehículos, las comunicaciones, el espacio aéreo, el mejoramiento del ser humano a través de prótesis o sustancias especialmente fabricadas para ello, entre otros muchos. Todas estas áreas constituyen el conjunto de información acerca del comportamiento y control de la naturaleza misma, y de todas ellas echa mano el hombre para integrarlas a su vida en busca de su propio beneficio.

Además de esta disponibilidad que ofrece la ciencia para transformar la naturaleza, además de las posibilidades que actualmente se expanden para mejorar la naturaleza misma de los individuos, especialmente en el hombre contemporáneo, la ciencia conforma

su manera de pensar e interpretar el mundo que lo rodea, de relacionarse con sus semejantes; de forma determinante, la ciencia determina la visión del mundo que tiene cada individuo en nuestras sociedades. El gran poder que el hombre ha conseguido sobre la naturaleza con frecuencia es criticado aduciendo una visión catastrofista de sus aplicaciones y resultados: se denuncian los riesgos reales o posibles que traen consigo la ciencia y la técnica; en nombre de una ética que se considera vigente se pretende detener el avance de la investigación científica y tecnológica para evitar dichos riesgos. Todo esto constituye un elemento más para reconocer la existencia de un universo de conocimientos —la ciencia—, presente en la sociedad, ya no sólo como aparatos y equipos, de los cuales no podemos prescindir, sino también como una forma de pensar acerca del mundo, del hombre, de cómo construir su vida y su futuro. Estamos ante un elemento que se hace patente en la mentalidad de numerosos grupos que no necesariamente pertenecen a la comunidad científica, sino que conforman la sociedad en general.

Por otra parte, no se puede ignorar la estructura social y cultural conformada por las grandes inversiones de dinero en instalaciones, equipamiento, investigadores, técnicos, publicaciones, etcétera, que en conjunto constituyen el medio donde se desarrollan las investigaciones y, por tanto, el de la ciencia y la técnica. Con ello se obtiene el conocimiento científico, es decir, la explicación racional del mundo que nos rodea. Esto último constituye otro elemento para reconocer —quizá con mayor claridad— la existencia de una estructura que responde al concepto de *ciencia* y que la sociedad acepta como tal.

Otro elemento que podemos aducir para acotar el terreno de la ciencia y su presencia activa en la sociedad consiste en la presencia de numerosos cambios en la vida del hombre actual, que serían inexplicables si no fuera por la introducción del conocimiento científico en forma de insumos utilizados por la misma sociedad. Baste señalar dos ejemplos —aunque podrían multiplicarse de manera abundante—: el primero lo tomamos de la píldora anticonceptiva, generalizado su uso en la sociedad occidental en la década de 1960. Se trata de un compuesto químico obtenido a través del conocimiento científico tanto de los elementos anabólicos como de su absorción por el organismo femenino, y el control de los resultados que todos conocemos. Su introducción en la sociedad ha traído un cambio en la forma de concebir y de vivir la sexualidad humana dejando de considerarla únicamente como medio de reproducción. Además, el papel de la mujer en la sociedad actual debe mucho a esta nueva forma de pensar la sexualidad, aunque, por otra parte, en el ámbito laboral habría que tomar en cuenta que la técnica motriz ha hecho desaparecer casi completamente aquellas actividades que requieren de gran fuerza física al introducir maquinarias automáticas que suplen la fuerza humana, y con ello dan paso a que la mujer realice actividades productivas, anteriormente destinadas sólo a los varones por la fuerza que éstas requerían y, por tanto, eran atribuidas a

su género. Es innegable que estamos ante un cambio social introducido por el resultado de la investigación científica y tecnológica, cambio que implica modificaciones en el cuerpo de la mujer, pero también en la forma de ver a la mujer, a la sexualidad en general, que ha reducido los índices de natalidad en casi todas las sociedades que habitan nuestro planeta.

El segundo ejemplo, más reciente, lo vemos en la conexión a través de la internet de innumerables individuos que intercambian información permanentemente. La construcción de poderosas computadoras con gran capacidad de almacenamiento y velocidad de procesamiento de datos ha sido posible por la utilización del silicio y los diseños microelectrónicos para conformar los circuitos que procesan y almacenan dicha información. Nuestro medio ha sido radicalmente modificado porque la vida de numerosos individuos está sujeta a la utilización de dichos equipos y de la conexión entre ellos. En concreto, queremos referirnos a la forma en que actualmente se trabaja con dichos equipos sin que sea necesario acudir físicamente a los lugares de trabajo. Está floreciendo el empleo a distancia, ya no importa la presencia en una oficina, ni siquiera la pertenencia a un país. En otras palabras, la sociedad actual empieza a introducir nuevas formas de trabajo que evitan el desplazamiento físico a un lugar común, con las consecuencias que esto entraña para el transporte, la vida familiar, etcétera. Hasta aquí nos hemos ocupado de justificar la presencia de la ciencia en la sociedad, pero, ¿también es posible que la sociedad influya en la ciencia, en la actividad científica y tecnológica?

La dirección opuesta en la relación vigente entre la ciencia y la sociedad es también un hecho si se toma en cuenta la reacción que la comunidad científica manifiesta sobre los problemas que enfrenta la sociedad. Por ejemplo, el gran trauma que significó para la humanidad la explosión de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki, del que despertó para tomar conciencia de la relación estrecha de la ciencia con la sociedad. Hoy sabemos que la construcción de armas atómicas fue una decisión política para obtener la victoria de Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial. Para ello el gobierno de Estados Unidos reunió a los científicos más connotados de aquel momento con el encargo de desarrollar el potencial de la fisión del átomo de uranio y obtener el arma cuyo poder de destrucción es ampliamente conocido. Fue el interés de un gobierno en guerra el que echó mano de la ciencia para lograr su objetivo. La defensa y el ataque entre diferentes gobiernos en el mundo han sido factores determinantes para el desarrollo de la energía atómica y sus aplicaciones bélicas que hasta hoy mantienen a la humanidad ante el riesgo de una destrucción planetaria incontrolada. Otro ejemplo lo constituyen los esfuerzos que actualmente desarrollan la ciencia y la técnica para lograr la prevención y la curación de enfermedades hasta hoy fuera de control, porque aún constituyen para la ciencia un enigma: nos referimos al mal de Parkinson, al cáncer, al VIH-sida, entre otros.

La cantidad de recursos que la sociedad dedica al estudio de estas enfermedades constituye una prueba contundente de la influencia de la sociedad sobre la investigación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Quizá resulta más evidente la influencia de la sociedad sobre la ciencia si atendemos la cantidad de recursos que se destinan para obtener fármacos, prótesis, cirugías, etcétera, para el mejoramiento humano (*human enhancement*). Esto no se da solamente en la reconstrucción de miembros o tejidos deteriorados o perdidos por algún accidente, tampoco se reduce solamente a la belleza física mediante intervenciones quirúrgicas o la aplicación de sustancias que modelan la figura de la mujer o del hombre, sino que se da sobre todo en la investigación de sustancias que permiten a los diferentes órganos del cuerpo humano mejorar su rendimiento; esto lo observamos con frecuencia en las competencias atléticas o deportivas cuando se aplican los análisis para detectar el uso de sustancias que tienen este efecto (que no son permitidas por las asociaciones que organizan tales competencias). Por otra parte, los bienes que la ciencia actualmente trabaja para el mejoramiento humano no se reducen a lo estético ni a lo deportivo y atlético, sino que se dirigen también al rendimiento intelectual y físico, sea para el trabajo o la escuela. Pero, más allá de esto, se busca también modificar radicalmente ciertas formas de comportamiento y de pensar a partir de procedimientos externos al cuerpo humano mediante implantes que permiten teledirigir el pensamiento y la conducta de los seres humanos. Todo esto se gesta con la inversión multimillonaria en el desarrollo de las nanociencias y las nanotecnologías, que, como explicaremos más adelante, constituyen el centro mismo de la actual investigación científica y tecnológica. El carácter interdisciplinario de las nanociencias, los novedosos productos que se consiguen en escala nanométrica —en la que se conforman las moléculas mismas y se intercambian información virus, bacterias y células—, les dan tal poder para producir nuevos productos para la salud, las comunicaciones, la construcción de edificios y aparatos, etcétera, que están generando cambios radicales en la sociedad. En las nanociencias y las nanotecnologías, como veremos, se invierten recursos inmensos y se da ya una pugna internacional para obtener las primicias de las patentes para la explotación comercial de sus resultados. Un ejemplo más lo constituye el “nanochip”, que mejorará el funcionamiento de los actuales BMI (Brain Machine Interface) o BCI (Brain Computer Interface); esto consiste en un chip nanométrico que podrá ser implantado en el cerebro para establecer la comunicación entre las reacciones de éste y una computadora, y así dirigir el comportamiento de un individuo desde la operación misma de su cerebro.

Por lo anterior, consideramos que es incuestionable la distinción y la relación estrecha entre la ciencia y la sociedad. Ambas, como ya lo señalamos, existen como un universo de símbolos que se dan identidad y coherencia para poder ser vistas de manera única y diferenciada. Ambas se expresan en su propio lenguaje, ambas interactúan

entre sí, lo que equivale a reconocer una estrecha relación entre ellas, que es necesario precisar. En consecuencia, ambas ostentan un dinamismo interno, que exige esfuerzo para reflexionar tomando como base dicho dinamismo. Más aún, los cambios que están trayendo las nanotecnologías, y los que traerán en el futuro inmediato y mediato, exigen una amplia reflexión acerca de los mecanismos en que se da la determinación de la técnica sobre la sociedad, de tal forma que aquélla pueda tomar conciencia de su responsabilidad en la investigación misma para que al intervenir en ésta pueda dirigir su propio futuro.

La energía que crea

Abundar sobre el concepto de *relación* nos lleva necesariamente a un nivel de abstracción propio de la filosofía, desde el cual podemos afirmar que este concepto es tan universal como todo lo que existe, es decir, como el ser mismo. En efecto, cada ser que existe en el universo sólo puede existir y prolongar su existencia gracias a la relación que guarda con los demás seres. Se dice que su existencia misma depende de la interacción con otros seres, sean éstos semejantes a él o diferentes. Por tanto, la *relación* es la más universal de todas las categorías y la más difícil de precisar en cada caso, porque requiere capacidad de abstracción para precisar, primero, la relación que se quiere analizar y para dejar de lado otras relaciones que también intervienen en los términos de la misma relación que se analiza, para definir después las características que tiene.

En lo que respecta a la relación que analizamos, justificamos la existencia de ambos términos al establecer que la ciencia es un conjunto de proposiciones universales con las que el hombre explica racional y coherentemente los fenómenos físicos que tienen lugar en el universo. La conforma tanto la comunidad dedicada a desarrollar explicaciones científicas y la técnica que deriva de ella como la estructura social, política y económica que permite su práctica y desarrollo. Como presencia palpable de la ciencia y la técnica en la vida común de los individuos, también incluimos en la relación todos los bienes que aporta constantemente para el bienestar de los individuos: comunicaciones, transporte, medicamentos, prótesis, alimentos, etcétera. Este conjunto de elementos los englobamos en el universo simbólico al que nos referimos cuando utilizamos el concepto de *ciencia*. En lo referente al concepto de *sociedad*, ésta designa el conjunto de instituciones, normas, valores, rituales, aspiraciones, historia, etcétera, que son reconocidos como necesarios y útiles para el ser humano. Es la estructura por la que fluye la acción que cada individuo realiza para conseguir los satisfactores que le son necesarios para su existencia. Constituye la respuesta que el hombre se ha dado

para superar el aislamiento respecto de sus semejantes, ya que sin ella se privaría de su propia existencia. La sociedad puede ser considerada como una entidad simbólica universal en la medida en que contiene en sí misma a todos los individuos existentes, pero también concreta, particular, en la medida en que cada individuo que la compone es concreto y realiza, en el entorno que ella le brinda, acciones también concretas que a su vez la constituyen como receptáculo de dichas acciones. Es la sociedad una entidad estructurada históricamente para conseguir, en principio, el mayor beneficio del esfuerzo individual a través de la colaboración con otros individuos que persiguen también su propio bienestar. Tanto la ciencia como la sociedad cuentan con sus propios mecanismos de reproducción, por lo que su existencia está asegurada mientras existan los individuos que las conforman.

En cuanto a la relación que las une, podemos afirmar que es recíproca en la medida en que fluye la fuerza o energía de una sobre otra. Es también una relación dinámica, porque el conjunto de cada uno de sus términos está en permanente movimiento gracias al flujo de energía al que nos referimos. Significa esto que tanto la ciencia como la sociedad están en permanente cambio no sólo por la fuerza interna que las mueve, sino como resultado de la acción de una sobre otra. En efecto, se trata de una relación dinámica porque los términos de la relación (*relata*) cambian constantemente en la medida en que uno de ellos se modifica, por lo que inmediatamente provoca cambios en el otro término de la relación, el cual cambia, y así sucesivamente. Este dinamismo en la relación de la ciencia con la sociedad muestra que no son entidades estáticas, sino que se trata de una relación que las lleva a un cambio constante que da como resultado una ciencia y una sociedad que se desenvuelven en la historia gracias a la influencia permanente de una sobre otra. De esto se deduce la importancia y urgencia de desarrollar estudios desde la ciencia y desde la sociología para precisar los puntos y mecanismos por los que se concreta la mutua influencia, sobre todo de la ciencia en la sociedad, en la que vemos una modificación constante de su *ethos* y su visión del mundo. Además de una relación recíproca y dinámica, debemos añadir que se trata de una relación creativa. En efecto, tanto la ciencia como la sociedad, en la medida en que se influyen permanente y recíprocamente, generan novedades en su organización interna, en sus actividades y, desde luego, en sus resultados. Al generar novedades, podemos decir que la relación que las lleva a ello es creativa en la medida en que cada uno de los términos se trasciende a sí mismo, y en consecuencia la misma relación se modifica, es decir, se trasciende a sí misma. En efecto, con la introducción de novedades muestran su propio dinamismo que consiste en trascenderse a sí mismas, y en esto consiste su propia dimensión de creatividad. Podemos decir que tanto la ciencia como la sociedad guardan mutuamente una relación creativa en tanto que se trascienden permanentemente a ellas mismas. Por tan-

to, el dinamismo, la trascendencia y la creatividad constituyen las características propias de la relación recíproca que guardan entre sí la ciencia y la sociedad.

En contraste con el tipo de relación que esbozamos antes, conviene tomar en cuenta otras relaciones que no necesariamente corresponden a la que hemos precisado respecto de la ciencia y la sociedad. Nos referimos, primero, a la relación de extensión que puede darse tanto en el tiempo como en el espacio. En efecto, dos puntos geográficos, digamos dos ciudades, están situadas a determinada distancia, y con ello designamos una relación entre ellas, la cual es estable porque no cambia, siempre es la misma; lo mismo podemos decir del tiempo que dura un recorrido, digamos, de dos corredores. Éstos no cambian en su misma existencia porque sean más o menos rápidos para recorrer el espacio que se mide con el cronómetro. La relación entre ellos y la distancia, medida por el tiempo, no les es inherente como individuos, aunque es evidente que como atletas buscan modificar sus registros y pueden ser considerados más o menos veloces según los resultados que obtengan a través de la medición del tiempo. La relación ciencia-sociedad tampoco es estable y definitiva como lo es la relación recíproca que se da en la paternidad, por ejemplo. Si bien ésta es una relación recíproca y modifica la existencia de un hombre cuando engendra, no es una relación dinámica, porque siempre será la misma relación del padre respecto del hijo, o de éste respecto de su padre. Aquella relación tampoco es solamente una relación causa-efecto. Si bien ésta es una relación existencial porque se dice que la causa es tal porque introduce una novedad en otro ser al que se considera como efecto, normalmente dicha relación es vista como unilateral, es decir, que solamente va de la causa hacia el efecto sin consecuencias para el ser que da origen al efecto. En esta relación la reciprocidad está disminuida porque, si lo observamos detenidamente, también se da cierto cambio existencial en la causa, porque la existencia del ser que causa algo se modifica por el mismo hecho de haber causado algo. Así, por ejemplo, una cuerda de guitarra cuando vibra causa un determinado sonido, su efecto, el cual puede ser escuchado por alguien y causar una alteración en el oído de quien lo escucha, pero también puede no haber sido escuchado, y aun así sería siempre el mismo sonido. Sin embargo, una relación existencial del tipo causa-efecto también puede modificar al referente que se comporta como causa, aunque no siempre, como en el caso de la cuerda que presentamos. Podemos observarlo si consideramos lo que sucede en un acto moral: en el hombre que actúa el resultado de su acción lo modifica en la medida en que su acción se vuelve también sobre sí mismo, haciéndolo responsable en primer lugar, pero también atribuyéndole por ello una bondad o un rechazo. En el caso de la relación ciencia-sociedad, sin embargo, ésta es dinámica y permanentemente creativa por parte de los dos términos, porque causa una modificación en el término opuesto y porque dicha relación genera cambios en el término que recibe la acción del

otro, y a su vez se constituye nuevamente y proyecta su propia novedad sobre el otro término de dicha relación.

Los tipos de relación que hemos señalado son aquellos de los que hacemos abstracción al tratar de explicar la relación que guardan entre sí la ciencia y la sociedad. Ésta se constituye como una relación recíproca, existencial, dinámicamente creativa y trascendente en la medida en que tanto la ciencia como la sociedad se van conformando gracias a la acción que realizan y por la que reciben una de otra. En otras palabras, gracias a su relación, ni la ciencia ni la sociedad pueden ser consideradas como entidades estables. Su dinamismo es la constitución misma de su existencia.

El principio del dinamismo

El dinamismo de la relación ciencia-sociedad tiene características propias porque, como ya lo señalamos, se trata de entidades simbólicas, es decir, que no tienen una existencia físicamente concreta. En consecuencia, el dinamismo que les atribuimos no puede venir de ellas mismas, sino que proviene de los sujetos que las integran. Es el sujeto racional, en efecto, quien está al principio tanto de la ciencia como de la sociedad. Es el individuo quien realiza las acciones concretas comprendidas en lo genérico de la investigación científica y tecnológica; es el sujeto quien decide qué investigar y es él quien determina qué aplicaciones obtener de sus resultados; es él quien comercializa los aparatos obtenidos mediante las innovaciones técnicas, es quien decide invertir capitales en determinados proyectos de investigación e innovación, etcétera. Del lado de la sociedad, también es el sujeto quien se sirve de los aparatos, quien los construye, quien utiliza las poderosas herramientas generadas por la técnica para realizar su trabajo; es el sujeto quien decide la forma de utilizar los bienes que le proporciona la ciencia y la técnica.

La individualidad es el lugar en el que se gesta todo cambio en la actividad científica y tecnológica, porque son individuos quienes investigan, quienes construyen equipos y miden con ellos los fenómenos de la naturaleza, quienes los manipulan; y es también en la individualidad donde se gesta el consumo de los bienes generados por la técnica, donde se deciden las inversiones para el desarrollo de la investigación, donde se decide el valor que tiene para la sociedad en su conjunto, donde se orienta la industria para generar determinados bienes y no otros, donde se decide la formación y actualización de los trabajadores, donde se decide el perfil de los usuarios a quienes se dirigirá determinado aparato, etcétera. En otras palabras, es la acción de los individuos y la responsabilidad que les es inherente la que da origen tanto a la ciencia como a la sociedad y, en consecuencia, es el individuo quien está en el origen del dinamismo que observamos en la

relación que las une. Ahora podemos ver que la ciencia y la sociedad son resultado de la acción individual; su dimensión ética y moral no está ausente en ningún momento, sino que recae desde su origen en los individuos que conforman la sociedad, en quienes desarrollan la ciencia y los productos que son generados a través de la técnica. Es notable la aparente contradicción entre la universalidad tanto de la ciencia como de la sociedad con el individuo, quien con su acción concreta los proyectos en una existencia dinámica.

Por otra parte, cuando nos referimos al individuo, nos vemos necesariamente dirigidos al terreno de la educación, porque gracias al proceso educativo cada sociedad decide cómo formar a sus individuos con el afán de reproducirse ella misma, y lo hace a través de la educación. En el ámbito educativo el individuo es el responsable tanto del aprendizaje del conocimiento científico, los valores, las costumbres, los lenguajes, etcétera, como de la utilización de la tecnología para solucionar problemas, además de que el proceso de enseñanza-aprendizaje es guiado por un individuo: el docente. Por tanto, entre los individuos se realiza la orientación de la educación, sus contenidos y la manera de transmitirlos para que los jóvenes se los apropien.

La sociedad actual, dominada por la ciencia y la técnica, enfrenta la urgente necesidad de revalorar la ciencia y la técnica desde la escuela misma, y de asumir que son el factor determinante por el que ella misma se crea, modifica y transforma. Es necesario reconocerles la fuerza transformadora no sólo hacia el mundo que vemos como resultado de sus aplicaciones, sino hacia el hombre mismo. Al reconocer esto, reconoceremos también la responsabilidad de la sociedad para incidir determinadamente en la orientación que su desarrollo deba tomar en el futuro. Para lograr esta dirección existen varios intentos; los más recientes son los esfuerzos de la Unión Europea por difundir entre la sociedad las características y resultados esperados de la investigación y el desarrollo de las nanociencias y la nanotecnología al impulsar con ello la participación de la sociedad para valorar dichos proyectos conforme a sus propios intereses y al futuro que desea construir. Sin embargo, queda abierto el reconocimiento de la responsabilidad que cada individuo tiene respecto de la ciencia y la técnica para orientar directamente el desarrollo de éstas y para validar como consumidor aquellos bienes que le proporcionan y que obtiene en el mercado mundial. Conviene, por tanto, valorar al individuo como formador y factor determinante tanto de la ciencia como de la misma sociedad.

Ser dueños de la propia mente

El “triunfo” en nuestra vida de lo que llamamos “tecnología” causa sentimientos que desorientan, juicios contrastantes, complacencias y temores. Afirma Broers: “El estándar

de vida de buena parte de la población del planeta ha sido mejorado hasta niveles inconcebibles para nuestros antepasados, y será, sobre todo gracias a la tecnología, que también el Tercer Mundo pueda gozar de los mismos privilegios” (2009:6).⁵ Además, se trae a colación, con los riesgos que implica para la sobrevivencia del planeta, la auto-complacencia de la técnica, la cual reduciría al sujeto al papel instrumental de un simple “funcionario”. En este contexto, Galimberti denuncia, de la tecnología contemporánea, “el universo de medios y desaparición de los fines”, su irrevocabilidad histórica y la “revolución interna de sentido”, que actualmente se nos impone al diseñar una nueva antropología (1999:681-686). Asimismo, la ausencia de una finalidad propia de la técnica llevaría a la “corrosión del sentido de la historia”, estaríamos viviendo un tiempo acelerado que se disuelve en pura cantidad (1999:516-621). Entonces lo humano viviría sus propias tensiones libertarias en una suerte de impotencia oprimiente frente a la “fragmentación atomística” (1999:572-589) de los individuos que ha traído consigo la fuerza de la técnica. Así, con el debilitamiento del “presupuesto humanístico”, la ética sería sustituida por una degradante “regulación técnica” de los comportamientos que se realizan por la prioridad de una acción privada de fines, carente de sentido y de responsabilidad (1999:457-474).

La evolución prodigiosa de la técnica en estos últimos años ha ampliado, de modo directamente proporcional, expectativas y temores, ha evidenciando, una vez más, nuestro desconcierto. Las nanopartículas utilizadas y producidas por la ciencia de última generación pueden penetrar en las células y desatar procesos y concatenaciones de procesos impredecibles; a esto se deben las recomendaciones de la Royal Academy of Engineering y de la Royal Society on Nanoscience and Nanotechnologies para monitorear permanentemente sus emisiones (Broers, 2009:73).

Estamos convencidos de que el centro nodal de la cuestión no está en el “triumfo” o en el “dominio” de la ciencia y de la tecnología, no sólo porque sostenemos que se trata de un mito que, como tal, debe ser desestructurado para hacerlo legible y así pueda orientarnos críticamente dentro del magma de temores-reverencias-esperanzas que provoca, sino porque creemos que el verdadero nudo por deshacer consiste, por parte de los científicos, en la adquisición de un conocimiento más profundo acerca de la naturaleza, mismo que construyen y organizan, así como, inevitablemente, de los valores que traen consigo tales conocimientos. Asimismo, también los “profanos” deberían poseer los instrumentos conceptuales y culturales que permitan una comprensión e interpretación clara de los resultados tecnológicos. Se trata, una vez más, de un nodo propiamente ético por las consecuencias que provoca, y epistemológico por los presupuestos que le anteceden. La

⁵ La traducción de las citas fue realizada por Fernando Sancén. [N. E.]

falta de sabiduría epistémica de los investigadores puede tener graves consecuencias en el terreno de la ética, porque limita la responsabilidad de los científicos a la correcta ejecución de los procedimientos de tal modo que pueden perder de vista la concatenación de eventos que sus experimentos causan. Pensamos que el conocimiento no puede dejar fuera nada de lo que concierne a la experiencia humana y, por tanto, la epistemología debe convertirse en un saber que atraviese todas las ciencias, incluidas las experimentales, las cuales deben interrogarse sobre sí mismas, sobre la naturaleza y sobre los procesos cognitivos que ponen en acción. Morin afirma que “La epistemología compleja no debe situarse por encima de los conocimientos, sino que debe más bien integrarse en cada procedimiento cognitivo, que, hoy más nunca, tiene una legítima necesidad [...] de reflejarse, de reconocerse, situarse, problematizarse” (1988:22). Una ciencia carente de reflexión epistemológica es una ciencia poco consciente de sí misma y de la sociedad en la cual se desarrolla, y corre el peligro de provocar procesos antiéticos, ya que puede inducir en los científicos una deontología limitada a los juicios de hecho que no toman en cuenta la reflexión profunda de los juicios de valor que vinculan con lo social.

Del mismo modo, una educación tecnocrática que pone su mirada exclusivamente en el aprendizaje técnico corre el riesgo de provocar en los alumnos una desorientación alienante que va del entusiasmo al temor. Por ello, es importante la sabiduría epistémica, siempre formativa. En este sentido, pensamos que la educación debe dirigirse hacia la adquisición de una competencia crítica enfocada en el “conocimiento del conocimiento”, es decir, que esté basada en criterios epistemológicos.

Finalmente, tanto las esperanzas como los pesimismos chocan con el nudo crucial en el que la ética se entrecruza con las emergencias educativas que nos impone la relación ciencia-sociedad. El centro del nudo problemático lo ocupan tanto la absoluta novedad como la presencia de las cuestiones globales que la ciencia contemporánea impone a nuestra sociedad (Morin, 1990). Por una parte, “novedad” y “urgencia” chocan con la mentalidad, las epistemologías, el léxico, los lenguajes, los instrumentos conceptuales, el pensamiento y las culturas inadecuadas que se encuentran sólidamente anclados a viejos parámetros de lectura del mundo; y también porque el bombardeo publicitario de los *mass media* confunde al incitar al consumo por el consumo (Priulla, 2002). Afirma Heidegger:

Lo que es verdaderamente inquietante no es que el mundo se transforme en un dominio completo de la técnica. Mucho más inquietante es que el hombre no está preparado para este cambio radical del mundo. Pero más inquietante aún es que todavía no somos capaces de alcanzar un pensamiento que medie un enfrentamiento adecuado con lo que está aconteciendo realmente en nuestra época (2002:36).

La cuestión es ésta: ¿pensamos que podría haber sido de manera diferente? ¿Cree-mos que el ser humano habría seguido con mayor conciencia epistémica los cambios provocados por su acción a través de la ciencia y la tecnología? El problema queda abierto, pero no sería raro pensar que la naturaleza de la ciencia moderna y el enfoque gnoseológico clásico que la ha condicionado por tanto tiempo hayan actuado en sentido de una conciencia epistemológica transversal. Pensamos que las nanociencias, por sus características de interdisciplinariedad e innovación, introducen un nuevo modelo gnoseológico y, por tanto, pueden hacer más fácil las competencias epistemológicas que la educación contemporánea debe perseguir. La formación, animada por esta tensión epistémica, puede ayudar a los científicos y a los “profanos consumidores de los productos elaborados gracias a la ciencia” para actuar de manera ética gracias a una especie de condicionamiento recíproco, al tomar en cuenta las consecuencias que las nuevas tecnologías pueden tener sobre nuestras vidas, las cuales pueden ser extraordinariamente positivas o peligrosas de manera tan alarmante como irreversible.

Sin embargo, la ciencia no es simplemente una entidad que genera satisfacciones y peligros, también es una hermenéutica en cuanto que, además de los objetos, genera con ellos una visión de mundo, más aún, condiciona los procesos de autodeterminación de la sociedad y del sujeto. Jaspers afirma: “Luego de la acción ejercida con la técnica sobre la naturaleza, el hombre siente que debe sufrir la reacción del procedimiento técnico sobre su propia esencia, la cual se ve inevitablemente modificada” (1965:130). Así pues, aparece un problema crucial: si el hombre es “esencialmente” un *homo faber* o –como afirman también Severino y Galimberti– un hombre “tecnológico” y si los productos que fabrica modifican justamente su “esencia”, ésta deja de ser tal porque aparece como dinámica. Más aún, el *homo faber* es el motor de su transformación por el contacto con cuanto lo rodea. Por tanto, queremos pensar al ser humano como un ecosistema, un conjunto de relaciones que se entrecruzan e interactúan entre sí y con el contexto, y luego con los contextos. El ser humano, tal como un “bosque de encinos”, afirma Bateson (2006:48), es un ecosistema que cambia, que se transforma para permanecer con vida, aunque no podemos afirmar que su esencia consista en este permanente proceso interactuante y cambiante, en esta “danza relacional”, y no podemos afirmarlo simplemente porque ésta sería la esencia de la vida.

La ciencia y la tecnología están muy lejos de ser neutrales, porque introducen en nuestra cotidianidad claves de lectura reales, principios de explicación, inducciones de valor, porque nos *trans-forman*, o bien, ejercitan una implícita acción formativa en la construcción de las mentalidades, de los comportamientos, de las identidades, tanto a nivel subjetivo como comunitario. Esto es evidente sobre todo para los jóvenes y los adolescentes, quienes padecen en persona el problema educativo crucial de construir su

difícil autodeterminación frente al mundo adulto. La escuela misma –con su estructura, los programas de estudio, la didáctica–, resulta seriamente modificada. Mentalidad, comportamiento e identidad se respiran en el ambiente que habitamos y que nos habita, como nos sugiere la etimología de la palabra *ética*, que alude al lugar y a la manera como se vive. Sin embargo, en esta relación estructural ciencia-ética el fiel de la balanza parece inclinarse a favor de la ciencia y sus sofisticadas y seductoras tecnologías, porque en el imaginario colectivo, en la retórica de los *mass media* y en las seducciones del mercado, la tecnología cumple una función tranquilizante de indudable verdad, eficacia y potencia que la sitúa sobre la ética tradicional. Afirma Severino en su diálogo con Boncinelli: “se produce una situación por la cual no es ya la fe lo que mueve montañas, sino que es en la tecnociencia en lo que creen los hombres, y que creen capaz de mover las montañas. Estamos yendo hacia una situación con estas características. Se trata, sin embargo, de ver el valor de ese cambio, o bien, de esta transformación de la ética” (Boncinelli y Severino, 2008:25).

La ciencia contemporánea rompe con las costumbres sociales a las que estamos habituados; por ello vemos, por un lado, la desorientación, los temores y el riesgo global y, por otro, el vértigo de nuevas e inusitadas oportunidades. Los productos de las tecnologías emergentes rompen con las costumbres y con las conductas a las cuales nos sentíamos vinculados; las comunidades tienen dificultades para identificarse con las reglas morales vigentes, y el sujeto, para encontrar su lugar en la comunidad. Con toda probabilidad, se trata de una dimensión de aquella liquidez descrita magistralmente por Bauman (2000). Por otra parte, se impone la tendencia del recurso masivo a la competencia tecnocientífica para resolver cualquier tipo de problema, porque el concepto de *virtud* se vincula con el de *eficacia*. Alec Broers, pionero de las nanotecnologías, afirma: “Creo que queda clara mi convicción de que la tecnología da forma a nuestra vida, y que su influencia sea determinante y destinada a crecer con el pasar de los años” (2005:28). Queremos leer esta afirmación en su dimensión pedagógica, conscientes de que la perspectiva del ingeniero Broers es otra; de cualquier modo, es evidente que si la tecnología, en gran medida, “da forma” a la sociedad, participa también en nuestra “formación”; por ello el sujeto debe tomar parte críticamente en la creación de tal acontecimiento.

Ahora bien, un objetivo educativo de primera importancia consiste en obtener la capacidad de percibir el fluir del mundo, el significado de esta velocísima innovación y las dinámicas procesuales e interrelacionales que determinan los fenómenos, pero también para comprender el sentido profundo de este proceso. Dado que la ciencia no se limita a la comprensión de los fenómenos sino que los controla, la educación debe dirigirse hacia ese proceso de manera pragmática, como la ciencia misma. Creemos entonces que una acción educativa eficaz a nivel pedagógico social puede orientar el desarrollo de la

ciencia y la tecnología con un criterio ecológico, que tome en cuenta más a las necesidades humanas que a los intereses exclusivamente económicos de las empresas.

Este cambio vertiginoso y arrollador que nos invade tiene un profundo significado que se refiere al sentido de las cosas; por tanto, leer críticamente, con libertad y creatividad su profundo significado, es una labor propiamente ética, además de epistemológica. Esto constituye un impostergable objetivo formativo, porque puede orientarnos en el *multiversum* cultural de la complejidad, lo que significa aprender a deconstruir las retóricas que marcan a la ciencia y a sus tecnologías en el reino totalizante y acrítico del mito; aprender a estudiar las representaciones, a descubrir los implícitos pedagógicos, a tener en cuenta las dimensiones ideológicas, a comprender la eficacia del convencimiento de sus narrativas. Thomas S. Kuhn afirma: “La metáfora desarrolla un papel esencial en establecer conexiones entre el lenguaje científico y el mundo” (1983:107).

La alfabetización tecnocrática, tan exaltada por las políticas escolásticas del mundo occidental (European Commission, 2005), no es, por sí misma, suficiente para comprender el sentido de la ciencia y la tecnología, su papel y sus finalidades en el presente, ni el peso existencial que tienen en la actual sociedad. El adiestramiento tecnocrático no toma en cuenta los tiempos prolongados de la comprensión profunda de los fenómenos y produce funcionarios complacientes con el consumo omnívoro de este mercado (Gramigna, Righetti, Ravaglia, 2006); o bien, educa a “consumidores” acríticos, “empleados” para el servicio de la técnica. Es necesario, por tanto, pensar en un sistema formativo con el cual el ser humano obtenga conocimientos para ubicarse, aun con sus elecciones como adquiriente, frente a la invasión de productos tecnológicos y perseguir el beneficio de la humanidad. Por ello, una formación científica útil no puede prescindir de una sólida base humanística. Platón afirma: “Yo no llamo técnica, sino simple práctica, a aquella actividad que no sabe explicar racionalmente la naturaleza de su objeto ni de sus instrumentos, y siendo incapaz de dar razón de los hechos, no está absolutamente en condición de orientarlos hacia su propia causa” (1969:465a), porque: “*Téchné* deriva de *héxis nou* que significa: ser dueño y disponer de su propia mente” (1966a:414b).

La tecnología llega a ser la lente a través de la cual observamos el mundo; por ello expresamos juicios de valor sobre las cosas, estructuramos nuestra morfología de comportamiento, definimos nuestro estatus a través de nuestro grado potencial de posesión de bienes tecnológicos, así como la pertenencia a una cultura y el nivel de nuestra competencia técnica. En concreto, la apropiación de la tecnología constituye un criterio a través del cual exhibimos el nivel de modernidad que define nuestros estilos de comportamiento. Es indispensable comprender cómo funciona esa “lente”, no sólo en el uso potencial de transformación de la naturaleza, de solución de problemas, de satisfacción de las necesidades, sino también en las hermenéuticas que sugiere. Por esto el centro de

nuestra propuesta educativa implica una competencia epistemológica y una sabiduría metafórica; por ello resaltamos la importancia pedagógica de adquirir un método “arqueológico” o “genealógico” para deconstruir la estructura y las representaciones que animan el discurso sobre las tecnologías emergentes, especialmente la nanotecnología, a la que nos referiremos más adelante.

Las promesas maravillosas

¿Cuáles son las categorías totalizantes a través de las cuales se expresa la *hermeneusis* a decodificar? Consisten en la contingencia de lo real que alude a la transitoriedad y a la fluidez con la que se asocia la creatividad del ser humano. La verdad definitiva se ve más en los procedimientos que en los resultados, jamás en las representaciones de las que se sirve la tecnología, que son transitorias y contingentes. Extraña paradoja de una ciencia que nace del supuesto de ideas claras y distintas, de verdades objetivas y saberes incontrastables, pero que ahora lleva a consecuencias extremas la liquidez desorientadora de nuestro tiempo. Por tanto, es necesario adquirir una postura desestructurante, analítica y crítica sobre las retóricas y las estéticas que proporciona la tecnología, para comprender con ello el sentido profundo que sus resultados traen a la vida de los individuos, y también para poder asumir críticamente las opciones de elección que ofrece. En concreto, para ser conscientes del *ethos* de nuestra sociedad más allá de las seducciones del mercado, de acuerdo con una visión creativa de nuestro ser en el mundo.

Lo que nos interesa subrayar aquí no es la alienación de la economía con el sentido profundo de la aventura humana. Todo lo contrario, creemos que la economía —en cuanto ciencia que atribuye valor a los fenómenos, a las cosas y a sus relaciones— es un hecho exquisito y originalmente humano. En el intercambio de objetos, el hombre, desde sus orígenes, ha experimentado una fundamental forma de relacionarse, una comunicación eficaz, y para ello ha construido todo un mundo de símbolos. Estamos convencidos de que un mercado como el que actualmente prevalece provoca comportamientos antiéticos, sofoca las exigencias de la comunidad en beneficio de las empresas que hacen del consumo su objetivo. A propósito, Bauman afirma: “La reciente saturación del planeta significa esencialmente una aguda crisis de la industria de la eliminación de los desechos humanos. Mientras la producción de basura continúa sin descanso y alcanza nuevos niveles, el planeta queda rápidamente necesitado de basureros y de instrumentos para el reciclaje de los desechos” (2005b:9-10).

Una sociedad que se piensa en términos de consumo es una sociedad que no aprecia su propio futuro, ni el futuro de las nuevas generaciones. Natoli enuncia: “Una sociedad

modelada sobre el consumo –bajo, medio, alto, poco importa– es una cuestión de mentalidad, tiende a coincidir siempre más con la inmediatez de sus necesidades que con un ideal de humanidad, hoy menos que nunca de la futura humanidad” (2002:34). La sociedad de consumo, a la cual nos ha llevado la tecnología, es una sociedad antiecológica no sólo porque produce desechos difícilmente degradables, sino también, y sobre todo, porque desgarrar las relaciones solidarias entre los miembros que la componen; según Natoli, “en ayuda de aquello que es indefenso y a quien nada se le puede pedir a cambio, la humanidad parece asumir definitivamente la custodia de sí misma. La vida tiene piedad de sí misma. Es la caridad de la especie” (2001:129). La sociedad de consumo produce desechos no sólo en los objetos que se compran y que pronto son sustituidos por otros, sino también en las personas. Zygmunt Bauman afirma: “La modernidad es una condición de proyección compulsiva y generadora de dependencia [...]. Cuando se trata de la planeación de las formas de vida de la comunidad humana, los desechos son los seres humanos. Algunos seres humanos no se adaptan a la forma planeada ni pueden ser adaptados” (2005b:39). Por eso la gran importancia ética de una reflexión acerca de la relación ciencia-sociedad.

La educación en la era de las nanotecnologías debería también contemplar otro objetivo: ayudar a discernir el medio del fin, para que el medio no caiga en las redes seductoras del mito al convertirse en fin y para que los procesos de autodeterminación de los sujetos no los lleven a pensar como funcionarios de la técnica, sino como beneficiarios cada vez más conscientes, autónomos y creativos. A esto se suma la denuncia de Severino:

La técnica se convierte en objetivo: el poderío del aparato técnico-científico se convierte en el objetivo de las fuerzas que deberían servirse de tal aparato. La ética de nuestro tiempo es la ética de la ciencia y de la técnica. Asumir como objetivo cualquier cosa es, de hecho, aliarse a ella de la manera más radical; en la alianza con la técnica estriba la auténtica ética de nuestro tiempo (Boncinelli y Severino, 2008:52).

Pensamos que la ética sea construida de modo absolutamente creativo y relacional en la recíproca unión activa que existe entre ciencia y sociedad. Por ello, con la cautela debida, existe el rechazo tanto de los pesimismoes como de los nihilismos, tanto de los optimismos exagerados como de los fatalismos. Sostenemos que en tal relación dinámica las personas pueden encontrar el espacio crítico y creativo para actuar responsablemente: un espacio altamente formativo tanto en sentido individual como social, un espacio donde se asume la propia responsabilidad. La ética es un fenómeno concreto ocupada del actuar humano, de la responsabilidad, de la crítica y de la elección, pero

sobre todo se ocupa de la creatividad del sujeto. Por ello sostenemos que, aun dentro del aparato científico, debe existir una suerte de dinamismo crítico que induzca a los científicos a la reflexión sobre su propia responsabilidad, que vaya más allá de la lógica tranquilizante de la deontología profesional, que con frecuencia se limita a la correcta utilización de los procedimientos y pierde de vista la ecología y el contexto social en el que están incluidos tales procedimientos.

La ética de la que hablamos mira hacia el sentido crítico y la autonomía, porque no puede existir libertad sin autonomía y no puede existir ética sin responsabilidad. Pensamos en un sujeto capaz de responder críticamente a las seducciones del mercado (Bauman, 2005b:11), que no adquiera el último producto tecnológico de moda porque vea reflejada en él su identidad o estatus, sino que lo adquiera para utilizarlo, para vivir mejor, para trabajar de manera más creativa, para comunicarse, para inventarse un mundo diferente, lo cual constituye el verdadero fin de la tecnología desde su origen.

La tecnología no se agota en los productos que elabora, en el objeto más sofisticado o en el último modelo de teléfono portátil, sino que abarca también todo el conjunto de instrumentos –materiales, culturales, conceptuales– y la infraestructura que permite y controla su funcionamiento; comprende también la acción *formativa* que todo esto ejerce sobre lo social, en los sujetos, en la vida cotidiana, en los hábitos, en los comportamientos, en el pensamiento, en los valores, en la educación y en la filosofía que sostiene la investigación. La tecnología no es cualquier cosa –más o menos peligrosa y eficaz– separada de la ciencia –pura y neutral–, de la que realizaría aplicaciones. Perteneció al proceder científico: “la ciencia no observa al mundo para contemplarlo sino para manipularlo, para transformarlo. La mirada científica posee de inmediato una intención técnica que la configura y la dirige hacia la posibilidad de manipularla” (Galimberti, 2009:213).

Por esto, reafirmamos que una instrucción tecnocrática que busque solamente la adquisición veloz de habilidades técnicas relativas a determinadas instrumentaciones en consonancia con las demandas del momento, planteadas por las empresas, es insuficiente e ilusoria, porque, como lo hemos dicho, no ayuda a comprender el sentido profundo de la tecnología en nuestra vida, porque nos lleva a confundir el medio con el fin y nos hace instrumentos al servicio de la ética del consumo; y es ilusoria porque finge dar una formación cuando, de hecho, se limita a adiestrar trabajadores siempre más funcionales para la lógica de esa economía: trabajadores flexibles, prescindibles, dúctiles, privados de derechos sindicales, funcionales, es decir, poco críticos. La instrucción tecnocrática manifestamente profesionalizada sólo se concentra en los objetivos contingentes de las empresas y en las exigencias que el mercado expresa. Se trata de un adiestramiento que, de acuerdo con Platón (1966b:304e), explica cómo se deben hacer las cosas, no cuáles

deben ser realizadas ni por qué. Del mismo modo, los institutos y las escuelas técnicas deberían cuidar la formación científica de manera tal que la ciencia, el método y el pensamiento lógico sean la matriz de su actividad educativa. Dentro de cada acción que realizamos cada vez que abrimos nuestro teléfono móvil, que nos comunicamos, que utilizamos la tecnología, aun de manera elemental nuestra mente actúa o interactúa y se reconfigura frente a nuevos aprendizajes, más aún, en cada resultado práctico existe una hipótesis, una teoría, un método. Así pues, recogemos la invitación de Platón para conjugar el aprendizaje tecnocrático con los asuntos científicos que les sirven de base. Si existe en la naturaleza del desarrollo científico la tensión pragmática hacia la transformación de lo real en vista de las necesidades del ser humano, nos parece paradójicamente poco pragmática una educación que se limite al adiestramiento exclusivamente técnico, que deje de lado tanto las experiencias científicas como los hábitos filosóficos y humanísticos. Es poco pragmática porque tal adiestramiento se refiere a los resultados que pueden conseguir a corto plazo, pero la realidad –en permanente evolución–, la ciencia y el mercado, exigen competencias complejas, flexibles y transferibles; reclaman un aprendizaje cuyo éxito no se agote en poco tiempo, que enseñe a los sujetos a “aprender a aprender”, pero al mismo tiempo, una vez más paradójicamente, para desvelar y analizar los presupuestos epistemológicos implícitos y para actuar de modo crítico y responsable, en concreto, para estar abiertos a nuevas visiones del mundo.

La insatisfacción que con frecuencia experimentamos por el encuentro entre la ciencia contemporánea y sus productos –que han traído tantos beneficios a nuestra vida– no se origina con una desilusión tras comparar sus exageradas promesas con lo que ofrecen, sino que se da como un escaso conocimiento epistemológico que nos impide comprender, en su conjunto, el sentido profundo de las innovaciones que marcan nuestro tiempo y que nos desorienta por el lado de la ética, o bien, en los criterios de elección. El significado de nuestras acciones, siempre visto a través del conjunto tecnológico, corre el riesgo de confundirse con los métodos del funcionamiento de sus maravillosos productos. Y, puesto que nuestro actuar está ampliamente relacionado con los procesos de construcción de nuestra persona, vemos que la técnica tiende a imponerse como criterio al elegir nuestras acciones, y no se configura más como un ambiente creativo de transformación del mundo y formación del individuo, de sus habilidades y competencias profundas. Lo que cuenta es la adquisición de conocimientos que optimicen los procesos de funcionamiento del instrumento. Esto sucede porque la técnica da poder a cuantos saben manipular las máquinas, las cuales, a su vez, estructuran nuestra cotidianidad tanto en el trabajo como durante el tiempo libre, pero, además, porque ningún “funcionario” técnico está en posibilidad de controlar el aparato en su totalidad. Así, actualmente con frecuencia se cae en el equívoco de pensar que el verdadero

sujeto histórico de nuestra era es la técnica y no el ser humano, que tanto en la retórica del consumismo publicitario como en la de las políticas formativas aparece siempre más reducido a su papel de burócrata de la técnica misma. La sociedad de consumo produce un saber provisional, utilitario y efímero: una conciencia fabricada por *zappers* de estética fluctuante, una ética adaptada a la aplicación instantánea y a éxitos momentáneos, de relaciones excluyentes y carente de empatía.

Todo aparece volátil, efímero, transitorio. Esto genera incertidumbre, fragilidad, desorientación, soledad, también entre los consumidores auténticos. Bauman afirma:

Si la vida premoderna era una repetición cotidiana de la duración infinita del todo, pero no de la vida mortal, la vida líquida moderna es una repetición cotidiana de la transitoriedad universal. Nada en el mundo está destinado a durar, menos aún a durar para siempre. Nada es verdaderamente necesario, nada es insustituible: todo nace con la marca de la muerte intermitente; todo sale de la cadena de producción con una etiqueta pegada que indica la fecha dentro de la cual será usado; las construcciones no arrancan si no cuentan con permiso para demoler (sobre demanda), y los contratos no se firman si no se establece una duración o se consiente su rescisión, de acuerdo con los riesgos del futuro. [...] Un fantasma se cierne entre los habitantes del mundo líquido-moderno y entre todos sus esfuerzos y creaciones: el fantasma de la abundancia. La modernidad líquida es una civilización del exceso, de la abundancia, del desecho y del tratamiento de los desechos (2005b:129).

La velocidad vertiginosa con la que los objetos son adquiridos y descartados, con la que pasan de moda o son superados por nuevas maravillas tecnológicas, induce a formar un inédito estilo de deseo marcado también por una avidez intensa, mutable, pronto extinguida y rápidamente renovada, dirigida hacia otros bienes, otras metas, otros placeres; una avidez impaciente, dominante, inextinguible porque continuamente es promovida en los *spots* por los intereses de los economistas o por las exhortaciones de los políticos.

Se trata de un cambio que no hemos aprendido todavía a descifrar, que nos confunde y nos pone frente a nuevas y cruciales cuestiones éticas. Por tal motivo, la vertiginosa innovación de nuestro tiempo nos impone preguntas y problemas frente a los cuales no estamos suficientemente equipados. De ahí la necesidad de una educación diferente respecto de aquella que pertenece a un pasado todavía reciente, pero diferente de las simplificaciones tecnocráticas que el modelo empresarial parece sugerirnos para el futuro.

Pensamos que la dirección de esta educación “diferente” debe estar vuelta hacia la integración problemática –y no a la suma por compartimentos aislados– de todo el saber acerca de la experiencia humana, hacia una especie de alfabetización que tome en cuen-

ta las diferentes “gramáticas” que crean los códigos y los lenguajes. Se requiere formar un pensamiento “conectivo” para elaborar mapas conceptuales abiertos, flexibles y –sobre todo– creativos. Se requiere valorar la capacidad de poner en obra, al mismo tiempo, diversos tipos de inteligencia para permitir que el sujeto pase de un código a otro, de un lenguaje a otro, de una organización de pensamiento a otra, según las lógicas tanto verticales –aristotélicas– como diacrónicas y sincrónicas. Creemos que un conocimiento acerca de los componentes representativos y metafóricos de todos los lenguajes, incluidos los que son considerados como científicos y tecnológicos, constituye un contenido esencial de esta educación diferente y de su estética.

Capítulo II

La ciencia: ícono del presente

EN EL CAPÍTULO ANTERIOR tratamos de establecer que tanto la ciencia como la sociedad existen en una relación recíproca y dinámica que las constituye permanentemente; dimos cuenta de ello explicando el tipo de relación en la que cada uno de sus miembros está en permanente modificación gracias a su mutua dependencia; sin embargo, es necesario exponer lo que es propio a cada uno de los miembros que las componen. Nos proponemos ahora ahondar en las características de la ciencia misma para establecer su significado en dos ámbitos, que si bien son diferentes, son también complementarios: la ciencia misma, es decir, su coherencia y operación interna, y luego la ciencia en tanto que se hace presente en la sociedad.

La relación con el mundo

El primer punto que conviene señalar es que la ciencia constituye un conjunto de explicaciones acerca del mundo que el hombre ha construido y que éste requiere para relacionarse armónicamente con él. La ciencia en general ha sido un conjunto de conocimientos con los que otorgamos sentido al mundo que nos rodea, a la forma de relacionarnos con él para aprovecharlo y también a la forma de trascenderlo. En efecto, la ciencia versa sobre la naturaleza y sobre el sentido que el hombre le da; es la expresión coherente del hombre mismo y de su papel respecto de la naturaleza. De esta forma, podemos ver que la ciencia en cualquier época de la historia de las sociedades ha constituido el elemento central de su cultura en la medida en que la acción que el individuo “normalmente” ejerce sobre la naturaleza forma parte de la práctica común de un grupo determinado; es la respuesta a las condiciones naturales –que son diversas–, aquello que hace diferentes a las culturas. Así, la relación del hombre con la naturaleza pasa por la construcción y presencia de su interpretación del mundo. Esta forma de ver a la cultura equivale al concepto de *cosmovisión* (Sancén, 2009) en la medida en que la acción humana, que siempre se origina en el conocimiento del mundo –lo que la hace “normal”–,

transcurre por los procesos que utiliza normalmente la sociedad. Si consideramos que la cultura está conformada por una red de significados que dan identidad a un grupo humano —y que lo distingue del comportamiento grupal de los animales—, tenemos que la ciencia, o el conocimiento del mundo, constituye un elemento fundamental de la cultura misma, sin tomar en cuenta las diferencias propias del entorno en que se da cada una de ellas. Así lo señala Clifford Geertz cuando afirma: “Siendo el hombre un animal que depende de redes de significado que él mismo ha tejido, la cultura está constituida por esas mismas redes, y su análisis no debe ser acerca de una ciencia experimental en búsqueda de leyes, sino una búsqueda de interpretación que busca significados” (Habermayer, 2006:99). Esta interpretación del mundo, esta red estructurada de significados ha cobrado características diversas que ahora distinguimos y conocemos como magia, mito, religión, arte, sentido común, o ciencia propiamente dicha. Normalmente nos referimos a esta red de significados como “visión del mundo” o “cosmovisión”.

Por otra parte, la ciencia, esta interpretación del mundo, conforma la visión del mundo en la medida en que con ella toda sociedad establece un elemento determinante de su propia idea comunitaria del universo (cosmovisión: *Weltanschauung*), desde la cual cobra sentido tanto el mundo que rodea a los individuos como el individuo mismo, el papel y puesto que ocupa en su comunidad; aquello que representa lo extraño para la misma, los valores que dan cohesión al grupo social, las costumbres que norman la conducta individual o grupal; establece aquellos bienes por obtener de la naturaleza, la forma de transformarlos y de utilizarlos, los mitos que dan sentido a esta visión del mundo, el lenguaje, etcétera. De hecho, dado que la visión del mundo es resultado de una construcción que funciona como lazo de identidad en una comunidad, se comporta en la vida de todo individuo como una conciencia previamente existente que se hace presente en toda relación con el mundo, sea teórica o práctica. Ciertamente, en esto el papel de la ciencia es determinante porque la explicación que aporta del universo constituye un elemento primordial para la conformación permanente de esta conciencia, que es sentido acerca del entorno, y para la acción misma del hombre sobre su propio medio; pero también, a través de la cosmovisión, el papel de la ciencia puede ser visto como conformante de la historia, es decir, como dato de lo ocurrido en la medida en que teórica y prácticamente está presente en todo individuo. Además, en referencia a nuestra ciencia actual, cabe señalar que todo conocimiento científico está inicial y necesariamente anclado en la cosmovisión.

Otro elemento fundamental derivado de la ciencia, el cual participa también en esta interpretación del mundo a la que nos hemos referido como “cosmovisión”, lo constituye el concepto de *valor*. En efecto, el valor representa, primero, un conjunto simbólico de explicaciones acerca del universo, que da orientación a la acción; y luego derivado del

reconocimiento de dicho simbolismo, incluye un elemento de obligatoriedad capaz de hacer concreto el bien individual dentro del contexto del bien de la comunidad a la que pertenece el sujeto que actúa. Significa esto que los valores, como parte de un universo simbólico, orientan la acción individual otorgándole un reconocimiento que procede del grupo al cual pertenece el sujeto que actúa. Desde otra perspectiva, dicho reconocimiento entraña una dimensión de obligatoriedad hacia el sujeto actuante, la cual se basa en la naturaleza del bien concreto que un individuo persigue en su acción, en tanto que éste se hace concreto como derivación del bien representado en la universalidad simbólica del valor. Los valores, por otra parte, a diferencia de la cosmovisión, generalmente son identificados por el ámbito material al que se refieren, por el significado que se les otorga y por los resultados que se obtienen de la acción realizada conforme a ellos o en su contra. Así, por ejemplo, el valor de la investigación científica y tecnológica para obtener una nueva especie de conífera, obtenida mediante la manipulación genética, se desprende de la misma plántula, del hecho mismo de la manipulación genética y sus derivaciones en el entorno y, finalmente, de los beneficios que puede traer a una pronta reforestación del planeta, o por el contrario, de la destrucción de otras especies que pudiera causar su introducción en los bosques. Esto hace ver que la ciencia, vista desde su óptica valorativa, se nutre de los marcos referenciales o de los universos simbólicos preexistentes en la sociedad, pero al mismo tiempo es evidente la influencia del conocimiento científico y tecnológico en el universo simbólico que sirve de referencia para el establecimiento de los valores en una sociedad. Esta ambivalencia refleja el dinamismo de la relación a la que nos hemos referido. Algo semejante puede decirse de las costumbres. Las costumbres, en efecto, constituyen un universo simbólico valorativo que sirve de guía a toda acción humana; nos referimos a los hábitos individuales pero también a los hábitos de una comunidad. Ambos forman parte del marco referencial que existe en cada individuo y que determina cada una de sus acciones; sin embargo, a diferencia de los valores, no tienen la precisión conceptual que es posible ver en éstos tal como los considera la sociedad en general. La costumbre pertenece más bien a la disposición psicológica, inconsciente, que está presente en las decisiones individuales para realizar una acción concreta. Como los valores, la costumbre constituye un universo simbólico integrado a la cosmovisión y sirve como punto de partida y guía para el conocimiento y la acción del hombre.

Todo lo anterior se resume en una palabra heredada de la cultura griega: *ethos*. El *ethos* significa conjunto de conocimientos, costumbres, lenguajes y valores, que constituyen lo que los románticos llamaron el “espíritu de un pueblo”, es decir, la forma que frente al mundo adoptan los individuos de una sociedad, la cual les proporciona una identidad común porque constituye el origen y el fin de todas sus acciones. Un elemento decisivo en la conformación del *ethos* en una sociedad lo constituye la ciencia,

es decir, el conocimiento que poseen acerca del mundo. En efecto, la forma como se expliquen la existencia de ellos mismos y de su entorno ha sido determinante para la conformación de costumbres, valores y lenguajes frente al mundo.

Ethos y ciencia de última generación

Dado que la relación del hombre con el mundo reviste una dimensión interpretativa que genera una red de significados y tomando en cuenta que la interpretación del mundo es diversa tanto en individuos como en culturas, es necesario explicar la manera como el ser humano genera dichos significados acerca del mundo, de manera que también sea coherente pensar en la diversidad de conocimientos que existen en una sociedad, aun cuando todos versen sobre el mismo objeto, que no es otro que el mundo que percibimos. En otras palabras, consideramos que una explicación de la ciencia requiere de una explicación del conocimiento humano.

Al ser la ciencia un universo simbólico que proporciona explicaciones a los fenómenos naturales y sociales que constituyen nuestro entorno, es necesario precisar el doble sentido que actualmente otorgamos al término *ciencia*. Por una parte, como lo hemos utilizado hasta ahora, la ciencia es el resultado de la construcción de sentido hecha con la información que poseemos acerca del mundo; constituye un universo simbólico con el cual ordenamos y explicamos el mundo. Por otra parte, ahora consideramos a la ciencia como el universo simbólico mismo, pero construido con algunas características que inicialmente ubicamos en el método conforme al cual se ha construido el conocimiento, al cual calificamos como “científico”. A continuación nos referimos a este último.

De manera general podemos caracterizar a la ciencia actual de la siguiente manera: asume la creencia inicial de que existe un “orden en la naturaleza”; que todas las cosas, desde el universo sideral hasta los *quanta* de energía, incluido el mundo nanométrico, son ejemplos de principios generales con los que ordenamos racionalmente la naturaleza; que nada sucede realmente con exactitud en todos sus detalles; que existe una relación entre los principios generales y los hechos observados; que la ciencia es universal y que existe por encima de cualquier cultura o civilización (Whitehead, 1945:3). Sin duda, la característica fundamental de la ciencia “moderna”, a diferencia de la ciencia anterior a Galileo y de la actual pseudociencia,⁶ es ser construida exclusivamente mediante la razón que guía la experimentación. Es esto lo que ha modificado rápida y pro-

⁶ Nos referimos a aquellas afirmaciones que aun siendo utilizadas por los científicos no pueden ser sometidas a ninguna forma de experimentación, por ejemplo, las relativas a los ovnis.

fundamente toda la vida de la humanidad. El episodio de la historia de la humanidad, en el cual la razón se impone como prioridad para explicar el mundo, paradójicamente constituye el contrasentido de la ciencia como *ethos*, si consideramos que éste determina la forma de conocer, hasta entonces impuesta por la observación del mundo y, en buena medida, por la autoridad religiosa. La ciencia moderna, en efecto, constituye un paso decisivo en la historia de la humanidad porque emerge la prioridad de la razón por encima de la observación sensible, y va más allá del sentido común. La ciencia ha llegado a ser la institución de la sociedad moderna que se caracteriza por su permanente búsqueda de la verdad, lo que le proporciona una vida y una historia propia (Koyré, 1977:385). Sin embargo, el significado de *verdad* y la trascendencia de la ciencia han sufrido cambios. Actualmente se insiste en ver la ciencia como un objeto de investigación que se identifica como “ontológico”. Así, J. E. McGuire y Barbara Tuchanska proponen una ontología de la ciencia que fundamentan en la filosofía hermenéutica, pues consideran que la ciencia es una institución que ha de entenderse en un contexto cultural e histórico; consideran que “la ciencia consiste en un dominio de la práctica relativamente autónomo e institucionalizado que comporta su propia autoridad cognitiva y que interactúa con otras esferas de la práctica. Así, la historia de la ciencia es un proceso histórico de su propia conformación o constitución” (2000:6). Señalan, además, cinco fases de este proceso histórico:

la primera, la emancipación del conocimiento científico de la Iglesia, la Teología y la Filosofía que inició en los siglos xv y xvi; la segunda, la institucionalización de la investigación científica que se dio en el siglo xvii y aún continúa; la tercera, el establecimiento de la ciencia como un factor que guía el progreso civilizatorio durante el siglo xviii; la cuarta, la dogmatización del conocimiento científico, basado en el ideal de la objetividad científica elaborada en el siglo xix; y la quinta, el proceso contemporáneo en el que establecen interacciones mutuas con otras prácticas socioculturales, que la presionan (McGuire y Tuchanska, 2000:237-238).

La observación del cambio de la ciencia medieval a la ciencia moderna permite apreciar con claridad las características de la ciencia actual y, de esta forma, ubicar en su contexto a las tecnologías emergentes, especialmente a las nanociencias y nanotecnologías (nyn).

El cambio fundamental que sufrió la ciencia basada en la observación, para dar paso a la ciencia moderna, estriba en otorgar prioridad a las concepciones teóricas de la realidad por encima de los datos obtenidos de la experiencia. En efecto, el cambio no consistió en relacionar mejor los datos de la experiencia respecto a como habían sido or-

denados anteriormente —así se explica frecuentemente—; consistió, insistimos, en otorgar prioridad a la razón con la que se construyeron nuevas concepciones de la realidad, con las que después se explicaban los datos obtenidos de la realidad profunda mediante los cuales se expresa. De acuerdo con Koyré, Whitehead, McGuire, Tuchanska, entre otros, pensamos que la novedad radicó en dar la prioridad a la razón para construir nuevas concepciones de la realidad, que luego serían utilizadas para explicar los datos del mundo percibidos sensiblemente. La ciencia moderna ha sido, desde entonces, la manifestación más clara del poder de la razón y de su influencia en la vida de la humanidad. Los conquistadores más poderosos, Alejandro, César, Napoleón, “influenciaron profundamente la vida de las generaciones siguientes. Pero el efecto total de su influencia es insignificante si se le compara con la completa transformación de los hábitos y la mentalidad humanas producidas por la larga línea de hombres, quienes, aun sin poder, desde Tales hasta hoy, han sido definitivamente los forjadores del mundo gracias a sus ideas” (Whitehead, 1945:300). Se trata de una nueva forma de conocer que ha favorecido nuevas formas de conocimiento y que, en el fondo, ha transformado los procesos de construcción del conocimiento, de su transmisión y de la educación.

Estos cambios, este nuevo mundo, significan también que la ciencia ha proporcionado al hombre un poder creciente para servirse de la naturaleza. En eso consiste la dimensión pragmática que ha asumido la ciencia, en contraste con la contemplación a la que de forma preponderante se orientaba la ciencia medieval. Esto fue posible gracias a la conformación paulatina del método científico, que pone la razón antes que la observación, es decir, primero organiza al pensamiento para proponer explicaciones y luego orienta la observación hacia las implicaciones del pensamiento propuesto mediante la manipulación de la materia en la experimentación. Alexandre Koyré atribuye a Galileo haber iniciado una práctica en la que predominó la razón sobre la simple experiencia, ya que otorgó prioridad a modelos ideales (matemáticos) sobre la realidad empíricamente conocida, es decir, la primacía de la teoría sobre los hechos.

Fue así solamente [afirma] como las limitaciones del empirismo aristotélico pudieron ser superadas y como pudo ser elaborado un verdadero método *experimental*, un método en el que la teoría matemática determina la estructura misma de la investigación experimental, o para volver a tomar los términos propios de Galileo, un método que utiliza el lenguaje matemático (geométrico) para interrogar la naturaleza y para interpretar las respuestas de ésta. De esta manera fue sustituido el mundo del poco más o menos conocido empíricamente, por el universal racional de la precisión, adoptando la medición como principio experimental determinante (Koyré, 1977:71-72).

Desde entonces los científicos construyen explicaciones del mundo que son útiles para predecir y controlar los fenómenos de la naturaleza; sin embargo, esas explicaciones nunca son vistas como representación exacta de lo que es el mundo en sí mismo; incluso, eso no interesa al investigador, dada la dimensión pragmática del conocimiento científico.

La ciencia moderna, más que cualquier otra forma de conocimiento, se origina en la construcción de significados previos aun a la contrastación de éstos con los hechos a los que pretenden otorgar significado. Pero también es la única forma de conocimiento que contrasta sus explicaciones con los hechos que pretende explicar sometiéndolos a la experimentación. Vemos, por tanto, en la ciencia moderna la construcción de un universo simbólico con características diversas a las de otras formas de conocimiento, las cuales cuentan también con su propio universo simbólico desde el cual explican la realidad; nos referimos a la religión, la magia, el arte. Estas formas de conocimiento, a diferencia de la ciencia moderna, no contrastan sus afirmaciones con los hechos que pretenden explicar, lo cual no las hace ni mejores ni peores, simplemente son radicalmente distintas de la ciencia moderna, y con ello ponen a ésta en ventaja para someter a la naturaleza, pues proporciona beneficios mayores para el hombre. En consecuencia, la ciencia moderna representa la única forma de conocimiento que primero postula explicaciones racionales y que después las contrasta, a través de la experimentación, con fenómenos concretos para derivar la validez de la explicación previamente postulada. Esto le otorga, como lo señalamos, un transformador poder de acción sobre la naturaleza por la previsión que deduce de las leyes construidas con este método (Russell, 1974).

Las diversas formas de conocimiento se refieren necesariamente a la verdad, y cada una de ellas se esfuerza por demostrar que la posee completa y definitivamente. La cultura occidental ha mantenido la tradición esencialista derivada de Aristóteles, según la cual la esencia de cada cosa es el objeto del conocimiento humano, porque ésta es invariable, total, definitiva. La ciencia moderna, sin embargo, ha sido construida con actitudes que privilegian el pragmatismo sobre la estabilidad de una verdad definitiva. En efecto, ahora es común aceptar que no existe una esencia que determine el conocimiento de la verdad, sino que se la ve como una construcción de explicaciones organizadas en un todo coherente para manipular adecuadamente los fenómenos de la naturaleza. Es así como la ciencia moderna ha introducido una nueva forma de concebir la verdad, tal como ya lo hemos mencionado; sin embargo, esto requiere de una fundamentación epistemológica. Antes señalamos que la ciencia moderna introdujo una nueva forma de conocer el mundo en la medida en que otorga todo su valor a lo sensible, en contraste con la explicación hasta entonces vigente que la ubicaba en la posesión de la esencia, o de la forma sustancial, desdeñando lo sensible. Poco a poco la ciencia moderna validó

la experimentación de los fenómenos naturales guiada por una hipotética explicación de los mismos. El hecho de considerar la naturaleza como un libro escrito en caracteres matemáticos por el Creador para ser leído y aprovechado por el hombre, en el que debía aprender a “descubrir” las leyes que la rigen y plantear hipótesis (preguntas) para que ella respondiera; y el hecho de ver a las matemáticas como el lenguaje a través del cual el hombre puede interactuar con la naturaleza, generó nuevas explicaciones del mundo, y se construyeron nuevos conocimientos diferentes a los que prevalecían antes del Renacimiento (Koyré, 1977:180-195).

Actualmente es común escuchar que “la dinámica interna de la ciencia generó una nueva forma de producir conocimiento” (Hicks y Katz, 1996:379). Ya no consideramos la naturaleza como una entidad absoluta y estable; ahora la vemos como el resultado del conocimiento y el objeto de acción del hombre guiado por la ciencia: “Es precisamente porque las creencias y valores que tenemos respecto de la naturaleza no han sido extraídos de la misma naturaleza, sino más bien contruidos, que tales [creencias y valores] pueden ser reconstruidos de manera que nos habilitan para comprender mejor el mundo e interactuar con él con mayor éxito” (Evanoff, 2005:79). Si aceptamos lo anterior, aceptaremos también que vivimos en un mundo construido, con una ciencia construida, con una visión del universo que está sujeta a cambios tanto en lo explicativo como en los valores; en otras palabras, que la realidad, desde que la percibimos, es una realidad construida (Berger y Luckmann, 1992). Pero, ¿cómo construimos el conocimiento?

La construcción del conocimiento

Desde una perspectiva evolucionista, podemos establecer que el cerebro humano no es la sede de una facultad inmaterial, y por tanto espiritual –el intelecto–, sino que es el resultado de una conformación paulatina de centenas de miles de años, que ha permitido al hombre conseguir, progresivamente, mejores formas de sobrevivencia. Es así que “nuestros instrumentos de conocimiento –nuestros sentidos, nuestros cerebros, nuestras habilidades lingüísticas– no se establecieron para darnos una imagen desinteresada de la realidad, sino para ayudarnos a sobrevivir y a reproducirnos” (Ruse, 1990:105). Esta evolución, sin embargo, no concluye en el individuo durante toda su vida, porque existe una permanente construcción físico-química y electromagnética de redes neuronales en el cerebro –actualmente observable a través de microscopios de potencia atómica–. El conocimiento, por tanto, está originalmente determinado por la construcción de redes neuronales en el cerebro, que son diferentes para cada sensación y explicación del mundo externo al individuo.

El término *construcción* también se refiere al conocimiento mismo, es decir, a la formación de conceptos con los que cada individuo da sentido a las percepciones sensibles del mundo externo con el que está en relación. Jean Piaget propuso una explicación del conocimiento humano como transformación, desde una perspectiva genética. Para Piaget conocer es transformar, lo cual va en contra de la abstracción de esencias que Aristóteles propuso. Piaget considera que la transformación consiste en una acción que el sujeto realiza sobre la percepción misma, a partir de una estructura cognitiva previamente conformada en el sujeto que conoce. A esta estructura la denominó “esquema de acción” y la ve como el resultado de acciones previas; así deja atrás tanto el concepto de *abstracción* aristotélica como las formas *a priori* en el sentido kantiano, incluso a las ideas eternas de Platón. A través de diversos experimentos, Piaget demostró la presencia o ausencia de dichas estructuras, basado en las respuestas a estímulos sensibles que solicitaba a niños de 7 a 10 años (Piaget, 1973:85-112). Esta explicación del conocimiento expresa un dinamismo ajeno a la abstracción y la pasividad, el cual se concreta en el establecimiento de relaciones entre los datos presentes en quien conoce y los que son percibidos en el momento del conocimiento. En este dinamismo se ve la transformación no sólo de los datos percibidos sino también de las estructuras mentales, a partir de las cuales se construye el sentido que damos a la percepción sensible. Es así que en la construcción y transformación de las estructuras mentales, presentes en todo conocimiento, intervienen experiencias, sentimientos, recuerdos, etcétera, que constituyen un amplio universo simbólico de la realidad.

Una explicación del conocimiento vinculada con la ontología la ofrece Alfred North Whitehead (1979), quien considera que el conocimiento humano es una relación que constituye, es decir, que trae al ser, tanto al sujeto que conoce como al mundo que lo rodea, al que percibe sensiblemente. De acuerdo con Whitehead, conviene señalar que pensamos en un mundo cuya propiedad inicial es su dinamismo: la existencia es sinónimo de proceso; existir equivale a *llegar-a-ser*, a *devenir*. En otras palabras, todo lo que existe tiene una referencia existencial hacia todos los otros seres, los que conforman “lo existente”. En consecuencia, toda entidad existe en la medida en que guarda una relación con su entorno; su existencia es sinónimo de su relación con “lo otro”. En este contexto de interrelación existencial o constituyente del ser es donde queremos explicar el conocimiento, pues el conocimiento humano consiste en una relación que constituye al sujeto cognoscente en la medida en que éste establece una nueva relación con su entorno inmediato, al cual nos referimos como objeto de conocimiento.

Llamamos “relación constituyente” a la que se da entre las entidades físicas; sin embargo, en el caso del conocimiento humano es necesario añadir que esta relación guarda dos momentos determinantes: por una parte, el cognoscente está necesariamente

frente al mundo de manera inmediata, es decir, tiene una “presencia inmediata” del mundo frente a sí mismo que coincide con la percepción sensible; esta presencia físicamente sensible entre el sujeto y el objeto se da en un momento en el cual coincide la existencia del que percibe y la existencia de lo percibido. De este modo, dicha presencia es característica de toda entidad en el universo porque todo ser está en contacto físico con otros seres. Al conocimiento humano, sin embargo, se añade otra clase de percepción: la de otras entidades que anteceden al momento de la percepción, la cual origina el conocimiento, y la percepción de que dichas entidades son causa tanto del que percibe como de lo percibido. Nos referimos al pasado del sujeto racional que se hace presente como “dato” en el conocimiento y que expresa la causa de los factores que constituyen al conocimiento en el momento mismo de la presencia del cognoscente ante la percepción sobre la que versa su conocimiento. Whitehead habló del conocimiento como construcción de símbolos, referencia simbólica hacia el mundo, referencia conformada por la “presencia inmediata” y la “eficacia causal”. Pero además del pasado, de la “eficacia causal”, es decir, de la percepción de que percibe, la “eficacia causal” contiene, también como dato, el futuro tanto del sujeto como de lo que conoce. Por tanto, el sujeto cognoscente se constituye en el conocimiento mismo; llega-a-ser un sujeto cognoscente en tanto que conoce; lo hace porque construye una referencia simbólica de lo percibido, la cual no es otra cosa que la interpretación de la percepción del mundo experimentado por el sujeto sobre lo que él no es, pero con lo que se encuentra existencialmente relacionado.

Tanto la explicación de Piaget como la de Whitehead coinciden con los resultados que actualmente obtienen las ciencias cognitivas. En efecto, se argumenta que el conocimiento humano consiste en una relación originada por el desencadenamiento de reacciones físico-químicas gracias a la percepción de estímulos, originados en el universo, que rodean a quien conoce; que consiste en la acción sobre dicha percepción, generada en la estructura neuronal que la recibe, y también en la construcción de una nueva estructura neuronal creada por las relaciones establecidas en el cerebro. Si bien este proceso se lleva a cabo en el cerebro de todos los animales con distinto grado de complejidad, es necesario añadir que en el caso del hombre, a diferencia de los animales, éste cobra conciencia de la percepción y de la construcción de relaciones: el ser humano percibe que percibe. Su conciencia es la forma en que se relaciona con su entorno, solamente a partir de percepciones sensibles; su conciencia consiste en percibirse percibiendo, es decir, en tener conciencia de que es objeto de su misma percepción sensible. El conocimiento humano, por tanto, estriba, primero, en la construcción de relaciones neuronales en el cerebro y en el enriquecimiento de las ya existentes, porque añaden nuevos significados basados en nuevas relaciones neuronales. Sin embargo, desde otra perspectiva, el

conocimiento humano consiste en la construcción de símbolos, es decir, de conceptos con los que guiamos nuestra relación física y consciente con el mundo que nos rodea; el conocimiento humano es una construcción simbólica que se basa en las estructuras teóricas o conceptuales existentes antes de la relación física, y que determinan la acción que el cerebro proyecta sobre la percepción del mundo.

En consecuencia, podemos afirmar que el simbolismo es al mismo tiempo el resultado del conocimiento y la referencia a un mundo también construido no sólo teóricamente sino también físicamente. Además, el sujeto es también resultado de dicha construcción teórica y física.

Podemos ver ahora que hablar de un conocimiento científico, o religioso, o mágico, o común depende del universo conceptual desde el cual se ubique el sujeto que conoce. Todos ellos, desde luego, utilizan la razón, pero la forma de vincularse con el mundo difiere en función de la presencia de características en la “eficacia causal” de la que habla Whitehead, o de la presencia de un universo conceptual, de un nuevo universo simbólico, que consciente o inconscientemente determina la interpretación que hacemos del mundo percibido. Desde esta perspectiva, la ciencia y las propiedades que la caracterizan, como su origen en el método científico, su pragmatismo, su vinculación con la sociedad, cobra una nueva perspectiva que justifica su dinamismo, el abandono de una verdad absoluta, su carácter histórico. La ciencia ahora puede entenderse como un universo simbólico construido con características propias y orientado hacia la transformación del entorno. Universo simbólico que necesariamente es histórico, es decir, no es definitivo. Las tecnologías emergentes, por tanto, se ubican en la misma actividad científica, tanto teórica como práctica, y no sólo justifican, sino que exigen una reflexión profunda acerca del pasado que conforma el conocimiento científico, pero también del futuro que se construye con él. Las nanociencias y la nanotecnología, en la medida en que constituyen una nueva ciencia y un nuevo poder sobre la naturaleza –por el trabajo a nanoescala–, cobran un significado especial para la sociedad, puesto que construyen, junto con el conocimiento científico y tecnológico, nuevas estructuras cognitivas y prácticas, nuevos universos simbólicos para explicar el mundo que nos rodea y para orientar la acción del hombre en dicho mundo.

Esto incluye a la educación de manera determinante, porque la epistemología es el factor clave no sólo para los contenidos que todo estudiante deberá conocer como patrimonio social, sino también para la forma como el joven podrá construir los conocimientos que proporciona la ciencia, y usarlos en su actuar en el mundo como miembro común de la sociedad y como profesionista.

Estética y relación en el pensamiento científico

“Es justamente sobre estas sofisticadas danzas a nivel atómico, sobre la afinidad electiva o sobre las antipatías entre moléculas donde se fundamentan nuestras esperanzas para manipular a placer la materia, desarrollando capacidades que hoy no podemos imaginar” (Pacchioni, 2008:9). Danzas, afinidad electiva, antipatías, el científico Gianfranco Pacchioni no habla de relaciones entre seres humanos, habla de relaciones entre nanopartículas. Si comprender un fenómeno –por tanto, describirlo y explicarlo– implica, como operación preliminar, hacerse una imagen de él y en consecuencia elaborar una representación, entonces podemos afirmar que también la ciencia tiene necesidad de crear “narraciones”, aunque lo haga con cifras, gráficos, datos, modelos, etcétera.

¿Qué entendemos por *narraciones*? Pensamos que pueden definirse así las conexiones de significado que organizan imágenes y representaciones en un discurso coherente, que dé cuenta del fenómeno que se desea describir. Una narración es una interpretación, por tanto, tales conexiones de significado –en nuestra opinión– llenan los huecos semánticos que permiten diferenciar imágenes y representaciones gracias a su valor metafórico. Creemos que la densidad semántica del dato científico, como las imágenes más o menos elaboradas que la ciencia construye, contiene un “plus” de significado que no desaparece dentro de los límites precisos de aquella unidad lingüística, de aquel átomo del código lingüístico, sino que se refiere –o puede referirse– también a cualquier cosa que va más allá. ¿Por qué?, porque la realidad es compleja y porque los símbolos son, por su naturaleza, generativos. Esto resulta evidente sobre todo cuando creamos la imagen de un fenómeno con dimensión de una millonésima de milímetro, cuyo movimiento se mide en términos de una millonésima de segundo, como sucede con los productos de la nanociencia.

En este amplio sentido, sostenemos que todo el pensamiento, incluido el científico y el referente a las nanotecnologías, elabora narraciones de acuerdo con diversos códigos de pertenencia, es decir, simplemente se sirve de metáforas y representaciones para explicar los fenómenos; así pues, utiliza determinados lenguajes, que a su vez son estructurados según lógicas específicas a las que llamamos “gramáticas”, pero también, sobre todo, procedimientos en la ciencia experimental.

Entonces, ¿en qué es diferente el procedimiento de la ciencia contemporánea al de la literatura? Podemos afirmar que el pensamiento técnico y científico, con mucha frecuencia, no reconoce como tal ni a las metáforas ni a las gramáticas de las que se sirve o con las que se organiza e inventa. Al respecto, Husserl afirma:

En la matematización geométrica y científico-natural, nosotros medimos el mundo-de-la-vida (*Lebenswelt*) –al mundo que constante y realmente nos es dado en nuestra vida concreta que en él se desenvuelve– en la abierta infinitud de una experiencia posible, un hábito ideal bien confeccionado, aquel de las llamadas verdades objetivamente científicas. El revestimiento de las ideas (*Ideenkleid*) hace que asumamos como *verdadero ser* a aquel que es sólo un método (Husserl, 1972:80).

El lenguaje de la ciencia, como en general se ha estructurado históricamente, se apoya en un pensamiento que focaliza la explicación más que la comprensión de los fenómenos y que frecuentemente utiliza modelos –que a su vez se estructuran en torno a datos– cuya descripción trata fundamentalmente de recoger los elementos estructurales de un fenómeno, y no su “fenomenología compleja”. Podemos afirmar, parafraseando a Bateson, que la explicación científica clásica es al fenómeno lo que un mapa es al paisaje. No hay duda de que el mapa es indispensable para orientarse, pero igualmente es indudable que la complejidad y la mutabilidad del paisaje superan a cualquier mapa. El error, por tanto, no consiste en servirse del mapa, sino en pensar que él es el paisaje.

Y, ¿cómo se adapta este razonamiento a los procedimientos y a los lenguajes de las ciencias experimentales? Sostenemos que también estas ciencias se sirven de lógicas narrativas, aun cuando éstas sean peculiares respecto a las de las ciencias llamadas “humanistas”; en consecuencia, pensamos que los científicos podrían tomar ventaja si consideran la posibilidad de adoptar un espectro semántico más amplio y flexible al servirse de los símbolos y las representaciones que sus códigos comportan y elaboran. En concreto, creemos que una conciencia más profunda de las potencialidades metafóricas del lenguaje puede favorecer la comprensión de los fenómenos y la creatividad heurística. Bateson afirma: “El experimento es un método para torturar a la naturaleza para que responda en términos de nuestra epistemología y no en términos de cualquier epistemología inmanente en la naturaleza [...]. La cuantificación será siempre un expediente para evitar la percepción de la estructura” (2004:304). La exploración semántica y sintáctica del simbolismo científico y tecnológico puede orientarnos en torno a la epistemología que sostiene y guía no sólo el procedimiento, la lógica y la gramática de los códigos utilizados, sino también el sentido profundo de nuestras indagaciones, su estructura ideológica, los prejuicios implícitos; puede orientarnos en torno a las preguntas que nos planteamos y a las suyas, porque la epistemología “inmanente” a la naturaleza de la que habla Bateson, en nuestra opinión se refiere a la relación como principio ontológico, o bien, a su pertenencia estructural a la lógica de la vida, al proceder de la evolución, a la dinámica de la realidad. Por ello, creemos que aquella epistemología de la relación –como se ve en las reflexiones de Whitehead y Bateson–, puede definir una

hermenéutica que se origina, paradójicamente, en una ontología, o bien, en la imprescindible estructura relacional de la realidad y, por tanto, del conocimiento como clave de lectura heurística (Gramigna, 2005). Afirma Pacchioni que uno de los temas centrales de las nanotecnologías es el de la “posibilidad de agregar y disponer los átomos a nuestro placer para construir algo desde abajo, utilizando ladrillos mucho menos que microscópicos de modo simple y eficaz. Una especie de Lego que se construye a sí mismo, siguiendo las instrucciones precisas contenidas en la caja de empaque” (2008:11).

La metáfora ofrece un modelo de comprensión que recoge algunos trazos esenciales del fenómeno, pero no lo agota; sin embargo, a diferencia de la explicación “prosaica” y de cualquier paráfrasis, la metáfora pone a disposición de nuestro pensamiento y de su actividad organizativa un amplio espectro semántico, una vasta gama de significados, a los cuales puede acceder si establece nexos epistemológicos y conexiones lógicas inéditas o no previstas en el pensamiento común de la explicación. Para Bateson, “la lógica clásica es una simulación inadecuada de la causalidad” (2004:288). Se trata de una simulación inadecuada porque simplifica, cuando la realidad es compleja, relacionada y trans-formativa; asimismo lo son los fenómenos que están determinados por una especie de danza relacional, cambiante y evolutiva, en la cual los factores que la integran son legibles en planos diferentes. En este sentido, trasciende la explicación científica, que sólo recoge algunos aspectos cuando éstos son esenciales. Por tanto, creemos que las representaciones implicadas en los procesos de explicación de los fenómenos pueden tomar ventaja del hecho de considerar un amplio espectro semántico, o bien, un espacio de significación que contemple, junto con los datos cuantitativos, las variables cualitativas. Esto significa que, a nuestro parecer, las representaciones utilizadas en la lógica de la ciencia deben asumir la diferencia, las recensiones e imágenes, los instrumentos culturales, intelectuales y lingüísticos que las enriquezcan y que incentiven su creatividad, o bien, podrían abordar el espectro semántico más amplio que el que puedan ejercitar las tensiones metafóricas de los datos, números y gráficos. Sin embargo, dado que la metáfora describe mientras alude, explica y deja intuir, representa sin ser exhaustiva, por lo que es más eficaz en las descripciones que elabora, pues deja amplios márgenes de posibilidad, es decir, deja ámbitos de significación abiertos en cuanto abandona la explicación y la previsión. Su sistema de evocación de la realidad será eficaz en la medida en que acoja lo imprevisto, es decir, si se reconfigura frente al acontecer del fenómeno mismo, frente al contacto con las contingencias, con la especificidad de la experiencia, en suma, con tantas variables que los fenómenos presentan, aun si permanece fiel a la estructura del procedimiento que la sostiene. Parafraseando una feliz expresión de Bachelard, a propósito del método científico, podemos afirmar que el mejor –y por tanto el pensamiento que lo sostiene– es aquel que aprende de la

realidad que interpreta y describe, el que se reconfigura frente a su ineludible procesualidad, frente a la danza relacional que conecta el fenómeno sobre el que se indaga al ecosistema, si entiende como unidad de sentido la relacionalidad interactiva y cambiante que une al sujeto con su ambiente. El sistema es constituido por un organismo frente a la naturaleza, porque es captado en el juego entre cambios y estabilidad, entre innovaciones y diferenciaciones.

La ciencia de última generación tiene necesidad de un lenguaje de amplio espectro narrativo, porque las variables, los ámbitos, los circuitos y sus infinitas combinaciones son el resultado, inevitablemente complejo, al que la evolución biológica nos ha llevado. Tiene necesidad de tomar conciencia de que sus lenguajes contienen un componente narrativo y, por tanto, metafórico, que comprenden una parte importante, esencial, pero nunca son exhaustivos. Pensamos que esta exploración de los implícitos narrativos de las lógicas lingüísticas de la técnica y la ciencia no va en detrimento de la precisión, sino que simplemente la contempla algunas veces, cuando se le priva de la necesidad, de la posibilidad heurística de ampliación, hibridación y redefinición semántica.

A la luz de estas consideraciones, la enseñanza de Kuhn, en torno a la transitoriedad de los paradigmas científicos y a la historicidad de los modelos que anuncian, resulta todavía más interesante cuando se valora la posibilidad de recuperar antiguas narraciones –tradiciones, costumbres, saberes– en el marco de nuevas gramáticas. Por otra parte, ¿cómo negar que el extraordinario progreso tecnológico de la ciencia maneje márgenes amplios de insatisfacción? Es claro que la competencia hermenéutica de las tensiones metafóricas de datos, números e informes científicos puede ayudar, no a sustituir la huella tecnocrática o tecnocientífica, sino a llenar algunas lagunas al ofrecer diferentes puntos de vista, así como una valiosa acción de clarificación epistemológica. Por ello sostenemos que el conocimiento también tiene necesidad de la estética, porque se sirve de la metáfora (Bruner, 1996:163-164) aun en los círculos de la ciencia “dura”, y aunque consideremos ineludible el criterio normativo de la ley científica, la ciencia no debe olvidar lo imprevisto (Morin, 2008). El conocimiento es, en consecuencia, resultado de la presencia, con frecuencia inesperada, de lo nuevo; es interpretación de los fenómenos y no objetividad de los mismos, o bien, es el reconocimiento de que el fenómeno es un sistema de relaciones y, al mismo tiempo, se desenvuelve en un amplio sistema de relaciones en el que interactúa.

Por tanto, consideramos que la ciencia puede y debe servirse de una aproximación narrativa –en la acepción amplia que hemos descrito–, de los recursos heurísticos que una competencia sobre las tensiones interpretativas y metafóricas de sus códigos puede ofrecerle. En concreto, el código científico, sus resultados, los modelos de pensamiento,

sus representaciones, etcétera, deben estar disponibles para aproximaciones plurales por sus contenidos, sus modelos, sus procedimientos, sus lenguajes, es decir, deben aceptar la diferencia donde se observe la conveniencia de enfrentar los problemas, lo extraordinario, lo inédito. Creemos que la ciencia y sus interpretaciones deben ofrecer claves de lectura acerca de la multiplicidad del sujeto, de las culturas, de las ciencias. Es justamente a este desafío al que nos llama la nanotecnología por su naturaleza interdisciplinaria y porque se trata de una disciplina que de inmediato se ha apropiado de términos, nociones, conceptos de la física, la biología, la química.

Estas precisiones son importantes porque, como dice Bateson, la estructura epistemológica de nuestra reflexión tiene mucho que ver con las cuestiones que nos planteamos y los procedimientos que seguimos para encontrar respuestas, para construir las soluciones a los problemas y elaborar nuevas ideas. Condiciona, por tanto, los puntos de vista e influye en los procesos. “El conocimiento más rico del árbol comprende tanto al mito como a la botánica” (Bateson y Bateson, 2002). El conocimiento –y en consecuencia la ciencia– no se refiere sólo al reino acreditado de la racionalidad, la normatividad regular y previsible (Manghi, 2004). No sin razón, Vico hablaba, en su *Scienza Nuova* (1744), de una “sabiduría poética” independiente de la reflexión, es decir, separada de la razón entendida como intelecto. Una sabiduría fuente de emociones intensas, pero también creadora de “imágenes de verdad”; se trata de los “universales fantásticos” que supieron recoger los rasgos propios, los signos originales de los fenómenos, del mundo, de la vida misma en su devenir.

El conocimiento, cualquiera, también tiene necesidad de la estética, o bien, de aquel saber sensible que nos hace percibir la estructura relacional dentro de un fenómeno, entre los fenómenos mismos, y entre ellos y el sistema al que pertenecen. Por ello, el conocimiento requiere de la tensión metacognoscitiva de la metáfora. El conocimiento del mito, para Bateson, participa del mismo proceso mental que ha dado y da origen a la ciencia; además, las metáforas sobre las que ha sido tejida la mitología pueden representar una especie de “correlatos” a nuestros errores lingüísticos y epistemológicos (Sola, 2002). En concreto, aquellas derivaciones de la ciencia y la tecnología que han estructurado el saber occidental en torno a una lamentable ausencia de sabiduría sistémica conceden importancia al hecho de “leer” dentro de los mitos contemporáneos, o bien, de recoger las tensiones “representativas” de las imágenes sociales de la ciencia, de saber desestructurar, con su presunta neutralidad, la indudable verdad, la adhesión de sus códigos a la realidad. Eso es tan verdadero ahora como describir e imaginar el mundo en cuyo funcionamiento la materia y la energía a escala nanométrica es para todos nosotros una empresa bastante ardua. Gianfranco Pacchioni afirma: “Muy lejos de nuestra experiencia cotidiana, la manera en la que los objetos más pequeños se mueven, se reú-

nen, se dividen. Muy diversos los tiempos enormemente rápidos en los que devienen las cosas. Muy improbables, contrarias al sentido común, las leyes a las que obedecen estos fenómenos” (2008:9).

Somos nuestro conocimiento

Nuestra propuesta consiste en traer a la superficie la trama especulativa que puede servir a esclarecer los procesos a través de los cuales se puede construir el saber tecnológico, teniendo presente que los niveles y los procedimientos de la investigación están condicionados por las opiniones (que con frecuencia son sólo parcialmente conscientes) que el científico alimenta sobre el tipo de fenómeno que estudia. En resumen, queremos trazar a lo largo de estas reflexiones una suerte de epistemología del pensamiento narrativo, una vez aclarado que el pensamiento científico se sirve de representaciones unidas por las narraciones. Nuestro intento surge de la exigencia por clarificar qué es lo que está implícito, cuáles son las premisas de nuestra mirada, de nuestra indagación, porque el resultado de nuestro proceder tiene mucho que ver con aquello que es implícito, con las premisas. Bateson afirma: “Nosotros somos nuestra epistemología: lo que podemos percibir del yo es la metáfora que somos nosotros” (2004:345). Ciertamente nos identificamos con lo que decimos de nosotros mismos, lo cual no puede agotar nuestra complejidad, ya que sólo da una representación. Estudiar esta representación nos puede aclarar los procesos a través de los cuales llegamos a “aquel” conocimiento de nosotros mismos. Del mismo modo, estudiar las representaciones de la técnica y la ciencia nos puede ayudar a comprender la estructura de los razonamientos y procedimientos que han llevado a grandes descubrimientos y que también han abierto nuestro futuro a riesgos inquietantes, sobre todo cuando parece minar el equilibrio que rige las relaciones dinámicas de la vida sobre el planeta.

Respecto a ese propósito, Bateson afirma que también la naturaleza procede con metáforas: “la historia natural macrocósmica en la que se conforman las pequeñas historias naturales se conforma de tal manera que, si se comprende a una pequeña, se obtienen indicaciones para comprender la grande” (2004:354). La naturaleza, por tanto, es percibida como una matriz total, lo que significa que “cada organismo hace de sí mismo una imagen de la naturaleza bajo su limitada jurisdicción” (2004:182). La matriz es una epistemología de la recursividad, y Bateson continúa: “La tipología funcional de los circuitos internos que determinan el comportamiento (de un organismo) resulta ser un relejo, un diagrama microcósmico, de la matriz total, es decir, de la naturaleza, donde el microcosmos está inmerso y de la que forma parte” (2004:181).

La metáfora es una figura retórica en la que una descripción pasa de un ámbito a otro que contiene, respecto del primero, uno o más criterios de semejanza, pero, en este contexto, la metáfora amplía su significado más común porque se refiere a una procesualidad cognoscitiva y comunicativa vinculada, en las consecuencias de su proceder, a cualquier forma de semejanza. Así, llega a asumir una dimensión estructural del saber, también del “científico”,⁷ que igualmente se organiza en informes cuando se expresa y se construye a través de representaciones. Sobre esto, Bruner afirma que “los científicos utilizan toda suerte de apoyos, intuiciones, historias y metáforas para hacer que su modelo especulativo se adapte a la naturaleza” (1996:138), y aclara: “el proceso de hacer ciencia es narrativo. Consiste en producir hipótesis sobre la naturaleza, en verificarlas, corregirlas y poner orden en las ideas” (1996:140). También el aprendizaje de las teorías y de las nociones de la ciencia tiene necesidad de las narraciones y de las metáforas, desde el momento en que, como lo sugiere Bruner, “transformamos siempre nuestros intentos de comprensión científica en forma narrativa, o por decirlo así, de heurística narrativa” (1996:138). Blumenberg (2003) considera al *logos* y al *mythos* como dos discursos dotados de semejante dignidad, destinados a integrarse para acceder al conocimiento y a la legibilidad del mundo, porque su diferencia no es lógica sino morfológica, más aún, la densidad reflexiva de la metáfora, lejos de sufrir cualquier daño, nace propiamente de la riqueza y la pluralidad de su semántica. La multitud de sus significados y sentidos nos ayuda a elaborar trayectos más plásticos de significado acerca del mundo y nos predispone a ser más cautelosos en los procesos de crítica epistemológica.

Ciencia y tecnología representan el emblema de Occidente, marcan los confines de su identidad y participan de la autorrepresentación, pero ambas se identifican con los productos de la investigación sin tomar en cuenta que entre éstos, y subyacen abiertamente, aquellos mitos –como el de la innovación– que mucho tienen que ver con las epistemologías implícitas de los científicos, de los comités y de los consumidores. Es en tal *hábitat* de significados que el desarrollo llega a ser sinónimo de tecnología, mientras que ésta, a su vez, se lee en términos de propiedad intelectual y, por tanto, como emblema de la modernización occidental.

El saber científico occidental, como tradicionalmente se ha estructurado durante siglos, ha privilegiado procedimientos de tipo cuantitativo –datos y estadísticas que se traducen en cifras– y a un sendero lineal –orientado a individualizar la normatividad

⁷ Las comillas pretenden expresar, quizá de forma polémica, que no tiene sentido distinguir entre la ciencia “científica” y “humanista”; ambos sectores sirven, de hecho, como narraciones y metáforas, aun en el lenguaje matemático. Por tanto, tal separación sólo tiene sentido si es instrumentalmente utilizada, de manera transitoria, para definir el discurso y sin presuponer una especie de jerarquía implícita relativa al nivel de “cientificidad” de los distintos ámbitos del conocimiento.

y, en consecuencia, la predictibilidad de los fenómenos— con base en ideas, teorías y presupuestos teóricos, pero también ha experimentado los saltos y “rupturas” epistemológicas respecto a las tradiciones. Un lenguaje que paradójicamente niega su naturaleza hermenéutica, que se sitúa para aparentar la objetividad que fotografía la realidad, que niega también la extraordinaria creatividad de esas rupturas, de esos saltos que están en el origen de los “errores metodológicos”, pero también de grandes descubrimientos científicos. R. Thom en su *Apología del logos* afirma: “Cualquier taxonomía deriva de una hermenéutica, de una actividad interpretativa del espíritu capaz de explicar las transformaciones procedentes de la *doxa*” (1990:631).

Si es verdad que incluso el lenguaje científico utiliza representaciones, que expresa hermenéuticas y se organiza de acuerdo con una precisa gramática que estructura sus discursos, otra diferencia respecto al lenguaje poético o literario —artístico— es que sus resultados han privilegiado las cosas con respecto a las relaciones. De ahí la relevancia del cuantitativo sobre el cualitativo, y también del transcurso lineal respecto a otras organizaciones cognitivas. De acuerdo con esta perspectiva, un error posible de la ciencia occidental consiste en su carácter dicotómico que tiende a separar al intelecto de las emociones, al sujeto de la sociedad y a la humanidad de la naturaleza, al objeto de estudio de su contexto y del científico mismo, como si no existieran relaciones entre varios términos del problema que forzosamente son estructurales.

Desde el año 1600, la naturaleza es percibida como materia a la cual se interroga y transforma con base en un método, que se llama “científico” porque sigue determinadas leyes. Por ello, para Descartes (1673) el ser humano deviene dueño del mundo: *maître et possesseur du monde*. En esto hallamos la relevancia de una nueva reflexión ética sobre la naturaleza de la relación ciencia-sociedad.

Al planteamiento cartesiano Bateson contraponía la ecología de las ideas, es decir, el análisis de las relaciones entre el hombre y el sistema en el que vive, de la estructura que conecta a todos los seres vivientes al ambiente que tiene los rasgos evolutivos de su origen. La ecología de las ideas ve por la obtención de la *sabiduría sistémica*, es decir, conocimiento del sistema cibernético. Para lograr esto es necesario reunir a la conciencia con el inconsciente, a la mente individual con la mente más amplia del ecosistema. Los medios para obtener esta conexión son numerosos, y se refieren a la actividad en la que se utilizan todos los niveles de la mente: del arte, en todas sus formas variadas, a la religión, a la música, al contacto con la naturaleza, al amor. En esta concepción el individuo es la unidad de sobrevivencia *en su* ambiente, por tanto, éste es el trasfondo teórico de referencia para una nueva teoría educativa.

Sostenemos que para orientarnos en la abundancia de novedades tecnológicas que marcan nuestra cotidianidad es importante comprender al pensamiento mismo. White-

head afirma: “La razón tiene la tarea de comprender y aclarar los símbolos de los que depende la humanidad. Un informe adecuado acerca de la mentalidad humana requiere una explicación de (i) cómo podemos conocer verazmente, (ii) cómo podemos errar, y (iii) cómo podemos distinguir críticamente la verdad del error” (1969:8).

Ahora bien, la hipótesis de la cual se origina nuestra reflexión es que nuestra época cultural haya exacerbado la tendencia antisistémica, determinística y tecnocrática que está en el origen de la ciencia moderna, en la fragmentación superespecializada de un saber que cada vez más está sometido al imperio de un modelo único de pensamiento, de ciencia y tecnología. Un pensamiento que desde su origen —en los albores del 1600— se caracteriza por su esencia más procedimental que teleológica, un saber que realiza en sí mismo, en su propio progreso, el imperativo ético. Por ello, la escasa responsabilidad de la ciencia contemporánea en cuanto a la adopción de sus objetivos, ya que la deontología del científico expresa sus finalidades como buena ejecución, control y elaboración de los procedimientos, los cuales, si tienen éxito económico, serán los que mayormente condicionarán la investigación científica. La cuestión es problemática, cada innovación nos enfrenta con los límites éticos: ¿cuándo se debe detener?, ¿en qué medida debemos tener en cuenta nuestro deseo insaciable de experimentar, nuestro sentido de poder frente a la naturaleza, de manipulación?, ¿qué hacer cuando son un juego los mismos mecanismos de creación, cuando se alterará el orden natural?

Podemos afirmar que, como todos los sectores de la vida civil, en Occidente la ciencia está en gran parte vinculada al imperio de la economía; es una ciencia que, en general, produce tecnología para responder de manera atomística a los problemas globales que de esa manera son pensados como particulares, es decir, como “síntomas”. En 1947, Horkheimer y Adorno afirmaron que “la razón misma ha llegado a ser un simple accesorio en el aparato económico omnicompreensivo. Ella funge como utensilio universal en la fabricación de todos los otros, rígidamente funcional para su fin [...]. Finalmente se realizó su antigua ambición de ser sólo el órgano de los fines” (2006:38-39). La ciencia, desde su origen, tiene necesidad de producir técnica porque su tensión es esencialmente pragmática.

La presunta libertad del individuo, lejos de llegar a ser libertad de elección, se configura cada vez más como opción de comprar, y provoca, al mismo tiempo que es provocada, la comercialización de los bienes científicos y tecnológicos. A este propósito Marcuse afirma: “La tecnología provee una racionalización egregia de la no-libertad del hombre y demuestra la imposibilidad ‘técnica’ de ser autónomos, de decidir personalmente la propia vida” (1968:175). Pensamos que el problema de la relación ciencia-sociedad en nuestro mundo consiste en el supuesto dominio de la tecnología, no sólo porque estamos convencidos de que este “dominio” sea una construcción de la

mitología contemporánea, una representación mediante la cual la ciencia se ofrece a la opinión pública, sino porque, sostenemos, el problema consiste en la posibilidad, nada remota, de una sumisión de la ciencia y la tecnología a los intereses de los potentados de la economía. Por esto la necesidad de actuar de tal manera que los investigadores puedan elaborar un pensamiento mediante una competencia que los lleve a vigilar los procesos de construcción del saber más allá de la corrección de los procedimientos y de los métodos aplicados. Una competencia del sentido profundo y del destino de sus acciones, sobre el “por qué” y también sobre el “cómo”, sobre las relaciones que sus descubrimientos establecen en lo social, y también en las relaciones que están en la base de su heurística misma. Es éste el único modo de garantizarles una autonomía que los sitúe en las condiciones reales de expresar opciones de elección y en consecuencia de iniciar una posición ética. En concreto, los científicos deberían ser los primeros en saber comprender e interpretar los productos que inventan individualmente o en grupo. El problema, como se observa, es delicadamente ético por sus consecuencias, pero estrechamente epistemológico por sus presupuestos. La *forma mentis* que debemos educar debe contemplar tanto los aspectos de procedimiento como los fines. Por ello, una formación tecnocrática que contempla la adquisición veloz de los procesos, pero que no encuentra tiempo para formar un pensamiento crítico, no sólo es inútil, sino que también pone bajo riesgos incalculables a los individuos y a la sociedad. Si, como afirmó Severino (Boncinelli y Severino, 2008:136), la técnica es el método a través del cual se pueden realizar los contenidos, nuestras políticas educativas no pueden dejar de lado el conocimiento de los contenidos, lo que equivale a decir el saber es relativo a los fines. La ciencia, en sus actividades de exploración, como en sus construcciones tecnológicas, parece limitarse a los juicios de hecho para dejar de lado los juicios de valor. Por eso, el mito de la presunta neutralidad, pero en realidad los juicios de hecho son ya juicios de valor en la medida en que se decide no asumir el criterio de responsabilidad de las consecuencias que generan sus investigaciones. Por otra parte, si la ciencia y la técnica contemporáneas representan el espacio conceptual y operativo privilegiado para dar forma al devenir, no podemos negar que su acción sobre la materia, sobre el hombre, sobre el planeta, sea determinante desde el perfil de la ética.

Nuevas metas para la formación

Para orientarse en este nuevo, maravilloso y, al mismo tiempo, inquietante *hábitat*, es necesario apoyarse en un concepto de *conocimiento* que contemple los procesos y sus condiciones a través de una actuación recursiva de contextualización. Un conocimiento que

induzca a realizar actos y conocimientos de responsabilidad, porque vincula la acción al contexto, observa las concatenaciones y las consecuencias de los procesos, afina una estética —una actitud, una sensibilidad, una mirada— relacional. Debemos emanciparnos de las fragmentaciones, de las superespecializaciones, de las aproximaciones unívocas y de los estilos monocordes que produce la tecnocracia científica. Este saber ignora la ecología de las acciones humanas, está cegado por mitos que él mismo alienta, no puede producir conciencia epistemológica, no sabe confrontarse con la transitoriedad de los modelos y con la historicidad de la ciencia; huye de la reflexión ética (Morin, 1990).

La escuela, las universidades, los centros y departamentos de investigación pueden aprovechar un concepto de conocimiento que provea, al mismo tiempo, los procesos y sus condiciones a través de una acción recursiva de contextualizaciones. Tal conocimiento presupone una educación y una instrucción mucho más complejas y libres que las que podemos encontrar en el supermercado de la innovación contemporánea. Ella exige un pensamiento conectivo y saberes “solidarios” al grado de leer y enfrentar los problemas globales que incumben al común destino de la humanidad. Ahora más que nunca tenemos necesidad de descubrir y de asumir el principio de responsabilidad (Jonas, 1984). Tenemos necesidad de un saber que se fundamente en la ética y que produzca juicios morales, en concreto, que construya la relación entre conciencia intelectual y conciencia moral. Con esto se inserta nuestra reflexión en la estética como vía formativa de la ética. El conocimiento que promueve la experiencia estética es *etopoiética* porque es vinculante, es decir, establece nexos de significación entre ámbitos y lenguajes tradicionalmente vistos como extraños. Es *logos* que establece nuevas relaciones dinámicas entre signos y significados. Es la ocasión para realizar aquellas rupturas epistemológicas, señaladas por Bachelard, que están en el origen de todos los más importantes descubrimientos e innovaciones científicas. Al respecto, Whitehead afirma que

en cada simbolismo efectivo hay ciertos rasgos estéticos compartidos en común. El significado adquiere la emoción y el sentimiento directamente provocado por el símbolo. Esto constituye el fundamento del arte de la literatura, a saber, que las emociones y los sentimientos provocados de modo directo por las palabras deben intensificar adecuadamente las emociones y sentimientos que surgen en nosotros por la contemplación del significado. Además, en el lenguaje hay una cierta vaguedad del simbolismo. Una palabra tiene una asociación simbólica con su propia historia, sus otros significados y con su posición general en la corriente literaria. Así, una palabra adquiere significación emotiva por su historia emocional en el pasado; y esto se transfiere simbólicamente a su significado en su uso presente. El mismo principio rige para todas las clases más artificiales de simbolismo humano (1969:66-67).

Después añade, “El simbolismo [...] es meramente una ejemplificación de que una unidad de experiencia surge de la confluencia de muchos componentes” (1969:68).

La razón requiere de las tensiones estéticas para no resultar unilateral, tiránica, instrumental, y ocuparse de las relaciones más que de las cosas. La razón tecnocrática corre el riesgo de desaparecer en la investigación miope de lo inmediatamente útil, de la ganancia egoísta y por perder de vista la “sagrada unidad de todas las cosas”, tal como la define Bateson (2004). La racionalidad instrumental o la razón que no toma en cuenta las relaciones es antiética, como bien lo demostró Morin (2006) en el último volumen de sus estudios dedicados al método. ¿Qué significa esto concretamente?, que tenemos necesidad de un lenguaje científico que metabolice los conocimientos para ampliar sus estructuras, sus ecosistemas, sus instituciones, a la luz de una ecología de sus *transformaciones*. Es una ciencia *etopoiética*, porque los lazos que la sostienen en este proceso son lazos “solidarios”. Son actos de *réliance*, diría Morin, son relaciones de alianza; “la crisis ética de nuestra época es al mismo tiempo crisis de la *réliance* individuo-sociedad-especie. Es importante regenerar las fuentes de la ética: regenerar sus fuentes de responsabilidad-solidaridad significa al mismo tiempo regenerar el anillo de *réliance* individuo-especie-sociedad en y con la regeneración de cada una de sus instancias” (2006:15).

Existe una mitología sobre la ciencia más que una sabiduría epistemológica, como una clara percepción de la naturaleza metafórica que las representaciones científicas podrían descubrir y deconstruir. Tal mitología se basa sobre la supuesta neutralidad de la ciencia, de la investigación y de su intrínseca bondad: sus procedimientos y sus éxitos serían indudables. Nada podría ser más erróneo; los productos de la ciencia contemporánea son cualquier cosa menos neutrales, son ideológicos, porque reflejan y al mismo tiempo participan para construir cierta visión del mundo, influyen comportamientos, forjan epistemologías implícitas u oficiales, producen una cosmovisión. En el mundo occidental la ciencia tiene el monopolio de la interpretación, orienta el cambio de la sociedad y, por tanto, determina o condiciona grandemente los valores de la ética. Gobernar con conocimiento sus símbolos es el presupuesto de nuestra libertad y el fundamento de nuestra ética, afirma Whitehead:

El arte de la sociedad libre consiste, primero, en la conservación del código simbólico; y, en segundo término, en la valiente revisión para garantizar que el código sirva a esos propósitos que satisfacen una razón iluminada. Aquellas sociedades que no pueden combinar el respeto a sus símbolos con la libertad de revisión degenerarán en última instancia, ya sea por la anarquía o por la lenta atrofia de una vida asfixiada por sombras inútiles (1969:76).

Capítulo III

La sociedad

LA RELACIÓN DINÁMICA entre la ciencia y la sociedad exige precisar y profundizar el significado de cada uno de sus términos. Ya hablamos de la ciencia, ahora hablaremos de la sociedad. No pretendemos ofrecer en este espacio una teoría acabada de la sociedad desde el punto de vista sociológico. En general, los sociólogos dedican su esfuerzo a comprender las instituciones que forman parte de la sociedad, partiendo del hecho palpable de su existencia. Por nuestra parte, dado que nos interesa destacar la mutua relación que guarda la sociedad con la ciencia, presentamos una visión histórica de la sociedad a partir del hecho de que, como la historia humana, también la sociedad es producto de la acción del hombre en la medida en que éste construye las estructuras que considera idóneas para organizar y dirigir su propia acción y la de sus semejantes conforme al fin que persigue. Las instituciones, esta estructura por donde transcurre la vida de los individuos, son sus constructos que continuamente se modifican para adecuarse a las condiciones que cambian gracias a la acción del hombre, o por las mismas fuerzas naturales que están fuera de su control, como terremotos, huracanes, etcétera. Las modificaciones que experimenta la sociedad, como resultado de las acciones de sus miembros, son un objeto de estudio imprescindible para comprender y posiblemente controlar los efectos de dichas acciones sobre la estructura de la sociedad; nos referimos a la ciencia y a la tecnología, concretamente a la nanotecnología. Destacamos así la importancia y trascendencia de la acción del hombre para construir su momento presente y el entorno donde vive, sirviéndose de las aportaciones de la ciencia y la tecnología. Después de señalar la relación mutuamente creativa o conformante entre ciencia y sociedad, establecemos ahora que el dinamismo de la sociedad es inherente a ella, porque su origen está en la acción del hombre, quien explica su entorno y, con su conocimiento del mundo, construye instrumentos cada vez más poderosos para obtener aquello que requiere de la naturaleza para su sobrevivencia. Aquí estableceremos que la sociedad es intrínsecamente dinámica porque son seres humanos quienes la constituyen y porque ha estado sujeta a las modificaciones que el hombre, por su acción, ha introducido a lo largo de la historia.

El origen

A diferencia de los estudiosos de la sociedad (los sociólogos, que parten de la existencia misma de la sociedad y dedican su esfuerzo a comprender el funcionamiento de las instituciones que la componen), desde la filosofía podemos ir más atrás y cuestionarnos acerca del origen mismo de la sociedad. No podemos imaginar que ésta tenga otro origen diferente al hombre. El mismo Creador, del que habla la Biblia judeo-cristiana, narra que creó a la mujer “para que el hombre no esté solo”. No le trae una sociedad o unas instituciones, ni siquiera normas, sino que trae a la existencia, derivada físicamente del hombre mismo, a su compañera para constituir una pareja que asegure la compañía y la colaboración. La sociedad y todo lo que la integra (familia, instituciones, religión, lenguaje, educación, normas, costumbres, etcétera) se origina en el hombre mismo; su origen es antropológico, y ha tenido siempre por objeto optimizar las acciones individuales a través de la colaboración de todos sus miembros, pero también es un hecho que entre animales se da la colaboración, y se atribuye generalmente al instinto. Por tanto, es necesario distinguir a la sociedad humana de la sociedad animal en la que se da, como en las sociedades humanas, una estructura orientada a la cooperación para sobrevivir. Más allá de las estructuras que condicionan el comportamiento de los individuos en estas manadas o enjambres, o “sociedades de cooperación”, una sociedad humana trasciende dichas estructuras por la fuerza de la razón expresada en su capacidad de prever, es decir, de traer a la existencia con su intelecto lo que aún no existe, lo que luego le servirá de guía para actuar, y tiende a conseguirlo. Estamos ante el origen y la creación de la sociedad propiamente dicha, y de su dinamismo. En efecto, a diferencia de los animales cuya organización no varía, el hombre se ha dado costumbres, valores, creencias, instituciones, que han sido reemplazadas por otras, y que continúa haciéndolo como podemos apreciar, entre otras cosas, gracias a los aparatos que nos proporciona la técnica. Más aún, el hombre, a diferencia del animal, sabe que percibe lo que anhela, lo que aún no existe. La organización de su cerebro, a diferencia de otros animales, lo hace capaz de percibir que está percibiendo. Esta organización neuronal, esta capacidad de percibirse mientras percibe tanto el mundo físico como la realidad inexistente que anhela y persigue con su acción, es la base de la sociedad en la medida en que percibe y persigue el mejoramiento de su acción a través de la cooperación consciente y voluntaria de sus semejantes.

En efecto, el hombre primitivo, como ser racional y, por ello, consciente –a diferencia de los animales–, establece mecanismos de colaboración en función de un fin no sólo conscientemente establecido sino también compartido con sus semejantes. Esta colaboración, sin embargo, originó que los individuos se agruparan en una comunidad

original y tuvieran una comunicación consciente, porque otorgaron significado a los sonidos que emitían y percibían recíprocamente. El hombre primitivo, gracias a su conciencia original, tuvo la capacidad de generar signos a los que cargó con un significado, lo que dio origen al lenguaje. Éste se fundamenta en el simbolismo no para contemplar una creación intelectual o teórica, sino para obtener la colaboración que requería el hombre primitivo en su búsqueda de alimento y protección. Estamos ante la visión racional, teórica, de un fin aún no existente, ante un momento de creación que se sigue dando en todo ser humano en el momento en que decide actuar. Su acción siempre está guiada por un objetivo previsto, deseado y buscado por el individuo, que lo lleva a actuar. En otras palabras, la característica fundamental de la racionalidad del hombre consiste en su orientación hacia la acción transformadora de su entorno en colaboración con sus semejantes. Esta orientación es resultado y realización de su racionalidad, de su propia conciencia. Vemos que la presencia de la razón en la acción individual proviene de la capacidad del hombre para comprender su entorno y para actuar sobre él.

Por otra parte, toda acción, sea humana, biológica o física, como el habla, la división de una célula, el movimiento del sol o la formación de moléculas a partir de átomos, se caracteriza originalmente por su permanencia, es decir, que toda acción se origina en un contexto preexistente, acción a partir de lo que ya es. Dicho contexto integra en sí mismo la novedad o resultado de la acción que le da sentido; la acción genera una reacción; ésta, otra acción con su reacción, y así sucesivamente. Además, dicha permanencia se manifiesta tanto en lo que se logra a través de la acción como en aquello que dejó de ser o se modificó gracias a acciones previas. En otras palabras, la acción del hombre sobre el mundo ha formado un tejido observable, tanto en las diversas formas de organización social que se han sucedido a lo largo de la historia como en los rastros de transformación material sobre el mundo, tal como lo atestiguan las ruinas y objetos utilizados por diversas civilizaciones. A esta urdimbre estructurante, tejida por la acción del hombre a lo largo del tiempo y en los lugares donde se ha desarrollado, la reconocemos como historia. Las diversas civilizaciones, en consecuencia, constituyen el marco en el cual se recogen y cobran sentido los acontecimientos que el hombre realiza y los que han condicionado su organización y su existencia misma, como cataclismos o modificaciones físicas repentinas de gran magnitud. Sin embargo, en la medida en que se refiere a la acción de los individuos, toda civilización puede ser vista como el lugar donde se han realizado las escenas de libertad del ser humano, una libertad en cuya concreción interviene su entorno, como elemento determinante, y la novedad creadora que se manifiesta en cada acción realizada en el tiempo.

Conviene destacar que la misma historia hace posible ver que ningún individuo es independiente de la estructura social ni de los demás individuos que la componen, sino

que existe una dependencia interna en la cual todo depende de todo. De esta manera, la libertad implica la necesidad, porque no es totalmente independiente ni el individuo ni su acción de todo el conjunto que lo envuelve. La libertad es necesariamente histórica, es decir, se da en un contexto que es resultado de acciones anteriores que han conformado una determinada estructura. Esta necesidad, puesto que es un elemento común que se hace presente en la acción, procede de acciones anteriores, es el origen del orden que da vida a la sociedad. Este orden inmanente, o presencia de acciones anteriores en la sociedad, no es una imposición absoluta sobre los individuos, sino sólo un elemento que interviene en su decisión. En el fondo está, quizá, la limitación ontológica de cada ser que requiere de “lo otro”, de su colaboración, para existir. Así pues, llegamos a concebir la sociedad como un gran nexo o una gran comunidad en la que todo está vinculado con todo, en la que la interdependencia es la forma de existencia de cada individuo que la compone (Gadamer, 2001:261); en ella se genera un orden que expresa tanto su inmanencia como su trascendencia; un organismo que requiere cambiar para permanecer en la existencia.

Podemos afirmar, por lo anterior, que la sociedad es el resultado de la acción del hombre sobre la naturaleza, acción que corre en dos vías: el conocimiento del mundo y la modificación del entorno inmediato que repercute luego en toda la realidad. El resultado de dicha acción altera la realidad del mundo y genera una novedad que se acumula en la conciencia de cada individuo y que simultáneamente da pie a la formación de una estructura que sirve de seguridad y guía para la acción individual que persigue y obtiene su propio bien.

Como un organismo

La formación de la sociedad, si bien tuvo un origen en el tiempo, que coincide con la acción consciente del hombre sobre el mundo, no tiene rasgos de estabilidad completa sino de movimiento permanente porque recoge la acción total del hombre mismo. Además, cada acción individual constituye un elemento conformante de su misma sociedad. Estamos frente a la dicotomía de la individualidad y la universalidad, aquí planteada en la misma acción, sin relación inmediata hacia el concepto de *norma* que se impusiera a la acción individual. Ahora bien, ¿es posible construir la universalidad desde lo concreto de la acción individual? Parecería que la vinculación del individuo con su colectividad no viene necesariamente de ésta, sino de la búsqueda concreta del bien individual, en la que coincide con la necesidad existencial de lo otro, de su entorno social.

Hemos argumentado ya a favor de la permanencia que proporciona el contexto a la acción humana. En efecto, en una sociedad, antes que el orden en el que rápidamente es ubicada, está el nexo que une a sus miembros; previamente existe un lazo que los une sin tomar en cuenta la acción que desarrollen, e independientemente de la sociedad que constituyan. Lo que permite que exista esta unión o comunidad entre los individuos de una sociedad, antes que su acción, es la necesidad ontológica de todo ser que lo impele a permanecer en su propia existencia. Sin embargo, la acción, revestida de finalidad, trae a un punto espacio-temporal tanto la intención como su materialización, es decir, pone en el espacio y en el tiempo la existencia individual vinculada necesariamente con el entorno. Observamos que el nexo, o elemento vinculante y constituyente de una comunidad, tiene doble dimensión: es presencia determinante, como elemento que favorece la permanencia en el ser, y también es fuerza que impele a la trascendencia para permanecer en el ser.

De esta manera, el nexo que constituye a la sociedad está presente en toda acción individual y le otorga ese sentido de trascendencia cuando con ello persigue su propio fin. Al mismo tiempo, en la sociedad el nexo tiene características de inmanencia en la medida en que determina la acción de cada uno de sus individuos y también porque asimila la novedad derivada de dicha acción. Por consiguiente, en una sociedad están presentes y actuantes una dimensión de inmanencia y otra de trascendencia, la cual lleva a la novedad no sólo al individuo actuante sino también a la sociedad misma. La trascendencia se da por el hecho del salto que trae consigo toda acción: salto del momento presente u ocasión en que existe, hacia otra ocasión de su misma existencia, hacia lo nuevo, lo que no existe, y al mismo tiempo en toda acción está presente el pasado no sólo del individuo, sino de la estructura social a la que pertenece y que éste interioriza en su existencia: “la preocupación por el futuro de la existencia personal, el orgullo o lo lamentable de su pasado, son sentimientos que, por su acción, hacen saltar al individuo más allá de los límites de su existencia presente” (Whitehead, 1967:291). Ciertamente, al perseguir su propio bien, el individuo abandona, de cierta manera, su existencia previa, se trasciende. De igual forma, la sociedad se trasciende a sí misma gracias a la acción realizada en cada momento por todos los individuos que la integran. Esto mismo sucede con la naturaleza: constantemente se trasciende a sí misma por la inmanencia que guarda con los miembros que la constituyen. Por ello, el dinamismo de la sociedad —este desenvolvimiento constante—, gracias a su acción, es sinónimo de su existencia; en palabras de Whitehead, es una aventura, pues para este autor la aventura, el proceso de cambio permanente, es la propiedad que describe todo lo que existe. Así, la sociedad, como cualquier organismo y en cualquier entidad, sólo tiene dos alternativas: avanzar creativamente o decaer cuando pretende estabilizarse en su propia existencia.

Ya señalamos que el nexo o lazo común que subyace en toda sociedad es también la base del orden que apreciamos en ella. Se trata de una interdependencia existencial que no puede venir de fuera, sino que se construye gracias a la introducción de novedad, que se consigue en la medida en que coincide con el objetivo de cualquier ser humano: la permanencia en el ser o en la existencia, lo cual también sucede en todo organismo viviente. En efecto, cada célula que compone a un organismo actúa buscando su bien individual, pero ese bien se engloba en un contexto más amplio del organismo mismo. Conforman un elemento común que es característico de la armonía que respecto a la vida se observa en cualquier ser viviente. En la acción humana se da, por consiguiente, una coordinación entre la acción de cada individuo con el todo existencialmente vinculado de una sociedad. La coordinación de cada acción en un todo –donde prevalece la espontaneidad, la originalidad de decisión, la libertad– redundan en una organización con otros individuos cuya acción también queda integrada en el todo. Esta función unificadora que se organiza en la armonía, desde Platón, es atribuida a un principio espiritual, conocido como “alma” en los organismos vivientes, y posteriormente ha sido aplicado –v.g. Herder (Berlin, 2000:231)– a la sociedad humana (Whitehead, 1967:208).

De acuerdo con lo anterior, podemos afirmar que la sociedad existe y funciona como un organismo, por la naturaleza misma de la acción, puesto que toda acción –en su nivel ontológico– requiere necesariamente de una dimensión de inmanencia y de otra que la lleva a trascenderse. Dado que la sociedad es el resultado de la acción de los individuos que la constituyen, ésta participa de dos dimensiones. En efecto, la inmanencia presente en la acción procede de la sociedad, pero la acción individual repercute también en la conformación de la misma, es decir, la sociedad, esta inmensa comunidad de individuos, es resultado de la acción que ya han desarrollado, y como tal constituye el pasado que los determina, y al mismo tiempo vuelve a ser resultado de la acción realizada por sus miembros. En otras palabras, el pasado y el futuro de sus miembros es lo que constituye, paradójicamente, a una sociedad. Por tanto, este dinamismo, expresado en la novedad que se incorpora a la sociedad, constituye un punto central si volvemos nuestra mirada hacia la ciencia y la tecnología, las cuales han aportado y aportan constantemente novedades que modifican paulatina pero radicalmente las condiciones teóricas y materiales de la sociedad, que luego son asumidas por el individuo para incorporarlas a su propia acción. De esta manera, en el individuo, la novedad aportada por la ciencia se transforma en fuerza viva orientada hacia la construcción de nuevas realidades físicas. Así como la vida consiste en coordinar la espontaneidad variante de su entorno, la sociedad se desenvuelve también en el tiempo por la espontaneidad o creatividad de cada individuo que la compone, acción transformadora de cada individuo en el marco de la historia.

La fuerza que está presente en toda acción inicialmente está presente en el hombre; éste, al actuar, la desata para influir en su entorno y lograr lo que se propone. El individuo, por tanto, es un núcleo de fuerza viva que transforma su entorno: la sociedad, la naturaleza, y transforma, tanto física como teóricamente, al mismo individuo actuante. Es éste el punto donde la acción humana adquiere su dimensión de responsabilidad. La transformación que el hombre desata en su entorno tiene una dimensión de novedad originada en dicha acción, lo cual hace que, quien la realiza, sea responsable de la acción transformadora; responsabilidad que alcanza a la sociedad misma, a su entorno físico y biológico, pero también a su existencia otorgándole una dimensión moral.

Las costumbres de cualquier sociedad pueden ser un ejemplo para ilustrar el proceso en que vive una sociedad. En efecto, las costumbres existen en cualquier sociedad antes que el individuo actual haya venido a la existencia. La costumbre determina la acción del individuo en la medida en que éste la asume como algo ya incuestionable en la mayoría de los casos. Puede decirse que la costumbre influye sobre la acción del individuo, y que éste, incluso, se esfuerza por ajustarse a ella; así observamos de nuevo la presencia actuante del pasado. Por otra parte, la acción del individuo puede separarse total o parcialmente del dictado de la costumbre por el carácter de novedad, trascendencia y creatividad que posee dicha acción.

Innovación y trans-formación

La acción humana, que se realiza entre la inmanencia y la trascendencia, permite concebir la sociedad como una entidad necesariamente proyectada hacia el futuro, cuya existencia es una aventura permanente, un *locus* en el que coexisten tanto el pasado hecho presente —ese sentimiento que guía a la acción— como la presencia de un futuro aún inexistente, pero presente en la medida en que guía a la acción misma. Destacamos la presencia determinante de la acción como elemento central que explica a la sociedad. La acción individual realizada por el conjunto de individuos, relacionados gracias a dicha acción, es decir, interactuantes, consiste en un movimiento consciente para apropiarse de la naturaleza. Coincide esto con el concepto de *vida*, y se aplica a todo organismo. En este sentido, la sociedad puede ser concebida como un organismo viviente. En efecto, si la sociedad en su conjunto se muestra como estable, sólo lo es en apariencia, porque sus cambios son la suma de los cambios en el espacio y el tiempo de cada individuo que la compone; en la medida en que bajamos de nivel hacia el individuo —sus órganos, sus tejidos, sus células, sus moléculas, sus elementos—, el cambio se realiza en menores lapsos. Es posible observar un proceso que consiste en un devenir permanente,

en el cual lo que ya es deja de ser para devenir en algo que antes no existía. Todo esto se realiza gracias a la relación física en la que existe cada entidad. Por esta razón afirmamos que existir es sinónimo de devenir o de llegar-a-ser. Toda sociedad, por tanto, es una síntesis en la que se entrelaza constantemente lo que fue con lo que aún no es. Puede observarse en esto la fuerza original y universal del eros, que impele inexorablemente a cada entidad hacia “lo otro”, hacia lo que no es, y busca con ello permanecer en su propia existencia, que es limitada y parcial.

Por otra parte, toda acción humana necesariamente tiene una dimensión cognitiva, porque se basa en el conocimiento que el sujeto actuante tiene acerca de su entorno y del mundo. Este conocimiento, sin embargo, por la misma naturaleza de su ser y de aquellos entes con los que se relaciona, no versa sobre lo absolutamente estable, sino que se fundamenta en la interpretación, que puede asimilarse a la “apariencia” de la realidad tal como la concebimos. En efecto, el conocimiento que tenemos de la realidad es intersubjetivo, y se origina en la interacción con el entorno que percibimos sensiblemente. Es por esto que tanto el conocimiento del mundo como la acción que sobre él realiza el individuo se ubican en el contexto de la realidad misma, que de inicio se le impone tal como lo señalamos, pero dado que la acción se basa en el conocimiento, no puede ser ajena a la misma forma en que todo individuo construye el conocimiento del mundo. Zygmunt Bauman sostiene que “debemos crear el bien en condiciones inciertas y conocidas imperfectamente. El proyecto de autonomía es fin y guía, pero no resuelve eficazmente las situaciones reales. Así, el ‘conocimiento imperfecto’ es la incertidumbre de las condiciones y de los resultados [que] acompañarán probablemente nuestros esfuerzos para ‘crear el bien’ mientras duren tales esfuerzos” (2002:40). En efecto, es imperfecto nuestro conocimiento del mundo porque versa sólo sobre su “apariencia”, es decir, sobre nuestra experiencia de la realidad que está determinada por nuestra limitación existencial y por los condicionantes sociales a los que nos hemos referido como inmanencia. Nuestra verdad consiste en nuestra aspiración para hacer coincidir la apariencia con la realidad, nuestra experiencia con la existencia absoluta de las cosas. Si nuestro conocimiento del mundo tiene estas características, nuestra acción sobre él y su impacto sobre nuestro entorno muestran tanto su debilidad como su dinamismo. Por tanto, la dicotomía apariencia-realidad es la base del dinamismo no sólo de la sociedad, sino también de la existencia misma de los individuos que la conforman, porque ésta depende de su interacción con el entorno.

La realidad interpretada –sinónimo de nuestro conocimiento del mundo–, que existe en el origen de nuestra acción, incluye a la emotividad como expresión de lo que ya fue, la cual trae a la existencia particular de cada individuo la nostalgia, la emoción, los anhelos, las pasiones, etcétera, pero también trae el deseo de novedad y un reclamo de autoafirmación en cada circunstancia. En este mundo necesariamente interpretado en

el que se desenvuelve la existencia del hombre, la técnica se presenta como un conjunto de bienes deseables para su propia autoafirmación, y generalmente se le ofrece como la ocasión de participar en la “moda” que se impone a la sociedad. De esta manera, la ciencia y la tecnología pertenecen a la sociedad como elementos que participan en su proceso de cambio permanente.

Si tomamos en cuenta que nuestra realidad es un permanente devenir, la verdad se entiende como la coincidencia entre la “apariencia” y la “realidad”, como antes lo señalamos. Esto entraña un anhelo de verdad, que es guía de la acción humana, pero también un anhelo de belleza en la medida en que tiende hacia la perfección. Estos anhelos expresan la trascendencia por la que el hombre busca permanecer en la existencia. La búsqueda de la verdad y de la belleza a través de la ciencia y el arte se nos impone, en consecuencia, como una tendencia existencial para superar la finitud propia del hombre; introduce una creación mental que se realiza en lo concreto y que lo hace trascender, paradójicamente, su propia finitud. Por ello, Whitehead (1967:272) considera que por la ciencia y el arte el hombre persigue conscientemente a la verdad y a la belleza. Se trata de una persecución constante porque ninguna de ellas es alcanzada plenamente en ningún momento, dado que la perfección no existe. La civilización, en consecuencia cada sociedad, es el resultado de esta búsqueda o construcción de verdad y belleza, la cual es, en efecto, construcción histórica, y no un camino único –aunque fuera sinuoso– para alcanzar una verdad o una belleza que existieran en algún lugar desconocido al que finalmente pudiéramos llegar. Por otra parte, podemos considerar que esto nos pone ante la tragedia, que resulta de la búsqueda de la verdad y la belleza, y el inevitable fracaso porque nunca se les alcanza. Se trata de una búsqueda que se realiza en lo finito, en la concretud de los individuos, pero en ellos destella la armonía de la trascendencia, que quiere ser inmortal. La civilización a través del arte presenta a sus miembros ese destello de inmortalidad: la apariencia de la perfecta armonía y, a la vez, la certeza de que no ha sido conseguida.

Por otra parte, la presencia inmediata del individuo ante su entorno es también la presencia de esta dimensión de la realidad: la apariencia y la realidad, la verdad y la belleza, la ciencia y el arte. Es la experiencia de cada individuo en la que ambas resultan unidas; es el momento de la presencia del mundo frente al individuo, la realidad suprema de la estética: un momento de realidad y creación, de presencia física y elaboración conceptual, que versa sobre el mundo experimentado en cada momento concreto. Es, en definitiva, la sociedad misma en un proceso de permanente autocreación. En este dinamismo la ciencia y la tecnología juegan un papel preponderante porque permanentemente aportan novedades, tanto respecto de la verdad como de la utilidad –una vertiente de la belleza–, para una vida plena.

La fuerza de la influencia que manifiestan la ciencia y la tecnología sobre la sociedad es tal, y es tan constante la determinación que ejercen sobre el individuo, que podríamos comprender la evolución de la humanidad tomando como eje las novedades introducidas por ellas. Baste con señalar algunas para dejar sentado cómo han conformado a la sociedad:

- Los medios de transporte utilizados por el hombre han determinado sus costumbres y su organización; la sociedad actual sería incomprensible e inoperante sin la introducción de los motores de combustión interna, que permiten el transporte masivo de personas y mercancías por cielo, mar y tierra, dándole una forma de ser diferente de otras en las que el transporte se realizaba en vehículos movidos por la fuerza animal.
- La comunicación y el procesamiento de la información, que hoy nos parecen cada vez más normales por su accesibilidad, volumen y rapidez con que se desarrollan, serían incomprensibles sin los circuitos integrados hechos con silicio. Gracias a la nanotecnología, tendrá un crecimiento exponencial la capacidad de procesamiento y almacenamiento en aparatos muy pequeños que requerirán menos energía para su funcionamiento; serán más poderosos, más eficientes por los nanomateriales y, seguramente, más baratos. Esto pone al hombre actual ante una masa de información, hasta hace poco inimaginable, que está generando nuevas prácticas profesionales, nuevas costumbres, nuevas formas de relación humana, en las que el tiempo y el espacio cobran nuevo significado.
- Los avances en el cuidado de la salud, gracias a la medicina, han aumentado significativamente el periodo de vida de los individuos, y con ello han traído consecuencias en la estructura demográfica de la sociedad mundial, que crean nuevas formas de legislación, de vida, de costumbres, basadas en los requerimientos de un sector de la población que hasta hace poco era considerado irrelevante, pero que cobra importancia sobre todo por su número cada vez mayor.
- La familia, considerada la institución básica de la sociedad, está siendo objeto de nuevas connotaciones derivadas de la ingeniería genética. La manipulación genética aplicada a los humanos está propiciando la introducción de nuevas legislaciones que ordenen las recientes prácticas de reproducción y convivencia humanas.
- Los fármacos anticonceptivos han favorecido cambios determinantes en la autovaloración de la mujer y en su papel en la sociedad actual.
- La teoría atómica ha traído cambios en la industria energética mundial y ha generado una nueva estructura de poder en el mundo, que pretende “ordenar” el acceso de los países al control y utilización de la industria atómica, tanto en aplicaciones pacíficas como para la destrucción masiva.

Esta breve mención de los avances científicos y tecnológicos introducidos en nuestra sociedad y de los cambios provocados en ella pretende sólo apuntar hacia el origen del dinamismo al que nos hemos referido, porque dichos avances modifican radicalmente las estructuras que determinan la vida de los individuos que la integran. Nos referimos, entre otros, a la organización del trabajo que modifica gradualmente a toda la sociedad, pero sobre todo a la misma práctica laboral en la medida en que surgen nuevas relaciones y prácticas de trabajo. En efecto, la introducción de nuevas relaciones entre quien construye una nueva herramienta, quien la utiliza y quien se beneficia del trabajo realizado con ella (Spohrer y McDavid, 2006:232) genera nuevas estructuras de organización, nuevas costumbres, nuevos valores y, en general, una nueva visión del mundo.

La estructura política de la sociedad también se ve modificada por la introducción de los resultados de la ciencia y la tecnología, porque éstas introducen nuevos polos de poder que determinan su ejercicio. Es el caso del poder económico, que ha adquirido tal preponderancia en la sociedad mundial, por su control y autobeneficio de los logros obtenidos en la investigación y desarrollo de la ciencia y la tecnología, que ha sometido al poder político, cuya obligación original consiste en orientar la actividad económica en beneficio de todos los ciudadanos; sin embargo, está sometido a los intereses del poder económico en detrimento de la población mundial. De esta forma, las costumbres de individuos, familias y grupos sociales son transformadas de tal manera que sucumben al atractivo de la moda y el estatus que les proporcionan los nuevos aparatos introducidos al mercado, que son resultado de la ciencia y la tecnología a las que nos referimos; se encuentran sometidas al beneficio de unos cuantos; esto trae una nueva forma de sometimiento del individuo, hasta hora inédita. Paradójicamente, el resultado de esto es que el sujeto mismo, en nombre de su independencia racional y su libertad consciente, actúa —de hecho— sometiéndose a una ciencia y tecnología que aparentemente le ofrecen todos sus beneficios, porque éstos, de hecho, se concentran en unos cuantos.

Un papel central en el cambio de la sociedad es el que juega la educación, que al constituir el mecanismo de sobrevivencia de los conocimientos, costumbres y valores de la sociedad no sólo recibe la influencia de la ciencia y la tecnología, sino que es la institución destinada a transmitir el conocimiento y prácticas aportados por ellas, pero que de hecho también transmite una actitud de sometimiento a la que nos referimos cuando mencionamos la permanencia como elemento conformante de la acción humana. Es en la escuela donde confluyen la permanencia y la trascendencia de la sociedad, como fuerzas determinantes de la acción humana. Reviste por ello una importancia determinante, tanto para la vida individual como para la sociedad misma.

El indiscreto atractivo de la ciencia

Casi a diario la agenda política y el debate social son determinados por problemas de carácter científico y de innovaciones tecnológicas, mientras cada vez con más frecuencia los ciudadanos son llamados a expresar su opinión a través de sondeos o referendos sobre temas técnico-científicos de gran complejidad. Se trata de un cambio radical que la ciencia ha ejercido, tanto sobre la política —ya muy deteriorada en su autonomía respecto de la economía— como sobre la naturaleza misma de la democracia. Por otra parte, asistimos a importantes transformaciones en los procesos de construcción del conocimiento científico, que no se desarrolla ya en la universidad ni con dinero público:

numerosos estudiosos —y numerosos exponentes del mundo de la investigación— sostienen que la ciencia de hoy presenta importantes diferencias significativas, no sólo en el plano de su organización, con la ciencia que habíamos aprendido a conocer: la ciencia académica, particularmente la *big science* que se había realizado en los países industrializados a partir del periodo interguerras. Ésta era una ciencia fundada sobre la centralidad de grandes instituciones de investigación —las más públicas—, con grandes inversiones financieras —ellas también casi todas de origen público—, y sobre una sólida relación financiera entre el poder político y un reducido grupo de expertos (Bucchi, 2006:52).

Respecto al pasado, notamos la cercanía entre la investigación, casi la sobrevaloración, que termina en procesos de innovación sociocultural, el resultado es que se cambia la ciencia y la sociedad. En todo esto, la respuesta tecnocrática a las dudas y cuestiones aparece totalmente insuficiente, y consiste en aquellas argumentaciones técnicas que responden a la descripción del fenómeno y que no prevén la necesidad de un abordaje sistémico, ni de una competencia epistemológica acerca de la visión del mundo que tal fenómeno y su comunicación comportan. Esta postura tecnocrática puede inducir, de buena fe, a exigir elecciones y decisiones importantes, para el futuro de la humanidad, a los científicos o a los técnicos que, de vez en vez, fueran cuestionados sobre eventos particulares de interés científico o tecnológico. Pero el conocimiento tecnocrático, tal como lo hemos descrito, pierde de vista el contexto y la concatenación de eventos que las correctas soluciones técnicas a los problemas particulares causan sobre los problemas globales (por ejemplo, la cuestión ambiental, el terrorismo, las pandemias, la crisis económica, etcétera). Incluso, el conocimiento tecnocrático, por su naturaleza, ignora ampliamente las implicaciones sociales, económicas y culturales. Por otro lado, resulta utópico perseguir el objetivo de una sociedad civil experta frente a las distintas especializaciones que intervienen cuando surgen problemas de carácter científico. Tal es el

caso del impacto ambiental de las centrales nucleares, por ejemplo. Así pues, ¿cómo negar que frecuentemente la comunicación científica responde más a las exigencias de la agenda política que a una información democrática y que tal agenda esté condicionada por las exigencias de grupos de poder económico, alejados poco o mucho del interés general? La transparencia y la oferta de la comunicación en materia de ciencia y tecnología tienen mucho que ver con problemas de este tipo, que, de hecho, cambian las retóricas sociales y los juegos de la política. En esto interviene con todo derecho el poder persuasivo que el estatus de la ciencia ejerce como el producto más elevado de aquella lógica, propiamente humana, que se autodefine en términos de universalidad, objetividad y verdad. En consecuencia, acogerse al discurso científico significa absorber la misma indudable autoridad, acrecentada por el hecho de que el discurso científico se presenta como neutro, es decir, ajeno a cualquier contaminación ideológica. Esta presunta neutralidad choca con los códigos normativos y de valor diversos que, a su vez, generan fracturas comunicativas dentro de la comunidad científica.

Ante esto se impone la cuestión ética. ¿Cómo es posible hablar de ética, de una ética que supere la deontología del correcto uso científico en un espacio de concertación común en torno a una jerarquía de valores? Pensamos que la construcción de tal espacio es imprescindible desde un punto de vista crítico, complejo, conectivo: un pensamiento capaz de orientarse en lo actual y de elegir con conocimiento de causa. Por ello creemos que es muy interesante estudiar –en el sentido cotidiano de la deconstrucción– las retóricas, las narraciones, en suma, toda la literatura que surge en torno a las nanotecnologías en cuanto producto evolucionado de la ciencia contemporánea.

Analizar las tendencias más recientes de la relación entre la investigación científica de última generación y la comunicación social, que contempla y representa, es objetivo y contenido educativo de gran interés. Es un objetivo porque lleva al pensamiento crítico a través de una praxis de lectura-deconstrucción que va más allá de las exigencias de la tensión publicitaria y de mercado que inevitablemente se refieren a toda la comunicación pública, y porque se refiere a la comprensión más libre de sugerencias inducidas, lo que resulta ser indispensable para ejercitar una opción de elección además de adquirir una buena información. Es también un contenido, porque ofrece material de reflexión para una hermenéutica de lo contemporáneo, la cual, a su vez, provee instrumentos de lectura y orientación –una vez más, crítica– acerca de una de las cuestiones más determinantes del presente. Consideramos que este “objetivo-contenido” puede ser muy útil para la formación del ciudadano común, pero también para aquella, específica, del investigador, porque le permitiría ejercer el derecho-deber a la información y a la divulgación científica con mayor libertad e influencia, sea por las políticas públicas o por las inversiones en materia de investigación e innovación. Al respecto, Massimiano

Bucchi afirma: “Sucede... siempre más frecuentemente que el anuncio de un descubrimiento científico haga subir las acciones de la bolsa de aquella empresa que ha invertido en ese proyecto en particular; o también que los intereses comerciales en juego tengan un impacto significativo sobre los mismos procesos de comunicación y participación que están tradicionalmente en el centro de la investigación” (2006:54). Los procesos de aprovisionamiento de los financiamientos tienen influencia tanto en la organización de la investigación como en la identidad profesional de los estudiosos, y sobre la percepción que la sociedad civil tiene acerca de la ciencia. La transformación del conocimiento científico en producto de mercado tiene evidentes repercusiones en el plano de la misma heurística científica y exige un léxico adecuado que se proporcione tanto en el producto por vender como en su comercialización. Un léxico que, con toda probabilidad, estará estructurado con fines mercantiles, porque la publicación de los resultados científicos y tecnológicos puede entrar en conflicto con la exigencia del secreto industrial previsto en su uso comercial. De hecho, frecuentemente no conviene hacer públicos los logros de determinadas investigaciones, ni sus progresos, ni daños (ambientales, sanitarios, etcétera) que pueden producir. Como ya lo anticipamos en los capítulos precedentes, una buena competencia sobre la semántica profunda de los lenguajes científicos, la capacidad de precisar la contaminación epistemológica y asumir metáforas y sus repercusiones sobre una u otra disciplina, son la base de la posibilidad de crear clarificaciones epistemológicas indispensables para orientarse en ese *multiversum* simbólico. En concreto, hablamos de las bases metodológicas para llegar a una enseñanza interdisciplinaria, que, desde diversas posturas, es vista como panacea de todos los males de la escuela. Se ha dicho que la investigación científica de última generación contempla: “científicos formados en el campo de la física pasan a la biología. A esta migración corresponde, según la reconstrucción de algunos historiadores, la correspondiente [reconstrucción] de los modelos conceptuales y las metáforas paradigmáticas: el gen sería, en este sentido, para la biología contemporánea lo equivalente a lo que el átomo había representado para la moderna teoría física” (Bucchi, 2006:67).

La crisis de la educación científica

Pensamos que, para este complejo conjunto de motivos, una hermenéutica desestructurante puede ser insertada con éxito en las propuestas formativas de la escuela y de la universidad, y que a diversos niveles de complejidad también pueden seguir algunos filones de análisis:

- 1) La gramática del discurso en la comunicación científica especializada en la divulgación multimedia (diferencia del registro lingüístico entre televisión, diarios y revistas de divulgación científica); por lo que respecta a la televisión, conviene analizar los diferentes lenguajes de entretenimiento de contenido científico, así como los documentales y transmisiones específicas dedicadas a temas de interés científico.
- 2) Las interacciones entre lógicas de mercado y emergencias sociales.
- 3) La competencia epistemológica en el cruce entre prácticas y creencias relativas a la ciencia, tanto a nivel especializado (las epistemologías implícitas de los científicos) como al nivel de la sociedad civil (el público que disfruta la información-divulgación científica de los productos que elaboran la ciencia y la tecnología).
- 4) La relación entre economía e inversiones para la innovación (las políticas formativas de naciones y comunidades, la contribución de los particulares).
- 5) Los aspectos relacionados con el alfabetismo científico y su relación con el gozo de los contenidos científicos.
- 6) El impacto comunicativo a nivel social de los museos, muestras, festivales y ferias donde se exponen y presentan los resultados de la ciencia y la tecnología.
- 7) La implicación social de las manifestaciones o movilizaciones sociales respecto a cuestiones científicas de gran actualidad (por ejemplo, el problema ambiental, el clima, la eutanasia, la fecundidad asistida, los alimentos transgénicos, las células-madre, los riesgos ligados a las nanotecnologías, etcétera).
- 8) Los diferentes lenguajes de los actores de tal comunicación (investigadores, políticos, empresarios, periodistas, religiosos, comités y asociaciones, ONG, etcétera).
- 9) La contaminación de los códigos lingüísticos en la interacción entre negocios e investigación.
- 10) La didáctica y la epistemología de la ciencia en los distintos niveles escolares y en la formación de los científicos.

Estos ambientes de reflexión revisten una gran importancia para comprender la entidad y el papel de las actitudes de confianza o pesimismo en relación con los problemas más actuales vinculados con la ciencia de última generación, sobre todo por los radicales cambios que introduce en el campo de la ética (Arzentone y Bucchi, 2009). Por ello, consideramos que es importante analizar críticamente algunos puntos cruciales de nuestra contemporaneidad:

- 1) La supuesta neutralidad de la ciencia y la tecnología.
- 2) Los cambios que introducen en el comportamiento colectivo, en las costumbres y en la ética.

- 3) La relación costo-beneficio a escala planetaria, ciertamente, no sólo para los países pioneros en la tecnología sino también para los del llamado Tercer Mundo (ecología, agotamiento de los recursos de los países en vías de desarrollo, etcétera).
- 4) La cuestión de la libertad de investigación frente al mercado de la relación, de la política.
- 5) La querrela entre la transparencia en la divulgación y la información, y la propiedad intelectual de los descubrimientos y las patentes.
- 6) La contribución de las ciencias humanas al desarrollo de las disciplinas científicas y a la aplicación de tecnologías.
- 7) Los métodos y criterios de selección y reclutamiento de los estudiosos en las universidades y centros de investigación.

La relación ciencia-sociedad, como ya hemos dicho, se caracteriza por un gran dinamismo que involucra también las cuestiones éticas; por ejemplo, cómo han cambiado algunas categorías conceptuales arquetípicas, como la vida, la muerte, la familia, etcétera. Otro ejemplo son los dilemas éticos evocados por el registro de patentes sobre organismos vivos, y la consiguiente preocupación por la violación de los códigos genéticos y el riesgo de su aprovechamiento económico.

En cuanto a las recientes indagaciones acerca de la relación ciencia-*mass media* (Buchi y Neresini, 2010), puede apreciarse cómo el impacto que tiene la ciencia sobre el cambio de costumbres y valores generalmente crea alarmismos y desconfianzas. En particular, en la biomedicina han generado grandes aprensiones los problemas vinculados con el tema de la eutanasia, la cuestión ambiental ligada al riesgo de una explosión nuclear, el clima, la contaminación, pero también es cierto que la atención de la opinión pública se desplaza dependiendo de los temas sometidos a debate público por la agenda política o por los diversos intereses económicos de empresas y conglomerados internacionales. Se observa, en suma, un comportamiento más emotivo que crítico, más ligado al clamor momentáneo que a la prioridad real de los fenómenos y de su impacto en el presente y en el futuro de nuestra vida. Si la divulgación de temas científicos, desde la posguerra hasta hoy en día, se ha incrementado en modo exponencial, también es cierto que las relaciones colectivas parecen estar marcadas por una actitud generalmente poco crítica, fácilmente influenciada por la exclusividad del momento, por el *slogan* y la moda. Se tiene la sensación de un conocimiento que carece no sólo de los contenidos —ya de por sí complejos— sino también de los métodos y los enfoques mediante los cuales pueden ser abordados tales contenidos. Por esto, quizá, las disciplinas científicas ejercen una escasa atracción sobre los jóvenes, lo cual provendría no tanto de la escasa confianza de su relación con la ciencia sino —es nuestra hipótesis— de una desorientación

general acerca del tema. A este respecto, Neresini afirma: “La así llamada ‘crisis de las vocaciones científicas’ se ha reducido a la pérdida de prestigio de la ciencia entre las nuevas generaciones. Numerosas investigaciones, sin embargo, han aclarado que la ciencia y la tecnología son percibidas por los jóvenes como elementos importantes para la sociedad” (Bucchi y Neresini, 2010:53). De la investigación que reporta Neresini (y otras como ANISN, 2007) y frente a una genérica atribución de la importancia atribuida a la ciencia en relación con el bienestar colectivo, resulta que el encuentro que tienen en la escuela con las materias científicas resulta abstracto, difícil y tedioso. Se trata de una investigación comparativa que incluye a 35 naciones, contextos socioculturales diversificados y una muestra de estudiantes estadísticamente significativa.

Por otra parte, destacamos cómo este comportamiento contrasta con el entusiasmo consumístico con el que los jóvenes utilizan la tecnología contemporánea, a la que le atribuyen un papel importante en los procesos de construcción de su identidad social, como *status symbol* y de comunicación.

Si es verdad que las competencias que exige la utilización de la tecnología no implican el conocimiento de los procesos ni de los principios científicos que incorporan para su funcionamiento, es también evidente que el escaso interés demostrado en lo que les concierne marca una indiferencia que desde el punto de vista educativo nos parece poco lisonjera. El problema parecería que es prevalentemente de carácter didáctico (Siniscalco y Pedrizzi, 2005), o bien, relacionado con el modo en el que se enseñan las disciplinas científicas y también, como sucede en algunos países, con carencia de laboratorios e instalaciones adecuadas. Como lo hemos argumentado en los capítulos precedentes, el problema, antes que didáctico —en el significado común y reductivo del término—, es de naturaleza epistemológica. Creemos que la enseñanza no sólo depende de las competencias técnicas necesarias en los laboratorios científicos o informáticos, sino que además depende principalmente de aquellas que son estratégicas, o bien, de una práctica escolar con otra dimensión metacognitiva, de una competencia acerca de la estructura lógica y los procesos científicos, de las implicaciones epistemológicas de las decisiones metodológicas, de la acción indirecta de las epistemologías implícitas; depende también de la competencia lingüística inherente al discurso científico, de la capacidad para orientarse críticamente en medio de las narrativas y de las valencias heurísticas de sus metáforas. Muchas investigaciones han demostrado desconfianza —y a veces miedo— en lo que concierne a los cambios tan repentinos que la ciencia y la tecnología introducen en la sociedad. Pareciera que los jóvenes, en general la sociedad civil, no han tenido tiempo —y la competencia lingüística— para elaborar las narraciones que expliquen y orienten acerca del impacto social de la ciencia y la tecnología. Entonces, ¿cuáles son aquellos *slogans* que traducen la naturaleza de la difícil relación entre ciencia y sociedad?, ¿sobre

qué metáforas deberemos interrogarnos?, ¿cuál mitología metropolitana deberemos indagar para adquirir, con la competencia lingüística gramatical, también aquella crítica desestructurante? Greco y Pitrelli afirman:

En el año 2000, un informe importante de la “House of Lords” intitulado “Science and Society” afirma que es necesario un cambio radical para hacer frente a la crisis de confianza entre investigadores y ciudadanos. Las palabras clave son “apertura”, “transparencia” y “diálogo”. A la metáfora clásica de la “divulgación”, de la “transmisión” del saber, de la alfabetización “científica” y de la “comprensión pública de la ciencia” se le añaden gradualmente y se sustituyen metáforas centrales sobre “bidireccionalidad”, “interacción”, “compromiso” (*engagement*) y “conciencia” (*awareness*) (2009:68).

Ciudadanía científica y democracia cognitiva

Sostenemos que es indispensable una formación que valore la sensibilidad epistemológica a niveles diferentes de profundidad, de acuerdo con la edad y el papel que desempeña, tal como lo han evidenciado los resultados de las investigaciones citadas; actualmente ya no es posible atender la desorientación, en relación con la ciencia, con la información capilar y divulgativa, como tampoco es posible pensar que la difusión de los descubrimientos científicos puede poner remedio a ese alfabetismo científico que en su mayor parte resulta insuficiente. El conocimiento requiere una preparación de naturaleza epistemológica porque se refiere no tanto a la adquisición de información sino a su elaboración, que es una cosa sofisticada y compleja, porque requiere de una capacidad para individualizar y establecer nexos entre personas y sectores de conocimiento, entre lenguajes y aproximaciones cognitivas, entre ámbitos diferentes del saber. Se requiere de un método y de creatividad, pero, ante todo, exige saber cómo funciona el pensamiento en los procesos de construcción del saber.

A este propósito surge otra clave: “ciudadanía científica”, noción que hace referencia a la capacidad de comprender los fenómenos que determinan el dinamismo constitutivo de la ciencia y la sociedad. “Ciudadanía científica” trae a la mente la riqueza cultural y antropológica de la *querelle* ciencia-sociedad y pone de relieve, por un lado, los problemas cruciales de la libertad de investigación y, por otro, los del dominio de la economía, que a su vez tienden a formar monopolios y oligopolios del saber científico, o bien, ambientes cognitivos y sociales de muy escasa participación comunitaria que, de hecho, obstaculizan los procesos participativos de “ciudadanía”. Por ello, surge una clave más: la “democracia cognitiva”, que requiere de una comunicación pública

transparente, es decir, verídica acerca de la relación costo-beneficio de los productos tecnocientíficos, una comunicación no contaminada por los intereses privados, sobre todo cuando éstos se oponen al bienestar de la humanidad y al derecho humanitario universal.

Si la comunicación de la ciencia es un nodo central de la relación ciencia-sociedad, las competencias lingüísticas y epistemológicas son el corazón de la crisis educativa que involucra, junto a las disciplinas científicas, a todo el sistema educativo. Científicos y sociedad civil deben estar plenamente conscientes no sólo de las dinámicas comunicativas que regulan su relación, sino también de aquellas que afectan a los procedimientos científicos o a la circulación y comercialización de los productos tecnocientíficos.

Así, por ejemplo, en relación con los productos de mayor actualidad, puede resultar de gran interés confrontar la estructura lingüística de ensayos y artículos con la de los *mass media*: la supuesta objetividad de los primeros con la presentación espectacular de los segundos. En ambos casos se trata de “construcciones” porque ni el lenguaje científico ni el mediático son una fiel reproducción del fenómeno que quieren describir. El primero expresa de manera detallada y racional los procedimientos que siguen conforme a una epistemología y una visión del mundo; exactamente como el segundo, que claramente tiende más a sugerir que ajustarse a la lógica que está presente en los procedimientos y en los principios. Sin embargo, sugerencias y lógicas responden a determinadas visiones del mundo, a epistemologías implícitas y explícitas que deben ser claras tanto para quien las ejecuta como para quien las recibe. La ciudadanía científica debe poder realizar esta diafanización epistemológica de la comunicación científica si quiere ejercitar a plenitud sus opciones de elección y, con ellas, su ética para lograr aquella democracia cognitiva, de la que tanto se habla a propósito de la sociedad del conocimiento. Así pues, surge la propuesta de una formación que ayude a tal ejercicio crítico del pensamiento; además, para los científicos, conocer la propia epistemología significa no sufrirla, significa actuar libre y creativamente. Creemos que, más allá de un buen conocimiento acerca de los procedimientos y de los principios, si los científicos ejercitaran consciente y constantemente un “conocimiento del conocimiento”, una comprensión de cómo funciona su propio pensamiento dentro de aquellos procedimientos y a través de aquellos principios, sus posibilidades de realizar una investigación más creativa –además de una ética que superase la deontología profesional– aumentarían los buenos resultados de manera exponencial. Epistemologías implícitas y visiones del mundo tienen mucho que ver con las imágenes públicas de la ciencia. Por ello, surge la propuesta, completamente “didáctica” –pero con corazón epistemológico–, de explorar metáforas, mitos sociales y representaciones científicas.

Ahora bien, ¿cuáles son los trayectos narrativos, los hilos conductores que se pueden señalar dentro de esta exploración semántica?

- 1) Los condicionamientos de las fuentes de información.
- 2) El poder de convencimiento de la opinión pública por los *mass media*, las estrategias y las modalidades (repeticiones reiteradas de los mensajes, preparación y construcción de historias).
- 3) Sus efectos a breve y a mediano plazo frente a las opiniones ya existentes.
- 4) La acción de condicionamiento de la opinión pública en relación con los *mass media*.
- 5) La influencia que los mismos eventos ejercen sobre los *mass media*.
- 6) El papel del consenso social en las relaciones de los científicos frente a las decisiones políticas y las decisiones económicas.
- 7) La mercantilización de las noticias en materia de ciencia.
- 8) Los efectos financieros que tienen en la Bolsa las noticias de carácter científico (en relación con las empresas y los conglomerados multinacionales productores de determinados productos).
- 9) El mapa geopolítico de la investigación (el centro de la investigación científica se ha desplazado progresivamente de Europa hacia Estados Unidos y Asia).

La ciencia debe ser objeto y, al mismo tiempo, sujeto de estudio, lo que implica que los científicos deben tener una formación que les permita conocer su propio conocimiento y potenciar así tanto su creatividad como la comunicación que los relaciona con la sociedad a través de un doble vínculo, pero también la sociedad civil, en la formación de sus más jóvenes componentes, debe tender a conocer el conocimiento para descifrar los códigos y lenguajes, para orientarse con autonomía crítica para así poder elegir libremente o actuar éticamente. En la ética es donde se encuentra el fundamento de la democracia cognitiva, y ésta consiste en la libertad de pensar un mundo diferente.

Capítulo IV

El espacio creativo

LA VIEJA FÁBULA DE LAS NOVELAS y los cuentos de ciencia-ficción en la que el inventor o científico pierde el control sobre sus inventos y éstos terminan dominándolo no está totalmente alejada de nuestra realidad actual: vivimos en una sociedad que se ha conformado con las aportaciones tecnológicas de la ciencia y que posee una visión del mundo formada en gran medida por ella. Ahora es imposible pensar en la existencia y sobrevivencia de la sociedad al margen de la ciencia y la tecnología, pero, además, la determinación de la ciencia sobre la sociedad ha cobrado rasgos de creación o innovación permanente a un ritmo cada vez más acelerado. Basta con ver cómo se ha alterado la organización de nuestra actual sociedad por las modificaciones en los reproductores de música o en los medios para almacenar la información en nuestras computadoras, o los nuevos aparatos que están siendo introducidos, los cuales reúnen información, procesadores, comunicación instantánea, juegos, música, TV, radio, etcétera.

En nuestros días esa relación dinámica y recíprocamente conformante entre ciencia y sociedad se centra principalmente en la nanociencia y la nanotecnología, las cuales han asumido el protagonismo en dicha relación. En efecto, la ciencia actual, basada en los conceptos sobre la materia a nanoescala, está construyendo nuevos conocimientos y, sobre todo, origina innovaciones e integra tecnología que está generando cambios radicales en la sociedad. Gracias a la nanotecnología, estamos ante una revolución, una nueva revolución industrial. El trabajo científico y tecnológico, que abarca el lugar donde se forman complejas moléculas, se construyen los más pequeños componentes de la memoria y los procesadores de las computadoras, donde las células intercambian su información y sus compuestos, está revolucionando a la ciencia misma y a sus aplicaciones, de tal manera que llegan a la sociedad nuevas formas de industrialización, nuevos aparatos, nuevos materiales, nuevos equipos con sensores más poderosos y precisos, nuevos cuidados para la salud, etcétera. Estamos ante un espacio creativo.

Un mundo nuevo

En el conjunto de las tecnologías emergentes, las nanociencias y la nanotecnología ocupan un lugar importante por su influencia actual, y la previsible en el futuro inmediato, sobre la sociedad. Gracias al nivel nanométrico, en el que se trabaja cada vez con mayor frecuencia, se ha configurado un conjunto de tecnologías que integran los avances de cuatro grandes campos del quehacer científico: la Nanotecnología, la Biotecnología, las Tecnologías de la Información y las nuevas tecnologías basadas en las Ciencias Cognitivas; se le conoce como la Convergencia NBIC. Estas tecnologías emergentes están generando un inmenso progreso humano. La transformación que ocasionan ocurre no sólo por los cambios que se están dando en cada una de las ciencias y tecnologías que generan una sinergia determinante, sino también porque

estamos obteniendo resultados cualitativos gracias al avance de cada uno de los cuatro dominios. La nanotecnología está trabajando ya en el origen mismo de todo sistema viviente o manufacturado, nos movemos a través de la medicina molecular y el diseño de nanobiosistemas; la tecnología de la información comienza a manejar enormes bases de datos, [...] y comenzamos a conectar los fenómenos físico-químicos del cerebro con la conducta (Roco, 2006:12-13).

En efecto, la manipulación de la materia, la construcción de compuestos físico-químicos unidos con el electromagnetismo, permiten la intervención humana en los procesos celulares, modifican la comunicación intracelular, generan, con ello, la creación de tejidos para incorporarlos posteriormente en un organismo; la introducción de nuevos materiales, más resistentes y más ligeros, da paso a nuevos procesos industriales, a nuevas estructuras disponibles para la ingeniería y la arquitectura, aplicables al ordenamiento de los espacios, etcétera.

Estos resultados logran que la acción del hombre sobre la naturaleza sea más poderosa y eficaz, además de permitirle una mayor posibilidad de distracción y bienestar personal hasta ahora inimaginable. En consecuencia, este potencial de las tecnologías NBIC altera dramáticamente la manera como vivimos y producimos lo que requerimos tanto física como psicológicamente (Radnor y Strauss, 2006:376), sobre todo, aplicado en áreas que son claves para el hombre actual, como herramientas y aparatos novedosos; incremento de las capacidades humanas, como la eficiencia en el trabajo, el aprendizaje acelerado y el incremento en el rendimiento grupal; el cambio en los modelos de organización y de negocios, y el hecho de intercambiar ágilmente información, ideas, modelos y culturas.

Algunos ejemplos de esto son la genómica farmacéutica, la tecnología neuromórfica, la medicina regenerativa, los biochips para funciones complejas; también los sistemas moleculares a multiescala, los mecanismos electrónicos con arquitecturas jerárquicas, el *software* para multifenómenos reales y simulaciones multiescala, los procesos y sistemas de principios básicos en la nanoescala, vehículos que vuelan utilizando la biomimética, y estudios cuantitativos con grandes bases de datos en las ciencias sociales. Además, las ciencias cognitivas aspiran a obtener mejores formas para diseñar y utilizar los nuevos procesos de manufactura, productos y servicios, nuevas organizaciones, nuevas interacciones y nuevos rasgos culturales (Roco, 2006:10).

La revolución que se está gestando a causa de la nanotecnología no se limita al ámbito conceptual o teórico con sentido de “revolución científica”, utilizado por Thomas S. Kuhn (1971). Significa, más bien, una revolución industrial que implica el cambio en las formas de producción y, en consecuencia, en la forma de vida del ser humano. Se trata de la más grande implicación social que científicos, políticos, inversionistas, académicos, investigadores, técnicos y la sociedad en general hayan jamás imaginado. Es por esto que las grandes potencias –la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, China– y todos los países conscientes del valor del conocimiento para el progreso y bienestar de sus ciudadanos se disputan la primacía en el registro y uso de patentes de la Convergencia NBIC. Estamos ante una voraz competencia internacional por la obtención de resultados en esta nueva revolución industrial, semejante a la competencia que la humanidad vivió durante las décadas de la Guerra Fría (Schummer, 2006:426).

La feroz competencia que existe entre los países más avanzados a propósito de la nanotecnología no ha impedido que las potencias antes mencionadas introduzcan en sus principales planes de gobierno, para la investigación y el desarrollo (I+D), la participación de la sociedad y, específicamente, de los científicos sociales encargados de analizar las implicaciones éticas y sociales de dicho desarrollo. Así, por ejemplo, el National Science and Technology Council (NSTC) de Estados Unidos establece que

las implicaciones éticas, legales y sociales y los esfuerzos para lograr una educación y entrenamiento serán emprendidos para promover una nueva generación de trabajadores especializados que cuenten con una perspectiva multidisciplinaria necesaria para el rápido progreso de la nanotecnología. Se estudiará el impacto que tiene la nanotecnología sobre la sociedad desde la perspectiva legal, ética, social, económica y de la preparación de la fuerza de trabajo. La investigación nos ayudará a identificar los posibles problemas y nos mostrará cómo intervenir eficazmente en el futuro a través de medidas que deberán ser tomadas (Schummer, 2006:423-424).

Esto muestra la conciencia que se tiene sobre la importancia de los cambios generados por la nanotecnología. Hace ver también la urgencia por difundir que dichos cambios pueden y deben ser orientados por la sociedad hacia su propio bienestar y seguridad.

Las “implicaciones sociales” a las que se refiere el NSTC deberán ser descritas, sin duda, por los distintos grupos que tienen alguna influencia sobre el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, como los científicos, políticos, inversionistas, hombres de negocios, académicos, medios de comunicación, científicos sociales, pero también los escritores de ciencia ficción y las asociaciones civiles, como los transhumanistas, entre otros. Todos ellos dirigen, *de facto*, la orientación de la investigación científica y tecnológica. Su participación, sin embargo, está lejos de presentar una posición común, ni siquiera a propósito del manejo de riesgos, como lo demuestra Joachim Schummer. Hace falta, para intervenir en la dirección que tome el desarrollo de la nanotecnología y la nanociencia, conocer los mecanismos por los que fluyen actualmente los recursos para la I+D de la ciencia y la tecnología, que son y serán los mismos por los que es financiada la nanotecnología; hace falta precisar y conocer el alcance de los mecanismos de promoción en el mercado mundial de los productos derivados de la ciencia y la tecnología para poder intervenir en ellos y orientar el desarrollo de la nanotecnología. Hace falta conocer los mecanismos por los que la cultura de una sociedad se va transformando con la introducción de nuevas formas de relacionarse con su entorno natural; estudiar si esta influencia determinante que proviene de una sola fuente, la ciencia, es capaz de construir un nuevo *ethos* mundial y, sobre todo, intervenir en la sociedad mundial para que todo individuo tome conciencia del poder que tienen los resultados de la investigación científica y tecnológica para forjar su vida a través de la utilización de los productos que de ella derivan. En otras palabras, hace falta recuperar el valor central de la persona humana en todo el universo que envuelve; es necesario lograr que cada individuo cobre conciencia de su dignidad absoluta y de su responsabilidad para construirse a sí mismo en la medida en que construye su entorno utilizando la ciencia y la tecnología.

Los nuevos espacios que en la sociedad se dan como resultado de la nanotecnología, su repercusión en la vida de cada ser humano, las medidas que deben tomarse para dirigirla, estrictamente deben ser situados en el contexto de la ciencia, es decir, en el marco del conocimiento científico, a diferencia de los transhumanistas que ven en la ciencia la oportunidad para construir una humanidad que trascienda la actual con características semejantes a la “salvación” que ofrecen algunas religiones (Schummer, 2006:430).⁸ Nos

⁸ Los transhumanistas creen en un futuro de la naturaleza humana determinado por el cambio tecnológico; éste les permitirá obtener ciertos objetivos, como la liberación de sufrimientos, limitaciones corpo-

ubicamos, desde luego, en un contexto ético dominado por la razón, en el que la norma –surgida de la razón humana– se hace obligatoria para la sociedad que la construye y la incorpora a su estructura valorativa y legal. El fundamento está en el conocimiento que la ciencia puede otorgar acerca de los riesgos posibles y reales de la incorporación de los aparatos elaborados a través del trabajo a nanoescala para dirigir sus beneficios hacia el bienestar individual.

Ciencia y progreso

Por todo lo expresado antes, suponemos que no cabe ninguna duda acerca de la determinante influencia de la ciencia sobre la sociedad, al menos en dos vías: la novedad que introduce permanentemente tanto en la manera de concebir la naturaleza y servirse de ella como del centro que atrae la atención de toda la ciencia y la tecnología: el sujeto racional. En efecto, por la acción que desempeña el individuo, tal como lo señalamos, tiene lugar la introducción de una nueva forma de existir, de una verdadera creación no sólo del entorno físico sino también del social, y con más determinación del sujeto mismo. Es decir, el resultado más visible de la relación ciencia-sociedad es el progreso de la humanidad, aun al aceptar la desigualdad respecto de la forma como sus beneficios llegan a todos los individuos que la conforman; el sujeto es el resultado de la acción creativa que realiza la ciencia y la tecnología, la cual se origina también en sujetos –los científicos y tecnólogos, los inversionistas, etcétera– y que redundando en la vida misma de todo ser humano en la medida en que éste se sirve de sus resultados o los recibe pasivamente. En todos los casos existen acciones que alcanzan directa o indirectamente a toda la humanidad.

Consideramos que el ser humano es el eje y el centro de la acción realizada por todos los individuos en el cauce de la ciencia y la tecnología, tanto para construir nuevos medios de dominio sobre la naturaleza como para servirse de ellos. Es el hombre el que está en el centro de la relación ciencia-sociedad; es él quien genera y recibe las nuevas formas de entender la realidad y de intervenir en la transformación del mundo, de tal manera que sobre él recae la responsabilidad de decidir el desarrollo de la ciencia y cómo utili-

rales y materiales, la inmortalidad y una “superinteligencia”. Ven una “salvación” cuasirreligiosa para todos sus miembros mediante la adopción de diferentes visiones tecnológicas, como la nanotecnología, que para ellos constituye un paso hacia la transformación de cuerpos humanos en robots, una copia, átomo por átomo, del cerebro y el aumento de las funciones cerebrales gracias a la conexión en cibernéticas. Todos los transhumanistas distinguen entre ser humano y ser poshumano (en estado de salvación), obtenido gracias a la tecnología.

zarla. Por esta relación nos planteamos las siguientes cuestiones: ¿qué deseamos hacer de nosotros mismos?, ¿cómo utilizaremos nuestra libertad individual y colectivamente?, y ¿cómo definimos el bien al que aspiramos? Las respuestas a todo esto son abundantes y variadas; todas ellas tratan de impedir la destrucción y disminución de la persona humana y tienden a buscar su beneficio total, pero no existe una respuesta única. Necesitamos buscar colectivamente aquello que queremos ser, cómo queremos lograrlo y qué papel queremos jugar en el mundo. El motor de esta búsqueda permanente se encuentra en las implicaciones de la ciencia y la tecnología que necesariamente alcanzan a todo ser humano (Khushf, 2006:274), tal como lo señalamos.

Por otra parte, conviene recalcar que si la ciencia aporta esta novedad que modifica a los mismos individuos, éstos son quienes la realizan en lo concreto. Por tanto, es el individuo quien está en el centro de la creatividad que se concreta en las innovaciones introducidas en el conjunto social por la misma acción individual. Lamentablemente, ha sido común limitar la responsabilidad personal al ámbito de la moral individual, y raramente se toma en cuenta la responsabilidad que surge de la acción individual hacia el entorno físico, viviente y social. Sin embargo, debemos reconocer que actualmente la ciencia misma, aplicada al medio ambiente, específicamente al cambio climático que ya afecta al planeta, ha creado la conciencia de la responsabilidad individual, corporativa, empresarial, política y social dirigidas hacia el medio ambiente, y de ello se han derivado algunas acciones enfocadas en revertir ese mal. Lo que en este terreno sucede y expresa la relación ciencia-sociedad habría que llevarlo a todo el ámbito de la vida humana y de la naturaleza para hacer visible que toda acción individual está influida por el conocimiento científico y por la fuerza que la tecnología le proporciona para actuar en el mundo, y que esto constituye su responsabilidad, la cual se ubica primero en los mismos hombres de ciencia, en los técnicos, en los ingenieros, etcétera, pero que alcanza a sus consumidores. Quienes nos servimos de la ciencia y la tecnología, lo hacemos al menos en dos niveles: en los bienes que utilizamos en nuestra cotidianeidad, tanto dentro como fuera de nuestros hogares, y en el ejercicio de la práctica profesional, en el que encontramos también dos niveles: en el marco teórico aportado por la ciencia, que aplicamos para la solución de problemas, y en los equipos que utilizamos para diagnosticar, medir, modelar y aplicar la solución que consideremos más adecuada. En todo caso, el sujeto es el responsable del poder que posee derivado de su conocimiento acerca de la naturaleza; es él quien decide la orientación que le da a través de su acción; es responsable de su futuro; en suma, es él quien se hace a sí mismo y quien conforma su propio entorno.

Esta novedad que introduce y que recibe el individuo mismo se realiza a través de nuevas relaciones que aumentan la complejidad del tejido social. En efecto, si aten-

demos al mercado laboral, cada nuevo trabajo, que se va conformando como resultado de dichas relaciones introducidas o modificadas por el cambio de tecnología, trae a su vez nuevas relaciones en la estructura social, en el individuo mismo, mediante nuevos requerimientos de educación y capacitación, nuevas demandas de transporte, de vivienda, nuevas exigencias familiares, etcétera. Pensemos, a la inversa, en oficios y procedimientos que ya no existen porque fueron suprimidos gracias a la introducción de nuevos equipos, como el trabajo de las cajeras en los supermercados, quienes ya no deben teclear el precio de cada producto, sino hacer que sean registrados por la lectora láser de barras, o la industria de los videocasetes ya inexistente, o la desaparición del telégrafo y del código morse, o los nuevos aparatos telefónicos, sin mencionar los sistemas de cómputo y la comunicación vía internet y todas las posibilidades en construcción permanente, como el Twitter, Facebook, etcétera. Estas relaciones son objeto de estudio para la sociología y la mercadotecnia, las cuales aspiran a comprender al hombre actual para precisar su responsabilidad respecto de sí mismo y de su entorno, considerando las novedades en las relaciones que se modifican permanentemente. Por nuestra parte queremos hacer notar que la acción humana, creadora de estas relaciones, está orientada racionalmente en cada caso concreto, aunque con las condiciones que ya mencionamos, que nunca permiten una claridad absoluta respecto de la verdad ni respecto del bien que se persigue en dicha acción. Sin embargo, la responsabilidad es incuestionable, y lo es también el resultado de la acción que crea un nuevo sujeto y nuevas relaciones en su sociedad.

Los retos de la nanotecnología

La nanotecnología es una de las tecnologías emergentes que es definida por el área donde se ubica y por la manipulación a nivel nanométrico de toda clase de materiales. En efecto, abarca las estructuras materiales –también sus aplicaciones– que se dan en un rango de medida de entre uno y cien nanómetros. Las nanociencias y la nanotecnología estudian los fenómenos y la manipulación de materiales a nivel atómico, molecular y macromolecular, donde las propiedades de cada elemento difieren, generalmente, de las que tienen a escala normal; en ese nivel es posible diseñar, producir y aplicar diferentes estructuras, aparatos y sistemas controlando su operación (Jömann y Ach, 2006:17).⁹

⁹ La Royal Society y la Royal Academy of Engineering, 2004, la define en estos términos: “Nanoscience is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale. Nanotechnologies are the design,

Es en la escala “nano” donde se forman las moléculas complejas, donde se estructuran los bloques de células y donde se diseñan los más pequeños componentes de memoria y procesadores de las computadoras (Bainbridge y Roco, 2006:2) y de otros dispositivos físicos y biológicos. Es fácilmente imaginable que en este nivel de la materia se diluyen las diferencias que normalmente establecemos entre la física, la química y la biología. Se dice que la nanotecnología opera en la frontera entre la física clásica y la física cuántica (Hunt y Mehta, 2006:3); esto significa que la nanotecnología, de hecho, trabaja sobre una ciencia unificada gracias al nivel en el que opera; por eso se habla también en plural de “nanotecnologías”, porque está en relación con cada una de las ciencias que pueden operar sobre la materia a nivel nanométrico. La nanotecnología se ubica, por tanto, en el centro mismo de la actual investigación científica y tecnológica, lo cual justifica su importancia.

Por su vinculación con las actuales teorías científicas y tecnológicas que sirven de base para la generación de bienes, se considera a la nanotecnología como una nueva fuerza social que traerá consigo un cambio técnico, social y cultural, el cual puede vislumbrarse en el terreno de la economía, del bienestar social y de la industria. El alcance de las nanotecnologías en el desarrollo de nuevos productos se aprecia en los campos donde ya está presente y donde es posible percibir claramente su influencia. Así sucede en el campo de la electrónica y las técnicas de la información, donde la nanotecnología ya se utiliza para reducir a dimensiones nanométricas el tamaño de los transistores, aumentando así su producción y la eficiencia por unidad. Actualmente se producen chips de almacenamiento de sólo 64 nm² de superficie, capaces de almacenar 256 megabits; para producirlos se utilizan sierras nanométricas de sólo 30 nm de diámetro. Se calcula que para el año 2020 será posible construir transistores de 23 nm (Hartmann, 2006:92). El almacenamiento de datos, en consecuencia, también se incrementará en la medida en que sean utilizados los chips nanométricos para satisfacer la necesidad de almacenar 280 terabits por segundo, en esto se calcula la demanda de almacenamiento de datos sólo de Estados Unidos.

La química, por su situación entre átomos y moléculas, es clave para la explotación industrial de las nanoestructuras. Pigmentos, catalizadores, polímeros, material de fundición industrial y filtros son algunos materiales que incorporan progresivamente nanoestructuras para obtener mejores resultados y nuevos materiales. Su potencial es enorme, y algunos ya se elaboran masivamente; otros están en investigación y desarrollo para incorporarse a la producción industrial.

characterization, production and application of structures, devices, and systems by controlling shape and size at nanometre scale”.

La medicina y la industria farmacéutica son otras ramas en las que se incorpora rápidamente la nanotecnología. Se aspira a construir nanoaparatos dotados de mecanismos capaces de dirigir la curación a una zona determinada del organismo, modificando la práctica actual de medicamentos, que afectan a todo el organismo. Gracias a los chips de dimensión nanométrica es inminente la introducción de nanoválvulas y nanosensores capaces de recibir electrónicamente instrucciones desde fuera del organismo, así como sistemas nanométricos de suministro de medicamentos que transporten los elementos biológicos necesarios (medicamentos) directamente a las células afectadas. Se trabaja también en la obtención de materiales nanoestructurados que generen una superficie adecuada para favorecer el contacto del organismo con prótesis u órganos implantados y así anular el riesgo de que el organismo rechace el nuevo material implantado en él.

La mecánica de precisión y la óptica forman un campo donde la nanotecnología está trayendo cambios determinantes. Aquí las innovaciones traerán también nuevos desarrollos en la medicina y en la genética, en los aparatos que incorporan la óptica, como los lectores de CD o DVD, los sensores, los detectores de sustancias con rayos de luz para la industria farmacéutica. En la generación de energía, las células fotovoltaicas utilizadas actualmente podrán mejorar su rendimiento hasta en 99% respecto de las actuales, con la utilización de materiales nanoporosos y nanomembranas. Éstos, además, tienen múltiples aplicaciones, como catalizadores, microcomponentes, enfriadores, etcétera.

En general, las áreas de aplicación de la nanotecnología y de cambio inmediato gracias a ella se ubican en los procesos industriales que utilizan catalizadores y filtros a escala nanométrica; en el transporte aéreo y la ingeniería aeronáutica; en la biomedicina y la industria farmacéutica; en los sensores y monitores, los aditivos, la tecnología de alimentos, los empaques, los nuevos materiales para superficies; en textiles y equipos, cosméticos y filtros solares; en la tecnología de la información y de comunicaciones; en la inteligencia militar y la defensa, entre otros.

En lo que respecta a la economía, la actual inversión atraída por las nanotecnologías –indicador de su importancia económica actual– se estima en 30 000 millones de dólares, y se prevé que para el 2015 llegará a un billón de dólares (Niels, 2006:277-291), porque por su naturaleza se aplicará prácticamente en todas las técnicas de producción y de operación de aparatos. Esto representará un cambio radical; por ello, como ya lo señalamos, se habla de una nueva revolución industrial. En efecto, al modificar la forma en que se regulan las funciones y estructuras de átomos y moléculas, se modifican también la técnica, para su tratamiento, y los conocimientos sociotecnológicos. En resumen, el potencial de la nanotecnología consiste en la optimización inimaginable de equipos para todas las ramas del conocimiento y del actuar humanos.

Ante los cambios que aporta la nanotecnología, cabe preguntarse cómo se verá modificada la sociedad actual y, sobre todo, cómo puede la humanidad aprovechar para su bienestar dichos cambios (Niels, 2006:277). En otras palabras, la nanotecnología sitúa a la sociedad actual en una posición que la proyecta hacia un futuro inmediato completamente diferente y, por ello, no puede dejar de preguntarse cómo la afectará. Tampoco puede permanecer pasiva ante la dimensión y profundidad de dichos cambios que modificarán necesariamente sus actuales estructuras. La nanotecnología trae riesgos para la sociedad, porque todo cambio implica riesgos, pero también le proporciona la oportunidad de construirse en el futuro inmediato siendo dueña de su decisión.

Las modificaciones que la nanotecnología introducirá en la sociedad vendrán por diversas vías: existe, y continuará la misma tendencia, una reorientación de la actividad económica hacia nuevos productos que serán más eficientes; se generarán nuevos empleos que requerirán nuevos conocimientos y mayor preparación científica y tecnológica, y quedará cada vez más rezagada la mano de obra física; las nuevas fuentes de energía, que se crearán, requerirán también de una reorientación de la inversión, tanto pública como privada, lo que modificará las características de la economía actual. Estos cambios traerán consigo nuevas costumbres que a su vez forjarán una nueva cultura con nuevos valores, derivados de la práctica laboral en los nuevos empleos y del uso de los nuevos nanocomponentes y nanoestructuras integradas en los equipos de telecomunicación, de electrónica, alimentos, medicamentos, manejo y almacenamiento de la información, etcétera. En general, una nueva sociedad surgirá de la nueva organización para el trabajo porque éste tendrá necesariamente nuevas características derivadas de las nuevas tecnologías, concretamente de las nanotecnologías; se requerirá, como ya se indicó, de nuevos conocimientos y habilidades para el trabajo, lo cual exigirá un amplio esfuerzo de la sociedad para actualizar los conocimientos de la fuerza laboral y adecuar sus sistemas educativos para preparar a los jóvenes con nuevos conocimientos y nuevas habilidades.

Infinitamente pequeño

Esta inquietante y, al mismo tiempo, fascinante revolución trae enormes cambios a partir de la capacidad de manipular lo infinitamente pequeño. De hecho, vivimos en un tiempo que trae un estupor reverente y lleno de admiración por lo infinito: por lo infinito en su inconmensurable pequeñez. Actualmente, lo que nos hechiza y seduce va más allá de la miniaturización, a la que ya nos tenía habituados la electrónica de los *microchips*. La medida *micro* corresponde a un millonésimo de metro; sin embargo, ahora nos emocionan las tecnologías nano, las que operan en términos de milmillonésimos de

metro. Desde siempre la técnica ha sido el arte de aplicar, en la práctica, el conocimiento que elabora la ciencia; pero ahora es cada vez más evidente que, como sostiene Galimberti, “[...] la técnica no es ya un medio a disposición del hombre, sino el ambiente dentro del cual el hombre sufre una modificación” (2009:226); sobre esta modificación queremos indagar y elaborar una idea de educación.

Actualmente nos sentimos atraídos por la apuesta en la manipulación de la materia a nivel atómico, y eso nos pone frente a dificultades inéditas para imaginar y describir los nuevos procesos de exploración del conocimiento, de confección de la materia, de creación tecnológica y de divulgación científica; ante todo, son dificultades lingüísticas para elaborar nuevos códigos expresivos y nuevas representaciones. Ciertamente, los parámetros a los que estábamos acostumbrados ahora se revelan insuficientes porque nos subyugan las oportunidades inmensas en lo infinitamente pequeño por su dimensión numérica, paradójicamente, infinitamente grande. Es grandísimo, de hecho, el número de moléculas con las cuales los científicos laboran permanentemente; por ello, los términos que utilizamos cuando hablamos de nanotecnología nos parecen ambivalentes, porque contemplan atributos que, hasta hace poco, se autoexcluían recíprocamente y que ahora deben convivir, si pretendemos elaborar una descripción adecuada de la realidad a escala nanométrica. Por esto sostenemos que una competencia de la semántica profunda de los códigos y de las representaciones que utiliza y elabora la ciencia sea indispensable no sólo desde el punto de vista epistemológico –porque el lenguaje condiciona los modelos, los procedimientos y la elección que hace el investigador–, sino también desde un punto de vista propiamente pedagógico-social para orientarnos dentro del magma, con frecuencia deslumbrante, de la comunicación a través de los *mass media* que la “eventificación” de la ciencia ha contribuido, en parte, a determinar. Ya en 1928, Whitehead afirmaba que “hay, por consiguiente, en el uso del lenguaje una doble referencia simbólica: de las cosas hacia las palabras, de parte del que habla, y de las palabras a las cosas, de parte del que escucha” (1969:17). Más adelante, explica cómo la utilización de símbolos condiciona y, en gran medida, determina nuestra vida:

él (el simbolismo) desempeña un papel predominante en la forma en que todos los organismos superiores conducen su vida. Los animales superiores han obtenido una facultad de gran poder, por medio de la cual pueden definir con alguna exactitud aquellos rasgos distantes del mundo inmediato por los cuales se determinarán sus vidas futuras. Pero esta capacidad no es infalible (Whitehead, 1969:49).

No pensamos, desde luego, que todos nosotros debamos convertirnos en expertos tecnólogos; sabemos bien que los productos de la ciencia contemporánea expresan una

objetificación de la inteligencia humana superior a las competencias de los individuos particulares. Tampoco pensamos que todos los científicos deban ser sutiles epistemólogos, pero sostenemos que un conocimiento acerca de su propia epistemología y sobre el funcionamiento del pensamiento, a través de los códigos y la representación que por diversas razones utilizamos, es importante para todos a fin de otorgar conciencia sobre el sentido profundo que la ciencia y la técnica revisten ahora en el mundo. En síntesis, podemos afirmar que la epistemología es la base de cualquier conocimiento que sea básico para la elección y, por tanto, desempeña una importante función ética. Se trata de un objetivo educativo que es ineludible. Insistimos en que la epistemología a la que nos referimos es compleja y constituye la trama de toda reflexión educativa. Es un hecho que las investigaciones biológicas más recientes –como las neurociencias– han ampliado el campo de estudio propio a los ámbitos tradicionalmente atribuidos a la filosofía y a la política, así como ya en la mitad del siglo pasado la física se incorporó al campo de estudio de la biología (Cameron y Edge, 1979). En concreto, asistimos a un proceso de hibridación de lenguajes y conceptos. Massimiano Bucchi afirma: “En el plano de la relación ciencia-sociedad este movimiento se identifica con la posición públicamente encarnada por científicos como Richard Dawkins, cuando proponen un papel activo de los científicos para combatir –con los instrumentos de la racionalidad científica y con los resultados de la investigación– la difusión de creencias religiosas” (2010:22).

La epistemología compleja es aquella que “aprende” que sabe interpretar el cambio porque es capaz de reorganizarse frente a los procesos que encuentra. Es una estructura organizativa del conocimiento con el que interpretamos, y tiene, por tanto, una tensión activa y concreta. Activa porque actúa sobre lo real y constituye, bien sea procesos o la organización de los datos cognoscitivos; concreta, porque se refiere a la manera como vemos el mundo, a las preguntas que nos planteamos cuando actuamos, a las hipótesis de nuestra investigación y a sus procedimientos. Madurar este conocimiento “competente” es ahora irrenunciable no sólo por la absoluta novedad que la nanociencia nos impone, sino también por la vertiginosa mutación que se está desarrollando bajo nuestra mirada: “las propiedades de la materia cambian en modo sustancial cuando se pasa de una pequeña partícula de algunas decenas de millones de átomos a un micro-agregado de pocas decenas o centenares de átomos. Y aún estas propiedades, por otra parte, son completamente diferentes de aquellas de los átomos aislados” (Pacchioni, 2008:31). Parece claro que debemos elaborar nuevos conceptos para definir la materia y sus atributos, sus características, su comportamiento. De hecho, los agregados atómicos tan pequeños asumen características que no pertenecen ni al estado sólido, ni al estado líquido, pero pueden evolucionar de uno a otro, mientras que los agregados aumentan

de dimensión o se comportan como ondas acústicas, o cambian hacia comportamientos corpusculares. Por esto, los experimentos científicos, que permiten “descomponer” la materia y volver a construirla de acuerdo con lógicas inéditas, acceden a microelementos cuya naturaleza difiere de la materia a partir de la cual son “descompuestos”. ¿A qué viene todo esto? Es útil porque “aprender a transformar la materia para hacerla funcionar en nuevos y útiles modos puede ser más importante –y aún más interesante– que transformar los metales en oro. La clave está en saber proyectar y crear nuevos materiales y tecnologías de elevado valor agregado” (Pacchioni, 2008:41).

El fin que persigue la investigación científica a escala nano parece ser la reproducción o la simulación del mundo biológico, lo que significa imitar o reproducir el funcionamiento complejo de los ribosomas, de las mitocondrias y de otros microorganismos, como las bacterias (www.cordis.lu/nanotechnology).

Los sectores en los que las aplicaciones de nanopartículas y de nanoestructuras ya se realizan, como se ha dicho, son varios (www.sciencemuseum.org.uk/antenna/nano): desde los catalizadores para autos en el campo de la energía hasta las antibacterias, los desinfectantes, los fungicidas en el ámbito terapéutico, y para los equipos de diagnóstico; además, en pigmentos, aditivos y combustibles para la industria (www.nanotech.it), vidrios antirreflejantes y repelentes, para no hablar de los cosméticos, de los filtros solares en las cremas bronceadoras ni de los productos sanitarios para el tratamiento del agua; la fibra óptica y la electrónica (www.nanotechproject.org/consumerproducts). Más aún, en el sector clínico las técnicas de análisis y de diagnóstico de vanguardia utilizan imágenes obtenidas a nivel nanométrico y, de la misma manera, en el suministro de fármacos se prevé la utilización de nanopartículas y de nanorobots para llegar directamente a las células afectadas, atravesando sus barreras naturales.

Cada año se producen millones de toneladas de nanopartículas o de sustancias que pueden penetrar y moverse libremente en los organismos vivos. Su dispersión en el ambiente es ya un fenómeno amplio cuyos efectos todavía no podemos valorar. Pero debemos añadir que muchas nanopartículas, como los polvos muy pequeños –provenientes de los automotores, los hornos industriales, y por tanto anteriores a la moderna experimentación derivada de la nanotecnología–, ya están presentes *in natura* emitidas, por ejemplo, en la erupción de volcanes o en diversos procesos de combustión. Se trata de “materiales” con los que el ser humano está en contacto desde milenios y cuyos efectos son poco conocidos hasta ahora.

Existe el riesgo de una sobrecontaminación proveniente de las nanopartículas, pero también es cierto que estas tecnologías aplicadas, por ejemplo, a los catalizadores de los automóviles, han permitido reducir las emisiones contaminantes; sin embargo, existe todavía una suerte de contaminación ideológica en la hipercomunicación de y por

medio de la técnica que, al ser al mismo tiempo medio y mensaje, resulta altamente referencial. En suma, es justamente la alta eficiencia comunicativa de la técnica la que transmite el mito de su absoluta necesidad, mucho más allá de lo específico y de sus contenidos. Además, como ya lo dijimos, la penetración de los productos tecnológicos es proporcional a la penetración de las cosmovisiones a las que se refieren. En los diferentes niveles de utilización y necesidad, las nuevas tecnologías concurren para crear una interpretación de la realidad y un juicio acerca de la evolución del progreso humano visto exclusivamente en términos de progreso tecnológico, más allá de los prejuicios de valor que esto implica, es decir, más allá del optimismo y los temores. Se trata de un universo de símbolos que se nos impone y que debemos aprender a decodificar, problema que no ofrece soluciones fáciles en cuanto que este universo es cambiante; consiste en un pulular de objetos siempre nuevos, de necesidades, sueños, miedos, símbolos. La mitología de la objetividad científica tiene raíces antiguas, pero hoy más que nunca se mide con la objetividad de su poder persuasivo en el campo de las representaciones culturales, pero también con su innegable poder de acción en todos los campos de la vida social. El poder de la ciencia actual se expresa en su capacidad para construir una cierta configuración del mundo; una hermenéutica que se presenta como una realidad indubitante, más allá del hecho, repetimos, de que sus éxitos resuelvan problemas o crean otros. A este fin concurre la tendencia de la técnica, a incrementar continuamente los objetivos que deben ser realizados (Severino, 1988).

Como puede verse en estas breves notas descriptivas, el campo de acción de la ciencia de última generación es interdisciplinario porque comprende diferentes campos de estudio y de aplicación que, a su vez, requieren de instrumentaciones conceptuales y metodologías mezcladas. También por este motivo tenemos necesidad de ser educados conforme a un pensamiento conectivo, en grado tal para organizar los saberes dentro de mapas conceptuales abiertos y flexibles, capaces de actuar contemporáneamente sobre diferentes códigos lingüísticos y organizar el conocimiento dentro de cuadros de formalizaciones amplias y reticulares. Éste es un imperativo especial para los científicos, incluidos también quienes laboran en las ciencias llamadas “humanas”, admitiendo que aún tenga sentido utilizar estos límites disciplinarios. Ciertamente, con mucha frecuencia asistimos a una automatización hiperespecializada de los sectores de estudio que han obstaculizado la comunicación entre los científicos así como la transparencia en la divulgación científica, o en la mercantilización de los descubrimientos y las patentes, y, en última instancia, del conocimiento. Esto ha llevado, por una parte, a una escasa o nula toma de conciencia de parte de la sociedad civil y, por otra parte, a posiciones, de vez en vez, radicalmente optimistas o pesimistas; en suma, a reacciones emotivas que pueden ser fácilmente manipulables y orientables hacia fines políticos o económicos.

De hecho, el valor del conocimiento científico ejerce ahora una indudable aceptación en la opinión pública, no obstante la capacidad escasa para orientarse dentro de este mundo en movimiento. Como observa Massimiano Bucchi, la comunicación a través de los *mass media* refleja

el uso actualmente extenso e indiscriminado en la sociedad contemporánea de imágenes, conceptos, argumentaciones y lenguajes que se refieren a los de la ciencia, como recurso para sostener y legitimar las más extrañas posiciones en los más diversos ámbitos de la vida social, desde los negocios hasta la política, de la comunicación publicitaria a la ficción, llegando incluso a involucrar a las asociaciones y movimientos ambientalistas (Bucchi, 2010:33).

Si el producto de la investigación científica es considerado como un saber “cierto”, objetivo e indubitable, también es cierto que la proximidad entre contextos de estudio y contextos de aplicación es una característica de la actual relación entre ciencia y sociedad. En suma, es fácil asistir al deslizamiento de la creencia de saber, al hacer, o bien, de la verdad de uno a la verdad del otro. Esto tiene consecuencias nada desdeñables al hacer más complicada la comunicación pública de tal relación y el consiguiente debate a nivel social y político. De hecho, si por un lado la utilización penetrante de los productos tecnológicos más avanzados en nuestra cotidianidad –celulares, lectores de CD, computadoras, etcétera– nos demuestra nuestra dependencia práctica y simbólica y, por tanto, nuestra creencia; por otra parte, cuando escuchamos hablar de polvos sutiles, de experimentos en embriones, de manipulación genética, etcétera, esa creencia deja el lugar a una suerte de fatalismo escéptico. Creemos que en el origen de esta desorientación están numerosos prejuicios que una educación “compleja” podría hacer evidentes. Por ello, afirmamos que a la concepción de una ciencia activa, pragmática y moderna se contraponen, en el imaginario colectivo, la percepción de una sociedad pasiva, hostil a los desarrollos de la ciencia y opuesta a ella, pero, paradójicamente, al mismo tiempo seducida por sus íconos publicitarios. Este esquema, por una parte, se basa en el supuesto de que la sociedad realiza selecciones ideológicas, éticas, religiosas o, incluso, dictadas por razones económicas, mientras que la ciencia actuaría bajo el impulso exclusivo de las razones heurísticas y sería, por tanto, sustancialmente neutra desde una perspectiva ideológica o ética. Su moral sería dictada por la voluntad de saber y por la correcta aplicación de su método, así pues, ciencia y sociedad se configuran como dos entidades abstractas e independientes. La educación que proponemos apunta hacia dirimir estos asuntos a la luz de una crítica del pensamiento que se base en una competencia simultáneamente lingüística y epistemológica. Para decirlo al estilo de Foucault, pensamos en una pedagogía que nos ayude a estructurar “el orden del

discurso”, que regule la relación entre ciencia y sociedad para llegar a una epistemología concreta que aclare el presente.

El juego de las cajas chinas

Las visiones apocalípticas frente a los resultados tecnocientíficos más recientes no ponen en duda lo necesario, la solidez y lo incontrovertible del saber científico; ellas se limitan a criticar las aplicaciones y sus éxitos antiecológicos. Esta paradoja contribuye a incrementar la desorientación colectiva frente a la relación entre ciencia y sociedad y frente a sus consecuencias éticas. Por ello es tan importante que la escuela y la universidad contribuyan a construir los instrumentos que permitan una orientación crítica para comprender el significado de la situación histórica que estamos viviendo, es decir, la tensión entre conservar e innovar que la caracteriza, y también la racionalidad que guía al aparato científico y tecnológico. Sobre esto, Severino dice:

Dado que toda la cultura occidental considera al hombre como el centro consciente de fuerzas capaces de coordinar medios en vista de la producción de fines, y dado que la esencia de la técnica consiste en esta capacidad, la técnica fundada sobre la ontología de Occidente es hoy la forma más humana asumida por el hombre, y sólo en ella, como exigía Kant, el hombre no es considerado como medio, sino como fin (1988:147).

Pero este “hombre” es consciente de las epistemes que subyacen a la relación *transformativa* que vincula a la ciencia con la sociedad y con su productividad ética. De manera diversa, el individuo, desorientado y poco consciente, es presa fácil de las seducciones del mercado y de las instrumentaciones de todo tipo; es medio y no fin. Así, sostenemos que es preciso un mapa abierto y flexible para orientarnos en el universo semántico y lingüístico de la ciencia contemporánea, pero tal mapa no puede ser sino el éxito, totalmente educativo, de un profundo conocimiento epistemológico. Por otra parte, esta acción educativa de diafanización o clarificación epistemológica debe ser confrontada con otra paradoja: la relación entre saber científico y sentido común. El primero no puede prescindir de nociones y representación que atañen al sentido común, el cual, a su vez, está en gran medida condicionado y aun determinado por el conocimiento científico, el cual impone cierta visión del mundo. De hecho, frente a la especificidad de métodos, principios y normas de procedimiento, la teoría científica asume posiciones ideológicas, paradigmas y postulados que la vinculan con su misma tradición, pero que, al mismo tiempo, y por fortuna, no le impiden saltos, rupturas,

revoluciones (Kuhn, 1971). A este propósito, Morin habla de la “ceguera ciega hacia sí misma inscrita en el centro del conocimiento, del pensamiento, de la idea” (1992:47), dicha ceguera recoge la mitología contemporánea en torno a las maravillas y los horrores de la ciencia de última generación, pero en cierta medida se inscribe también en la autorreferencialidad de la razón, que desde Platón se pone como autoevidente porque se define a sí misma en términos de *episteme* o *verdad*. Es así como las razones de esta ceguera ciega hacia sí misma alcanzan al sentido común, pero son de naturaleza epistemológica. Este egocentrismo del *logos* –que define en su especificidad al ser humano– incide en el principio de subjetividad; es también Morin quien afirma, de acuerdo con los estudios batesonianos, que “cada ser viviente, de la bacteria hasta el *homo sapiens*, por efímero, particular, marginal que sea, se toma como centro de referencia y preferencia, se ubica de la manera más natural en el centro de su universo y en él se autotrasciende, es decir, se levanta sobre el nivel de todos los otros seres” (1983:287). Esto significa que cada ser “viviente” en cuanto está en relación con su contexto cambia y recombina informaciones genéticas y ambientales. En este sentido, en esta combinación de vínculos, externos e internos, la vida es un proceso creativo. Como también lo es el conocimiento. Es por ello que los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela (1985) afirman que cada acto vital es un acto cognitivo. Así llegamos a otra interesante paradoja: a la conciencia, totalmente pedagógica, de ser parte de la epistemología que deseamos profundizar, de ser el centro del discurso que queremos desestructurar; en suma, de pertenecer al sistema que estamos observando. Somos al mismo tiempo objeto y sujeto de estudio, pero sujeto y objeto imperfectos porque las proyecciones de nuestros prejuicios y emociones, es decir, el resultado de nuestra epistemología implícita e inconsciente (la cual se relaciona con las teorizaciones epistemológicas conscientes), actúan sobre ambos en una relación de mutuo reforzamiento. Existe, además, un margen entre teoría del conocimiento y procesos de construcción de la misma. Por este motivo, existe un margen de ambigüedad, de supuesto, de falta de explicaciones, de imprevisto en cualquier objetividad científica, real o supuesta. Un margen del que debemos tomar conciencia, y que la naturaleza representativa de los lenguajes y los códigos –incluidos, naturalmente, los científicos– puede ayudarnos a colmarlos de significado.

Las representaciones de la ciencia son una suerte de productos lingüísticos que se refieren al *logos* científico, a la epistemología misma de la ciencia y, al mismo tiempo, al sentido común, al que todos nosotros nos referimos constantemente para poder transmitir, en la sociedad, nuestra comunicación, nuestros saberes, nuestros conocimientos. Sin embargo, se refieren también a la mitología contemporánea que nos presenta a la ciencia y a sus productos –objetos, instrumentos, símbolos, palabras– como si fueran neutrales, objetivos y necesarios: mitología en la cual nosotros mismos participamos

activamente. Para esto la nanociencia nos ofrece ejemplos interesantes sobre cómo la mitología contemporánea determina la percepción de los fenómenos o los juicios de valor dentro de una desorientación ante todo lingüística y, luego, de contenidos:

También en este caso [se refiere a las nanotecnologías], una perspectiva interna sólo puede acentuar la variedad de investigaciones, estudios y aplicaciones que son cobijados bajo este término englobante. Y sin embargo, políticos, mass-media y también compañías de seguros continúan a hablar, y los mismos expertos aceptan discutir acerca de las nanotecnologías y nanociencias como si fueran un todo susceptible de aceptar o rechazar en bloque (Bucchi, 2010:31).

Cuando hablamos, por ejemplo, de nanotecnología, nos referimos a objetos y sobre todo a procesos que se ubican entrecruzados con diferentes áreas disciplinarias, que obtienen los resultados más diversos y que se prestan para usos absolutamente diferentes, sin embargo, a nivel de la opinión pública, de comunicación institucional y a veces de divulgación científica, productos y procesos son presentados como si se tratara de un único, distinto y compacto ámbito de significación. Programas televisivos, debates, certámenes, divulgaciones en los medios masivos de comunicación sobre la gastronomía molecular o sobre la química para limpiar mejor la casa... todo aquello que es llamado “ciencia-espectáculo” contribuye a difundir en el público elementos de conocimiento y desviadas imágenes mitológicas. Unos y otros se casan con una concepción simple y veloz del saber, la cual, por su parte, fácilmente puede llegar a juicios de valor que son emotivos, apresurados y sometidos a fuerzas externas. Así, la publicidad misma contribuye a la proliferación de tales mitologías; actores que visten camisas blancas para vender dentífricos, ambientaciones de laboratorios para declarar “científicamente” la eficacia de cosméticos, yogures, complementos alimenticios; divulgadores disfrazados de investigadores que hacen propaganda de terapias contra la caída del cabello, fármacos para atender los disturbios de la menopausia, autos ecológicos, etcétera. El uso y el consumo de productos científicos tiene siempre más necesidad de compradores, pero también es cierto que el lenguaje pseudocientífico parece ser un excelente medio publicitario.

Por todo esto proponemos una formación que, a partir de la escuela básica, ofrezca bases metodológicas y las competencias lingüísticas con actitud crítica y, al mismo tiempo, humilde para hacer posible –para todo aquel que lo desee– la construcción de instrumentos propios de lectura y orientación para vivir libre y conscientemente las circunstancias de su propio tiempo, es decir, para formular juicios de valor y poder elegir con conocimiento de causa. Si esta formación básica es imprescindible para los

investigadores de cualquier disciplina, es también indispensable para educar “al público espectador y comprador” en un consumo consciente, a fin de que pueda incidir, responsablemente, sobre las propuestas del mercado; ¿cómo?, al comprar o rechazar el último producto de moda. Creemos que es esencial abrir los ojos en relación con las ideas, los presupuestos, los paradigmas que se presentan como incuestionables, evidentes, o bien, a los que Bacon consideraba como susceptibles de desenmascarar: los *ídolos* del pensamiento; explorar las lógicas inconscientes que nos guían sin darnos cuenta, conscientes de que este esfuerzo por abandonar las certezas propias debe tomar en cuenta los asuntos mitológicos que juegan también con las representaciones del logos científico y con los mensajes que nos llegan a través de sus maravillosos aparatos. A este propósito, Bateson sostenía que la investigación científica hubiera debido ser medida con el imperativo pero también con la imposibilidad de liberar la mirada de los ídolos, o bien, de ubicarse por encima de un sistema del cual el investigador mismo fuera parte activa: “mi propuesta es que el científico acepte y disfrute este fenómeno, que en todo caso es inevitable” (Bateson, 2004:125).

Es el juego de las cajas chinas: abrirlas una por una, aunque sea para descubrir que no llegaremos a la definitiva o última; es una obra creativa y crítica que compete a cuantos quieran expresar opciones de elección de manera consciente; a cuantos aspiren a obrar de un modo ético. El proceso cognoscitivo al que nos referimos consiste en este juego de atribuciones simbólicas y, al mismo tiempo, de desmontaje de nuestras imágenes del mundo. Se trata de un proceso creativo cuyas potencialidades críticas y generadoras pueden y deben ser exaltadas en una educación de acuerdo con el pensamiento complejo.

Los científicos no elaboran solamente procesos científicos y productos tecnológicos, crean también “manufacturas” lingüísticas dentro de refinadas formalizaciones: límites que marcan jerarquías organizadas de signos, “marcos”, como las definió Bateson. También existen manufacturas lingüísticas –principios explicativos– que la ciencia frecuentemente considera fuera de foco, pero que también, a veces sin saberlo, interactúan en la relación constitutiva de la ciencia con la sociedad. Estudiar en estos intersticios de significación puede ser útil para aquella labor de desestructuración que consideramos como un útil fin-proceso formativo. ¿Por qué?, porque las fronteras no son solamente líneas de demarcación, sino que son también puntos de pasaje, rutas comunicativas, zonas francas. Esto evidencia, repetimos, la necesidad de educar el pensamiento, a la mirada, al lenguaje para captar las relaciones entre las cosas, y en este sentido es que hablamos de una formación estética, una formación que nos ayude a conjugar el *logos* científico –hábil para trazar límites, señalar diferencias, marcar censuras– con aquel de las emociones, más cercano para percibir los procesos, los nexos. Una formación que nos

ayude a comprender cómo se construye y se utiliza la técnica para también poder descifrar su densidad simbólica, su carga cultural, sus consecuencias económicas, en suma, las consecuencias en el terreno de la ética.

Capítulo V

Las nanotecnologías, hacia la construcción de una nueva ética

El poder del saber

LA CIENCIA, que constituye una manera de ver al mundo, otorga al hombre un gran poder para servirse de la naturaleza. La visión del hombre sobre el mundo, la cosmovisión, determina su acción porque hace presentes los valores y las costumbres vigentes en toda sociedad. Huxley, al repetir aquella frase usual: “saber es poder”, reconocía que el saber que los científicos y tecnólogos tienen sobre lo que acontece en el mundo, a través de abstracciones e inferencias, ha adquirido el inmenso y creciente poder de dirigir y cambiar el mundo en que vivimos (Habermas, 1986).

El paralelismo y distinción entre saber y poder conduce a la relación ciencia-ética en la medida en que esta última versa sobre el actuar humano, que está determinado por su conocimiento del mundo. Esta relación, de inicio, se presenta como dinámica, al margen de cualquier saber absoluto, y el conocimiento constituye el eje que las une. La acción, en efecto, descansa sobre el saber, aunque debemos señalar que también el saber es una forma de acción (Piaget, 1973).

El dinamismo existente entre la ciencia y la ética, al que nos hemos referido, se fundamenta y se expresa en la cosmovisión. Ésta, en palabras de Peter Berger (1999:55), integra como *nomos* –norma aceptada en una sociedad–, las grandes construcciones teóricas que proporciona la ciencia, por cierto siempre inacabada: “toda sociedad humana es un edificio de significados exteriorizados y objetivados, siempre persiguiendo la consecución de una totalidad significativa. Cada sociedad está comprometida con la empresa, nunca acabada, de construir un mundo humanamente significativo” (Berger, 1999:49). Esto permite ver la necesidad de precisar la manera en que, al modificarse la construcción teórica (ciencia), se modifica la legitimación del *nomos* de nuestras sociedades, es decir, sus esquemas interpretativos, máximas morales, resúmenes de sabiduría tradicional, su *Weltanschauung*.

Esta posición, sin embargo, no es única; otros pensadores, como Marcuse, separan, incluso en el nivel ontológico, a la ciencia de la ética. Marcuse (1968:173), en

efecto, ve que la ciencia (lo verdadero) existe separadamente de la ética (lo bueno) y que esta dualidad prevalece en el ámbito de la racionalidad; sostiene que, sin importar la forma como la ciencia defina la objetividad de la naturaleza y sus partes, no puede concebirlas como “causas finales”, es decir, como fundamento de la razón práctica. Para Marcuse la liga ontológica entre *logos* y *eros* (ciencia y ética o valores) se rompe y la racionalidad científica aparece como esencialmente neutral. Los valores, por tanto, son subjetivos al estar separados de la realidad objetiva; no son reales; en consecuencia, la ética queda separada de la ciencia, y esto es, en palabras de Marcuse, en el nivel ontológico.

Planteada así la relación entre valores y ciencia, entre objetividad científica y valores subjetivos, aparece una separación tajante entre ciencia y ética, sin embargo, el mismo Marcuse reconoce que el conocimiento científico, para su objetividad, es cada vez más dependiente del sujeto y propone partir de una metafísica orgánica, en la que el sujeto sea su principio y su fin; habla, así, de un sujeto *constitutivo*. No obstante estas palabras que parecen abrir nuevos espacios a la ética, insiste en el hecho de que la tecnología, derivada de la ciencia, se yergue como una “forma de control social y de dominación”, aunque, paradójicamente, dicha dominación y control se originan en la racionalidad científica, que para él es *neutral*: “la razón teórica, permaneciendo pura y neutral, entra al servicio de la razón práctica. La unión resulta benéfica para ambas. Hoy, la dominación se perpetúa y se difunde no sólo a través de la tecnología sino también *como* tecnología, y la última provee la gran legitimación del poder político en expansión, que absorbe todas las esferas de la cultura” (Marcuse, 1968:175). Tanto Marcuse como Habermas aceptan la neutralidad de la ciencia y se empeñan en señalar el hecho de su aplicación como un mecanismo de opresión en la actual sociedad. Consideran que la razón teórica obedece sólo a las leyes de la misma racionalidad, ajena a lo fenoménico, y que ello explica la opresión del hombre a través de la ciencia y la técnica. Para Marcuse y Habermas, los valores, y también la cultura, obtienen su legitimación, aunque subjetiva, de la tecnología, pero esto no justifica su objetividad. Por nuestra parte consideramos inútil su esfuerzo por demostrar primero la neutralidad de la ciencia para luego hablar del sometimiento hacia el hombre, basados en la incongruencia derivada de la dicotomía de la razón (teórica y práctica). De hecho, como lo sostiene Piaget (1973), el conocimiento es una sola actividad que consiste en la construcción de explicaciones sujetas siempre a ser validadas con datos sensibles; y aun cuando la ciencia sea una construcción teórica, su formación se origina en lo sensible y también en lo teórico en la medida en que las estructuras teóricas se hacen presentes y actuantes en el acto de conocer. El conocimiento, por tanto, ha de verse como construcción y como transformación más que como abstracción de la razón teórica, como ya lo señalamos más arriba.

Ante el poder que el hombre posee para transformar el mundo gracias a la ciencia y la técnica, el cual se amplía casi ilimitadamente hacia el espacio y el tiempo, resulta razonable abandonar la teoría de la neutralidad de la ciencia, que separa la búsqueda supuestamente desinteresada de objetividad y hace un llamado a la doble razón. En efecto, resulta más coherente ver que todo conocimiento se genera a partir de una situación histórica del *cognoscente*, y el conocimiento científico no es la excepción, porque el ser humano no puede acceder a una verdad absoluta y definitivamente estable acerca de las cosas. Por tanto, la actividad científica y tecnológica forma parte de la historia y está cargada de supuestos que no son compatibles con la neutralidad que se atribuye a la construcción del conocimiento científico y tecnológico. Por el contrario, existe una interacción permanente entre el pensamiento humano y su actuar, de tal manera que conviene plantearse el problema de la relación entre ciencia y ética partiendo de la perspectiva del sujeto que actúa basado en su mismo conocimiento. Esto manifiesta la utilidad de nuestra anterior explicación ontológica acerca de la realidad, con la que propusimos superar el dualismo común entre lo que existe y lo que es pensado —entre materia y pensamiento—, tal como se señaló al tomar como argumento fundamental el hecho de la permanente interrelación física en que existe el sujeto actuante y *cognoscente* como parte de una realidad universal interactuante.

Desde esta perspectiva conviene ensayar una explicación de la ética con objeto de incluir en ella el desarrollo actual de la ciencia y de la técnica y, asimismo, superar el discurso que propone investigar primero para obtener resultados y luego ocuparse de sus implicaciones éticas y políticas. De acuerdo con George Khushf (2006:261), entre otros científicos naturales y sociales, consideramos que es necesario formar una nueva cultura de la investigación científica y del desarrollo comercial, en la cual la reflexión ética se integre, a cada paso, en la investigación y en la vida de las instituciones dedicadas a la educación, a la ciencia y a la cultura. La aceptación de este postulado conduce hacia la formulación de una nueva ética que guarde relación y coherencia con el mundo que la ciencia ha generado y al que constituye permanentemente; en este sentido engloba también a todos los hombres sin distinción alguna.

Esbozar los rasgos propios de una nueva ética, a partir de una ontología que explica la realidad como proceso, nos pone ante nuestra responsabilidad respecto de la ciencia y la técnica; más que fundamentar lo que se *debe* hacer, conviene privilegiar el *qué* hacer, sobre todo ante una ciencia y una técnica que hoy se caracterizan por su dinamismo y sus cambios tanto en las explicaciones básicas como en las aplicaciones que realizan del conocimiento sobre el mundo. Llevar la ética a la ciencia y a la técnica plantea el problema de la concreción de sus principios explicativos en el presente y en el futuro, que ya están construyendo. Una visión ética actual incluye necesariamente a las tecnologías

emergentes y, de manera predominante, por su actualidad y poder transformador al que ya nos referimos, a las nanociencias y la nanotecnología. De esta forma, pretendemos llevar a cabo una reflexión acerca de las repercusiones de la nanotecnología sobre la sociedad para plantear los rasgos de una ética dinámica y creativa, capaz de influir en la conformación de una nueva sociedad.

Una ética dinámica

La ética se ocupa del actuar humano como tal. Su objetivo consiste en establecer principios universales para explicar la acción del individuo, dado que, con dicha acción, se vincula no sólo con sus semejantes en una sociedad, sino con todo el mundo material y viviente; necesariamente, la ética se vincula, desde lo concreto del actuar individual, con la universalidad del ser, y por tanto cobra dimensiones propias de la ontología. Hans Jonas (1997:402) sostiene que la última respuesta de la ontología podría ser el fundamento del deber del hombre, y que debería regresar nuevamente a la reflexión acerca del ser. Esta espiral que transcurre entre la constitución del ser humano (ontología) y su acción (ética) refleja fielmente el dinamismo propio de la ética, derivado del dinamismo mismo de la acción humana.

Así pues, dado que la ética se ocupa del actuar humano que se proyecta necesariamente hacia la universalidad del ser, la propuesta de una nueva ética se vincula necesariamente con una ontología capaz de fundamentarla. En efecto, para presentar una ética dinámica que se acerque al dinamismo propio de la ciencia actual, es necesario demostrar que la realidad es un universo que se conforma permanentemente por la interacción física de todo lo que existe. Esto es posible explicar a partir del hecho de que la realidad es un proceso permanente e ininterrumpido de interacción física por el cual se constituyen, se modifican permanentemente, todas las entidades que integran dicha realidad, es decir, el universo de todo lo que existe. En este sentido, el mundo es un proceso que consiste en el devenir permanente de todo lo que lo integra; así, el ser de una entidad se constituye permanentemente por su llegar-a-ser, por su devenir. Además, toda entidad deviene, llega-a-ser, gracias a las relaciones físicas que tiene con su entorno y que aprehende; todo ser, en consecuencia, existe gracias a las *prehensiones*¹⁰ que tiene de su entorno, que son los datos que él integra selectivamente en su propio devenir. Consecuencia de esto es que el concepto de *sujeto*, aplicado a toda entidad, pierde su connotación de

¹⁰ La *prehensión* significa la presencia física y la apropiación –primero física y luego mental– de un elemento por parte de quien percibe.

sustrato (*subjectum*), a la que estamos acostumbrados desde que Aristóteles la propuso; ahora todo sujeto es resultado de la interacción con su entorno, y etimológicamente puede ser considerado como un super-jeto (*super-jectum*). En otras palabras, el sujeto emerge del universo interactuante en el que y por el que se constituye. Resultado de esto es tener una visión de la realidad como un universo en el que la creatividad constituye la característica fundamental de cada ser, una realidad en proceso permanente, en un dinamismo inherente a la misma existencia de las cosas (Whitehead, 1979:21-23).

Esta forma de explicar el mundo expresa el dinamismo en que existen los seres y que consiste en su interacción permanente. Con base en esta ontología, cuyos rasgos principales son su dinamismo creativo y su universalidad, proponemos una ética histórica, como históricos son el hombre y la ciencia; una ética que comprenda como terreno propio al ser humano y al entorno social, biológico y físico con el que está existencialmente vinculado; en suma, una ética dinámica, acorde con el proceso en que existe el hombre mismo.

Si lo que existe es proceso, puro devenir, cuya categoría fundamental es la creatividad en la interacción física, una ética a partir del proceso en le que devienen o existen todos los seres, tendrá dos ejes fundamentales: por una parte, la acción, que es la forma universal de existencia, y, por otra, la relación constituyente que une a todos los seres. De esta forma el actuar humano forma parte del ser humano como tal, y al mismo tiempo está existencialmente relacionado con el universo.

La propuesta de una ética dinámica contrasta con la tradición filosófica de Occidente, en la que se basa nuestra cultura y nuestra cosmovisión. Sin embargo, una revisión de los fundamentos teóricos de la antigua Grecia permite ver que el dinamismo de la realidad, o su proceso, está presente en el origen mismo del pensamiento occidental. En efecto, en las obras de Platón y Aristóteles podemos descubrir elementos con los que es posible sostener que su posición sobre la ontología y la ética no es ajena a una visión dinámica de la realidad. Por ejemplo, Platón al referirse a la enseñanza de la virtud se pregunta: ¿cómo podemos enseñar la virtud si no poseemos el conocimiento del “bien absoluto”? Cuando un guía nos conduce a la cima de una montaña, lo hace porque conoce tanto la cima como el camino para alcanzarla. Pero nosotros, ¿cómo podemos decir que enseñamos la virtud –que es el camino para alcanzar el bien– si no poseemos la idea del bien? (Platón, 1950:89b-c). Por su parte, Aristóteles, en su *Ética nicomaquea*, sostiene que el ser es sinónimo de actividad que se manifiesta en la vida y en la percepción: “existimos en tanto que actuamos, es decir, en la medida en que vivimos y actuamos” (1168a); “ser significa para nosotros percibir o pensar” (1170a). Esto muestra que si bien la ética que proponemos está directamente vinculada con los resultados de la ciencia actual, no es ajena a una visión dinámica de la realidad,

que puede entrecruzarse ya en la tradición derivada de Platón y Aristóteles (Gadamer, 2001:187-196).

La explicación de la realidad como proceso proporciona los elementos teóricos necesarios para configurar una ética cuyo centro sea la acción misma, y no el análisis de ésta para ajustarse a normas o valores a las que se les atribuye una validez universal y absoluta. En consecuencia, una ética dinámica tendrá algunas características que la distinguen de la ética tradicional: 1) las acciones del hombre constituyen el centro de la ética, porque toda actividad consiste en una interacción con el entorno físico, viviente y social, y en ella intervienen tanto su pasado individual y colectivo (experiencia propia, cultura) como su futuro en forma de aspiración y tendencia hacia el propio bien. A su vez, estos elementos o datos de la actividad humana conforman a cada individuo como una entidad moral, es decir, como el objeto de la ética. 2) El bien está presente en toda interacción física y se origina en la idea de sí mismo que cada hombre tiene, y en la elección de lo que quiere obtener con su acción. Dado que la idea del bien propio para cada individuo la determina él mismo, y puesto que al lograr su bien por la acción, su existencia es ya diferente, es decir, llega-a-ser un nuevo ser; puede decirse que cada sujeto (*super-jeto*) es causa de sí mismo (*causa sui*). En otras palabras, cada hombre, gracias a su propia acción, es el origen de sí mismo. Por tanto, la causa final, en el contexto de la ética del devenir, cobra un significado diferente al que se menciona como justificación de la razón práctica, que mencionamos más arriba. 3) El bien propio constituye el motor de cualquier acción, y consiste, en primera y última instancia, en conservar la propia existencia. Esto no es propio sólo del hombre, sino que cualquier entidad aprehende a otras de su entorno, y al hacerlo consigue su propio bien, es decir, gracias a esa interacción logra permanecer en la existencia. Esta idea de bien, sin embargo, sólo es realizable con la existencia –el bien– de “lo otro”; es decir, que el bien para cada entidad, incluido el hombre mismo, sólo es posible a través de la interacción con su entorno porque de éste depende el bien del hombre que actúa; al margen del entorno no es posible su existencia. Conviene añadir que la acción del hombre requiere de la percepción y explicación del mundo, que son resultado de su propio pasado. 4) Las acciones de cada hombre son a la vez resultado y causa tanto de sí mismo como del entorno social. En efecto, toda acción se realiza a partir de una situación determinada tanto del individuo como de su sociedad (hábitos, valores sociales, costumbres, etcétera); se da en ella la decisión de actuar, basada en la idea del propio bien; de la acción resulta una nueva ocasión, una nueva entidad, en la medida en que algo nuevo ha ocurrido con su acción; pero también se da una modificación del entorno porque éste es también el recipiente de la acción realizada por el sujeto. 5) La norma ética es expresión de las condiciones físicas y culturales de una sociedad, expresión que tiende a favorecer la existencia de cada ser

humano que la integra. En la medida en que la norma expresa la idea del bien en la sociedad y para cada sociedad, en esa medida obtiene obligatoriedad para sus miembros. La norma ética expresa las condiciones en las que el hombre logra alcanzar su propio bien, y con ello favorece también el bien de los otros individuos de la sociedad. Por ello, el origen y el objetivo último de toda norma es el sujeto humano, quien al actuar consigue su bien, el cual consiste, como ya hemos señalado, en permanecer como existente. 6) La responsabilidad moral del hombre no se limita a su propio bienestar o felicidad, sino que se extiende necesariamente a su entorno mediato e inmediato, porque de éste depende el bien de cada individuo. En efecto, dado que el hombre sólo puede existir en interacción con su entorno, la responsabilidad derivada de su acción alcanza a “lo otro”, su propio entorno, porque de éste depende su propia existencia. 7) El objetivo principal de la ética es el futuro del hombre y de su sociedad, ambos vinculados existencialmente con el entorno biofísico del que obtienen su bien.

Por lo anterior, es posible concebir la ética como una disciplina dinámica, sujeta a la creatividad del universo que se concreta en el desarrollo de cada individuo y de su colectividad, la cual se ocupa de los valores presentes ya reconocidos, pero principalmente procura buscar nuevas formas de desarrollo para la existencia de los individuos. Estos puntos configuran, de hecho, una ética orientada hacia la búsqueda creativa de las formas de relación de cada individuo con su entorno, con las que encuentre su propio bien. Dado que la ética atiende la acción del hombre, éste ocupa el centro, pero la ética se proyecta hacia el futuro, no sólo de cada individuo sino también del universo. Por la dimensión cognitiva que envuelve la acción del ser humano, la ciencia y la tecnología ocupan necesariamente un puesto predominante en la construcción de una ética dinámica.

La nanoética

Hemos delineado una ética que se ocupa de la actividad del ser humano; cada hombre, al actuar, se forma a sí mismo y conforma el entorno en el que realiza dicha actividad, dejando de lado aquella ética que se ocupa de la obligación del ser humano de ajustarse a normas y valores que se presentan como absolutos. De esta forma, la responsabilidad moral no está en la observación *—per se—* de alguna norma, sino en el desarrollo pleno de la existencia tanto individual como del entorno. Uno de los fundamentos de dicha ética, como lo hemos señalado reiteradamente, es el hecho de la interacción que existe entre la ciencia y la sociedad.

Destacamos la importancia de la acción del hombre sobre el mundo en colaboración con otros individuos; mediante aquélla se constituyen a sí mismos y forman sus socie-

dades, y exteriorizan los *nomoi* –a los que se refiere Peter Berger–, las costumbres y los valores de su visión del mundo. La acción humana es también el punto de confluencia del hombre con su entorno físico y viviente; sobre todo, es la expresión de lo que el hombre piensa, incluyendo su pasado y sus aspiraciones. Esto supone que la ética y la cultura en cualquier sociedad están vinculadas, de tal manera que se podría decir que la ética es la expresión de una cultura a la que aporta rasgos de universalidad y obligatoriedad. Universalidad sobre el alcance de sus normas, y obligatoriedad como presencia orientadora y constringente del actuar de cada individuo.

Respecto de las nanotecnologías, ámbito donde se concreta actualmente la relación creativa entre ciencia y sociedad, es necesario retomar algunos aspectos atribuidos a la ética dinámica que proponemos. Quienes investigan y desarrollan las nanotecnologías deben ser conscientes de su potencial sobre el mundo y sobre la humanidad. Los científicos coinciden en considerar que, gracias a las nanotecnologías, el hombre se encuentra frente a una segunda génesis, de una nueva y fundamental evolución en el manejo de la materia, cuyos efectos apenas podemos entrever (Niels, 2006:277). Es por esto que corresponde a los científicos y a toda la sociedad asumir una responsabilidad equivalente al poder para ejercer una nueva transformación que el hombre de hoy empieza a ejercer sobre la naturaleza.

En tal sentido, el desarrollo de las nanotecnologías debe partir de la premisa de que no constituyen un riesgo patente, menos aún, un mal para la humanidad, sino de la convicción de que con ellas se obtendrán bienes útiles para el desarrollo y bienestar de los individuos. La humanidad entera –por encima de las consideraciones sobre nacionalidad, grupos étnicos, clase o género, religión, poder de compra–, y las futuras generaciones, es el recipiente único de sus efectos.

El móvil central de las nanotecnologías y su objetivo principal han de ser el bien máximo de cualquier ser humano; su permanencia en el ser, que al ser viviente, tiene a la vida como su valor fundamental; la vida humana depende necesariamente del entorno material, cultural y viviente en general. La vida es el único móvil capaz de hacer confluir los intereses individuales y de grupo en los terrenos de la política, la economía, la cultura y, desde luego, en el terreno militar, cuya justificación se ofrece históricamente con la preservación de las condiciones de vida de un grupo social.

El primer rasgo que proponemos para las nanotecnologías, desde la ética, es su apertura hacia toda la sociedad. Significa esto que quienes las desarrollan han de brindar a la sociedad la oportunidad de conocer las características, tanto de la investigación como de los resultados esperados, para que los individuos tengan la ocasión de pronunciarse por llevarlas a cabo conforme a sus intereses o interrumpirlas. Esta información ha de estar referida no sólo al ámbito disciplinario o de interés de una determinada tecnología, sino

también al entorno en su conjunto con la certeza de que los resultados de cualquier investigación, y ésta misma, tienen efectos sobre el entorno físico, viviente y cultural. En otras palabras, las nanotecnologías habrán de desarrollar su trabajo con la certeza de que sus resultados afectarán inevitablemente al entorno, porque se incorporan a las acciones humanas en la dimensión espacio-temporal que parte del aquí y ahora. Esto hace ver su responsabilidad para conservar y construir el entorno donde cada sujeto obtenga su propio bien.

Las nanotecnologías, al poner sus proyectos y resultados en conocimiento de la sociedad, serán conscientes de que con ello favorecen la formación de una estructura social participativa capaz de dirigir y aprovechar los beneficios de la ciencia y la tecnología. Contribuirán, con esto, a formar una democracia participativa, que tendrá repercusiones en todos los aspectos de la sociedad, incluida la economía.

Con esto podemos visualizar a las nanotecnologías como conscientes de su responsabilidad ante la humanidad y su entorno, y ocupadas del futuro sabiendo que sus resultados necesariamente traerán cambios para la sociedad en sus valores, sus conocimientos, etcétera, tal como lo hemos señalado respecto de la ética.

En general, las nanotecnologías habrán de ser conscientes de que se ocupan del futuro de la humanidad a través de los resultados de la investigación y el desarrollo; esto que hoy parece imposible no lo es si estudiamos la historia de la humanidad, en la que se han sucedido valores, actitudes, aptitudes para el trabajo a lo largo del tiempo y del espacio. Son cambios a los que ya nos referimos y que fueron generados por una nueva relación del hombre con su entorno gracias a nuevas explicaciones del mundo originadas por la ciencia, y gracias también a nuevos artefactos, herramientas y bienes con los que el hombre ha obtenido sus satisfactores de la naturaleza. Nuestra propuesta, si bien se basa en el hecho de la mutua influencia entre ciencia y sociedad, consiste sobre todo en fundamentar una ética que, al reconocer el poder que la ciencia y la técnica aportan a las acciones humanas y a su visión sobre el mundo, se proyecte creativamente hacia el futuro conformándolo mediante la determinación de las características de la investigación científica y tecnológica. Proponemos una ética creativa que procure una nueva organización social, en la que cada sujeto sea un elemento activo para elegir y construir su propia vida, contando con todos los medios para ello.

Conviene señalar que parte de lo anterior empieza a realizarse en el medio científico y político respecto de las nanotecnologías. Citamos como ejemplo reciente la “Resolución del Parlamento Europeo sobre Nanociencias y Nanotecnologías: un plan de acción para Europa 2005-2009”, con fecha del 28 de septiembre de 2006; en ella se señala el apoyo para “la creación de comités de ética que elaboren dictámenes científicos independientes que contribuyan a informar correctamente a la opinión pública y a crear un

clima de confianza sobre las ventajas y los posibles riesgos derivados de la explotación de los descubrimientos realizados en el ámbito de las Nanotecnologías” (párrafo 22). A las industrias se les solicita que colaboren “en la formulación de una información objetiva sobre los descubrimientos científicos en el ámbito de las Nanociencias y las Nanotecnologías, sus usos previstos y sus riesgos y beneficios para la sociedad” (párrafo 25). Y en general, el documento del Parlamento Europeo apoya la elaboración “de información multilingüe apropiada para diferentes grupos de edad a fin de aumentar la sensibilización hacia el progreso y los beneficios que se esperan de las Nanociencias y las Nanotecnologías; [...] y para difundir las inmensas posibilidades que ofrecen las Nanotecnologías y también tener en cuenta los temores de los ciudadanos al respecto...” (párrafo 24).

Estas medidas se asemejan a las que hemos señalado para obtener de las nanotecnologías la oportunidad de apertura de la ciencia hacia la sociedad, y la participación de éstas en la dirección de la ciencia y la tecnología para construir su futuro.

La ética dinámica que hemos esbozado gira en torno a la creatividad que se hace presente en la acción de cada individuo, porque ellos son quienes deciden la viabilidad y el financiamiento de los proyectos de investigación y desarrollo de las nanotecnologías; son quienes realizan dichos proyectos; son individuos quienes producen los bienes derivados de ellas y quienes los llevan al mercado hasta los usuarios finales, y son individuos también quienes los incorporan a su cotidianeidad. La reflexión abstracta queda como técnica para el desarrollo de las ideas. En la realidad concreta y única es donde puede ser realizado todo lo que hemos señalado, por tanto, la ética, si bien es una disciplina filosófica que requiere de abstracción para su desarrollo, está arraigada en la realidad concreta. Es en las acciones de cada individuo donde se hacen presentes, consciente o inconscientemente, todos los elementos sobre los que la ética reflexiona. Es en el nivel de cada acción realizada, por cada individuo, donde la ética cobra realidad, donde los valores y las normas se hacen presentes y donde la ética se diluye para dar paso a la formación de cada individuo y de su entorno. Por otra parte, son los resultados de las acciones humanas los elementos que nutren nuevamente la reflexión ética. La propuesta de una ética creativa vuelta hacia el futuro sólo puede cobrar cuerpo y realidad en el pensamiento y en la acción de los individuos.

Donde los valores se hacen realidad

Los valores se hacen realidad allí donde se da una interacción virtuosa entre científicos, políticos y ciudadanos comunes. Allí existe una *polis* que es, al mismo tiempo, el re-

sultado y el motor de una formación permanente. Allí opera una democracia cognitiva que genera una procesualidad virtuosa, la cual es trans-formativa y vincula el paradigma dominante. No faltan ejemplos de esta interacción virtuosa: a partir de la mitad de los años noventa, en numerosos países, instituciones públicas locales, nacionales e internacionales, y ONG han dedicado esfuerzos significativos a la creación de oportunidades de participación cívica en la toma de decisiones sobre posibles controversias a propósito de alimentos procedentes de organismos genéticamente modificados (OGM), las muestras genéticas, las tecnologías para el transporte y la disminución de la capa de ozono. Diferentes instituciones han empezado a fomentar la participación de los ciudadanos como una política de suministros necesarios (*necessary policy provision*) en el campo de la investigación y de la innovación (Bucchi, 2006:105). En Suiza existen agencias especializadas para obtener previamente valoraciones participadas acerca de la tecnología (Joss y Bellucci, 2002); en Cataluña se han formado *focus groups* y otros mecanismos de consulta pública, mientras que en Italia, desde el 2004, existe la *consensus conference*.

Estos procesos de concientización y de participación democrática se encuentran ante la fluidez de una visión moral posmoderna, sobre la cual es difícil precisar límites universalmente aceptados. Además, la misma comunidad científica no fácilmente se identifica con un *ethos* profesional único, porque con frecuencia se le exige responder a las expectativas del capital privado que la financia, y a las de los accionistas. Más aún, la democracia participativa y consciente, a la que nos referimos al hablar de una ética creativa, debe tomar en cuenta el carácter híbrido de la ciencia y de la tecnología contemporáneas, lo cual hace difícil la comunicación entre *expertise* científica, consulta democrática y decisión política. Esto justifica la necesidad, más aún, la urgencia de una competencia lingüística abierta a las contaminaciones epistemológicas, a los mestizajes idiomáticos: una sensibilidad hermenéutica educada, la cual toma en cuenta que cada conocimiento conserve una dimensión metafórica. Massimiano Bucchi afirma:

Para que se dé una comunicación en el pleno sentido de la palabra, se requiere, a diferencia de la propaganda, una cierta distancia entre los ámbitos de comunicación. O, si se prefiere una acepción simplificada, entre ciencia y sociedad. Esto es un dato bien conocido por historiadores y filósofos, quienes han estudiado la importancia de la comunicación metafórica en la formulación misma de las teorías científicas. Una metáfora, de hecho, requiere para poder actuar, de una cierta distancia, de un arco metafórico suficientemente amplio entre lo que da por descontado y lo que pretende ilustrar. Describir a las células de un organismo como los miembros de una sociedad, o al genoma como un “mapa”, requiere que el depósito metafórico del que proviene tenga una importancia y consistencia en el propio contexto, susceptible de poder ser utilizada para dilucidar el nuevo problema o resultado científico (2010:98).

La nanociencia, por su naturaleza transdisciplinaria, articulada y fragmentada y por su participación reciente en el debate público de los no expertos, hace más complicada la relación saber-poder y exige, por un lado, nuevas instancias lingüísticas y, por otro, una renovada competencia hermenéutica. Este nuevo conocimiento constituye la base de la democracia cognitiva y de una moderna *polis* que educa, y también de la ética creativa. Es indispensable, de hecho, darse cuenta de que los objetos tecnológicos, con los que inevitablemente convivimos cada día, son productos híbridos que configuran planos de acción, visiones sociopolíticas, opciones éticas. Conforman un *multiversum* simbólico que debe ser decodificado –por eso la competencia semántica– luego interpretado –la sensibilidad hermenéutica– para orientar las acciones éticas propias. Los instrumentos científicos de última generación tienen un importante y poco estudiado valor educativo porque las prácticas de consumo que ponen en acción intervienen de forma determinante en los procesos por los que se construye la identidad personal. Problema que es demasiado importante sobre todo para los adolescentes y los jóvenes. Es muy difícil plantearse el dilema de una elección ética cuando el producto tecnológico forma parte de nuestra vivencia de tal forma que se convierte en un elemento de nuestra misma identidad. Este fenómeno es, por sí mismo, desorientador para todos, y con mayor razón para quienes están en su fase de desarrollo; nos viene a la memoria los alertas de Russell (2005) sobre el riesgo de perder el control de la conducta, y peor aún, de manipular las conciencias, a lo que puede llevar el desarrollo de la tecnología.

Si tales objetos traen consigo una visión del mundo y acarrear rastros del programa sociopolítico de la investigación que los ha creado, el tema de la identidad o el bien del conocimiento de sí mismo y de la propia acción llega a ser, hoy más que nunca, un desafío educativo irrenunciable para los sistemas educativos como para la formación de todo el mundo. A través de la oferta de nuevos productos de la tecnología, la publicidad nos promete felicidad al alcance de la mano, simple y cómoda: mensaje que es muy prometedor para todos, sobre todo para quien, por diversas razones, sufre e incluso para quien, como sucede con los adolescentes y jóvenes, se encuentra en búsqueda de soluciones simples. Este consumismo acrítico no puede dejar de tener implicaciones éticas, a partir de una pedagogía social, ampliamente difundida por la comunicación mercantil, que se enfoca más a la sugestión que al análisis crítico, más a la desorientación que a la capacidad de discernir y de valorar, y se dirige más a inducir determinados comportamientos que no se refieren a la seguridad ni a satisfacer, sino que incitan un ansia creciente de insatisfacción. A propósito de esto, Bauman afirma que “los valores se miden con base en otros valores que deben ser sacrificados para obtenerlos, y el aplazamiento de la gratificación es probablemente el más penoso de los sacrificios para quien actúa en contextos de movimiento y cambio rápidos, típicos de nuestra sociedad líquido-moderna de con-

sumidores” (2010:19). Muy frecuentemente esta pedagogía del consumismo induce a cosmologías individualistas, a narraciones de sí mismo en el mundo donde éste aparece como algo separado, una suerte de pérdida de tiempo que no influye en lo que concierne a la felicidad individual. El yo del consumidor abúlico se percibe fuera del nexo ontológico que lo relaciona al ambiente cultural, social, biológico. Por consiguiente, la responsabilidad respecto de sí mismo resulta desvinculada de la de los demás.

Una vez más, como siempre ha sido a lo largo de siglos, se confirma ahora que el tema de la ética está íntimamente conectado con el de la educación, la cual, orientada hacia una ética creativa, es estética en el sentido batesoniano del término, como ya tuvimos ocasión de argumentar. Una educación que, como se ha dicho, afina la sensibilidad relacional, constituye el corazón mismo de la ética en la era de las nanotecnologías. Por tanto, la competencia relacional —o bien la capacidad de recoger los nexos que interactúan al interior de un fenómeno, entre fenómenos, dentro de un sistema, entre los sistemas, etcétera— representa el fin en el que han de coincidir todos los saberes hacia los cuales se dirige esta formación. Tal competencia desempeña un papel hermenéutico en la lectura-decodificación-reflexión crítica del *multiversum* que habitamos —y que nos habita— en la “danza” de relaciones que nos interconecta con el todo. Los nodos conceptuales sobre los que se basa esta teoría de la educación se refieren a una concepción del lenguaje como forma ineludible de la interpretación y de la comprensión y por tanto como un ambiente trans-*formativo*; y se refieren también al sujeto, comprendido como interpretante que se forma mientras trans-*forma* su propio campo heurístico, y con ello al mundo.

Esta función orientadora del saber, puesto que es dirigido hacia el ejercicio crítico, induce a comportamientos autónomos, es decir, libres según aquella libertad “posible” que Foucault señala en los intersticios de la relación entre poder y saber que el saber, por su misma naturaleza, provoca.

Otro nodo conceptual al que nos referimos ampliamente en nuestra reflexión educativa se refiere a un concepto de conocimiento que se hace real en una dimensión meta, es decir, que implica siempre el “conocimiento del conocimiento” (Morin, 1988). Por consiguiente, la estrategia formativa que proponemos consiste en vincular el estudio de los procesos formativos al dinamismo reflexivo y, por tanto, al conocimiento crítico de las epistemologías personales y también de aquellas que están implícitas tanto en el sentido común como en las ideologías. A la luz de este horizonte teórico es que interpretamos los productos científicos de última generación como efectos organizativos, relacionales y procesuales del sistema socioeconómico.

Otro punto clave se refiere a los *curricula* escolares y académicos que están dispuestos para tener una apertura hacia las disciplinas —a las fuentes sociológicas, a los datos eco-

nómicos, a la reflexión política, a la historia, a las ciencias naturales— y que no desdeñan el recurso a los conocimientos especializados de la misma ciencia. Un método —de enseñanza, de estudio y de investigación— que se pone como procedimiento *de la* reflexión y *para la* reflexión, abierto, generador, plural, incierto, es también relacional y procesual, porque puede trans-*formarse* durante su aplicación, es decir, se puede aprender.

Un objetivo educativo ineludible en el mundo contemporáneo proviene de la construcción de un conocimiento que tome en cuenta la participación en un código dinámico con numerosos nexos. Un saber que nos ayude a hacer inteligible la relación entre la ciencia, la sociedad y la ética, y que haga transparentes las retóricas utilizadas por los *mass media*. Tal conocimiento no ofrece solamente instrumentos para construir claves de lectura y mapas para orientarse en la realidad, sino que ayuda a buscar autónomamente respuestas a la necesidad de identidad que, sobre todo los jóvenes y particularmente los adolescentes, expresan en su delicada fase de crecimiento. Una identidad que participa activamente y en modo crítico en los procesos de autodeterminación que acompañan a los sujetos en su tránsito a la edad adulta. Más aún, se trata de un saber que responde, de manera dinámica, porque así es el código de referencia, a sus necesidades de pertenencia y visibilidad, las cuales encuentran ahora una respuesta efímera en el consumismo omnívoro al cual nos invitan las seducciones de la publicidad.

Las identidades comercializadas van acompañadas de la etiqueta de aprobación social ya inculcada previamente en ellas. [...] Identikit y símbolos de estilos de vida son avalados por personas influyentes y por la información que una cantidad impresionante de personas aprueba. La aceptación social no debe, por tanto, ser negociada: ha sido, por así decirlo, inserta desde el inicio dentro del producto comercializado (Bauman, 2005a:227).

Además, el mercado, con mayor frecuencia, se sirve de los objetos-estatus hipertecnológicos que la investigación científica nos proporciona, solicitándole la producción con fines mercantiles, que no siempre son benéficos ni para el bienestar de la colectividad ni para la libertad de la investigación ni, mucho menos, para su desarrollo. Un comportamiento más consciente podría ciertamente orientar el comercio y los flujos relativos de financiamiento hacia formas de producción tecnológica más sensibles a las exigencias profundas de los sujetos, también al progreso de la ciencia y a los flujos de una economía real que esté menos condicionada por las especulaciones financieras, porque “esto” no es el mejor de los mercados, ni el único posible.

Bauman afirma que la “libertad de consumo significa orientar la vida hacia mercancías aprobadas por el mercado que no significa otra cosa que la elección entre productos

comerciales estándar. Sobre todo, la libertad de consumo desvía las aspiraciones de libertad humana de los asuntos comunitarios y de los que se ocupan de la vida colectiva” (2005a:289). Más adelante precisa que “la tolerancia promovida por el mercado no conduce a la solidaridad: fragmenta en vez de unir” (2005a:305). “Este” mercado vive dentro de una forma de relación doliente porque los nexos sobre los que se basa y se construye son, en gran parte, poco sólidos. Más aún, son antiéticos, antiecológicos en el significado profundo del término, antiestéticos en el sentido anunciado por la epistemología de lo sagrado propuesta por Bateson (2002:301). Una epistemología que define al conocimiento como capacidad de individuar “la estructura que conecte” al “sujeto-en-su-ambiente” con el escenario general. Nuevamente, el tema de la ética se nos presenta unido al de la libertad: libertad de la investigación con fines exclusivamente financieros, lo cual presupone la libertad de los individuos para elegir en modo crítico, que a su vez implica el conocimiento de la elección. Esto es, el conocimiento primero de los lenguajes, después de los contenidos que dan forma a la relación que nos constituye como personas y que nos define en nuestro ambiente. La educación debe orientarse a la obtención de competencias relacionales en un sentido tan amplio que pueda atravesar el ámbito propiamente epistemológico, pedagógico, didáctico para llegar, una vez más, al de la ética, porque esta educación debe dirigirse hacia la construcción relacional, sea entre los saberes al interior de los lenguajes, sea entre las personas dentro de las comunidades, o bien, entre las mismas comunidades. Debe ayudarnos a leer la vida en términos de proceso cambiante y relacional del yo en el nosotros, del hoy en el pasado y en el mañana, como lo sugiere Morin (2006).

Con el modo de actuar *trans-formativo* de esta sensibilidad relacional, “nos” sentimos en la red universal de antiguas y presentes pertenencias. Nuestras raíces biológicas, sociales y culturales vibran en este sentimiento moral de pertenencia, es decir, de responsabilidad y compromiso.

Por ello, tenemos necesidad de una ciencia y una tecnología conscientes de sí mismas, de los mecanismos epistémicos, económicos, culturales que ponen en marcha, y de una ética que vaya mucho más allá de la deontología profesional y procedural de casi toda la investigación contemporánea. En cuanto a la vertiente pedagógica, sostenemos que las ciencias de la formación deben buscar un *trait d'union* en la reflexión educativa acerca del *ethos*, y buscar un conocimiento *etopoiético*. El fin de esta teoría educativa consiste en ayudar al sujeto a constituirse en un camino de libertad a través del conocimiento, porque solamente el saber nos da aquel “conocimiento” de elección que establece las bases de una verdadera democracia cognitiva.

Tenemos necesidad de saberes que no destruyan la relación, que nos conecten con el todo, en fragmentos de dolor, sumisión, degeneración y soledad; todos ellos derivados

de un sistema antiecológico que no está en posibilidad de absorber, en una homeostasis funcional, los desechos contaminantes de muchas relaciones lacerantes. En todo esto la ciencia y la tecnología juegan y jugarán un papel crucial.

Bibliografía

- Ach, Johann S. y Ludwig Siep (eds.) (2006), *Nano-Bio-Ethics. Ethical Dimensions of Nanobiotechnology*, LIT, Berlín.
- Aristóteles (1989), *Ética nicomaquea*, Antonio Gómez Robledo (trad.), Porrúa, México.
- Arzentone, V. y M. Bucchi (2009), “Gli italiani, la scienza e l’ambiente. Secondo rapporto su scienza, tecnologia e opinione pubblica in Italia”, *Annuario Scienza e Società*, Il Mulino, Bologna.
- Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali (ANISN) (2007), “La visione della Scienza costruita nella Scuola. Indagine sull’Immaginario della Scienza che hanno gli studenti della Scuola secondaria superiore”, *Le scienze naturali nella scuola*, xvi, número especial, febrero.
- Bachelard, G. (1977), *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*, Siglo XXI, México [*La formation de l’esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*, PUF, París].
- Bainbridge, W.S. y M.C. Roco (eds.) (2006), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations. Converging Technologies in Society*, Springer, Holanda
- Bateson, G. (2004), *Pasos hacia una ecología de la mente*, Lumen, Madrid [*A Sacred Unity. Further Steps to an Ecology of Mind* (1991), Harper Collins, San Francisco].
- _____ (2006), *Espíritu y naturaleza*, Amorrortu, Buenos Aires [*Mind and Nature: A Necessary Unity* (1979), Dutton, Nueva York].
- _____ y M. C. Bateson (2002), *Dove gli angeli esitano: verso un’epistemologia del sacro*, Adelfi, Milán [*Angels Fear. Toward an Epistemology of the Sacred* (1987), Macmillan, Nueva York].
- Bauman, Z. (2000), *Liquid modernity*, Polity/Blackwell, Cambridge/Oxford.
- _____ (2005a), *Modernidad y ambivalencia*, Anthropos, Madrid [*Modernity and Ambivalence* (1991), Cornell University Press, Nueva York].
- _____ (2005b), *Vidas desperdiciadas. La modernidad y sus parias*, Paidós, Madrid [*Wasted lives. Modernity and its Outcasts* (2004), Polity, Cambridge].

- _____ (2010), *El arte de la vida*, Paidós, Buenos Aires [*The Art of Life* (2008), Polity, Cambridge].
- _____ y Keith Tester (2002), *Società, etica, politica. Conversazioni con Zygmunt Bauman*, Cortina, Milán [*Conversations with Zygmunt Bauman* (2001), Polity / Blackwell, Cambridge / Malden].
- Berger, Peter L. y T. Luckmann (1992), *La construcción social de la realidad*, Amorrortu, Buenos Aires [*The Social Construction of Reality* (1966), Garden Doubleday, Nueva York].
- Berger, Peter (1999), *El dosel sagrado*, Kairós, Barcelona.
- Berlin, Isaiah (2000), *Vico y Herder. Dos estudios en la historia de las ideas*, Cátedra, Madrid [*Vico and Herder. Two Studies in the History of Ideas* (1976), Hogarth, Londres].
- Blumenberg, H. (2003), *Trabajo sobre el mito*, Paidós, Barcelona.
- Bocchi, G. y M. Ceruti (1985), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milán.
- Boncinelli, Edoardo (2011), *La vita della nostra mente*, Laterza, Bari.
- _____ y E. Severino (2008), *Dialogo su etica e scienza*, San Raffaele, Milán.
- Brian Arthur, W. (2011), *The Nature of Technology*, Free, Nueva York.
- Broers, A. (2009), *Il trionfo della tecnologia*, Torino, Bollati e Boringhieri [*The Triumph of Technology* (2005), Cambridge University Press, Cambridge / Nueva York].
- Bruner, J. (1996), *The Culture of Education*, Harvard University Press, Nueva York.
- Bucchi, M. (2006), *Scogliere il mondo che vogliamo. Cittadini, politica, tecnoscienza*, Il Mulino, Bolonia.
- _____ (2010), *Scienziati e antiscentisti: perché scienza e società non si capiscono*, Il Mulino, Bolonia.
- _____ y F. Neresini (eds.) (2010), *Annuario Scienza e Società 2010*, Il Mulino, Bolonia.
- Cameron, I. y D. Edge (1979), *Scientific Images and their Social Uses*, Butterworths, Londres.
- Changeux, Jean-Pierre (2010), *Sobre lo verdadero, lo bello y el bien. Un nuevo enfoque neuronal*, Julia Bucci (trad.), Katz, Buenos Aires [*Du vrai, du beau, du bien. Une nouvelle approche neuronale* (2008), Odile Jacob, París].
- Damasio, Antonio (2012), *Self Comes to Mind. Constructing the Conscious Brain*, Vintage Books, Nueva York.
- Derrida, J. (1971), *La scrittura e la differenza*, Einaudi, Torino [*L'écriture et la différence* (1967), Seuil, París].
- Descartes, R. (1982), *Discurso del método*, Espasa-Calpe, México [*Discours de la méthode* (1637)].
- Dollfus, Marc (2011), “Les transistors 3D tri-gate à l’assaut de l’exascale”, *La Recherche*, núm. 457, noviembre, pp. 14-15.

- European Commission, Directorate-General Education and Culture (2003), "Implementation of 'Education and Training 2010'. Work Programme. Progress Report", noviembre.
- _____ (2005), "Implementation of 'Education & Training 2010'. Work Programme. Working Group E. 'Making the Best Use of Resources'. A European Toolbox of Policy Measures", Bruselas.
- Evanoff, Richard J. (2005), "Reconciling Realism and Constructivism in Environmental Ethics", *Environmental Values*, vol. 14, núm. 1, febrero, pp. 61-81.
- Feynman, Richard P. (2000), *El placer de descubrir*, Javier García Ruiz (trad.), Crítica, Barcelona [*The Pleasure of Finding Things Out* (1999), Perseus Books, Nueva York].
- Foucault, M. (2002), *La hermenéutica del sujeto*, FCE, México [*L'Herméneutique du sujet. Cours au Collège de France, 1981-82* (2001), Gallimard / Seuil, París].
- _____ (2009), *El orden del discurso*, Tusquets, México [*L'ordre du discours* (1971), Gallimard, París].
- Gadamer, Hans-Georg (2001), *El giro hermenéutico*, Cátedra, Madrid.
- Galimberti, U. (1999), *Psiche e techne. L'uomo nell'età della tecnica*, Feltrinelli, Milán.
- _____ (2009), *I miti del nostro tempo*, Feltrinelli, Milán.
- Gramigna, A. (ed.) (2005), *Semantica della differenza. La relazione formativa nell'alterità*, Aracne, Roma.
- _____ (2006), "Innovazione e formazione nel mondo del mercato globale", en A. Gramigna, M. Righetti y A. Ravaglia, *Le scienze dell'innovazione. Nuove frontiere educative nel sociale*, Angeli, Milán.
- _____ y Carlo Pancera (eds.) (2012a), *Ermeneutica dell'educazione*, Unicopli, Milán.
- _____ y Carlo Pancera (eds.) (2012b), *Poietica dell'educazione*, Este Edition, Ferrara.
- _____, C. Pancera y Annalisa Pinter (eds.) (2012c), *Etica, formazione e mondializzazione*, libreriauniversitaria.it edizioni, Padova.
- _____, M. Righetti y A. Ravaglia (2006), *Le scienze dell'innovazione. Nuove frontiere educative nel sociale*, Angeli, Milán.
- Greco, P. y N. Pitrelli (2009), *Scienza e media ai tempi della globalizzazione*, Codice, Torino.
- Habermas, Jürgen (1986), *Ciencia y técnica como ideología*, Manuel Jiménez (trad.), Tecnos, Madrid [*Technik und Wissenschafts als "Ideologie"* (1968), Suhrkamp, Fráncfort].
- Habermayer, Wolfgang (2006), "Ethik, Hermeneutik und Rationalität in der Ethnologie", en Annette Hornbacher (ed.), *Ethik, Ethos, Ethnos. Aspekte und Probleme interkultureller Ethik*, Transkript, Bielefeld, pp. 87-106.
- Hartmann, U. (2006), *Nanotechnologie*, Elsevier, Múnich.

- Hegel, G.W.F. (1985), *Filosofía del derecho*, UNAM, México.
- Heidegger, M. (2002), *Serenidad*, Ed. del Serbal, Barcelona [*Gelassenheit* (1959)].
- Hicks, M. Diana y Sylvan Katz (1996), “Where is Science Going?”, *Science, Technology, & Human Values*, vol. 21, núm. 4, octubre, pp. 379-406.
- Horkheimer, M. y T.H. Adorno (2006), *Dialéctica de la Ilustración*, Trotta, Madrid [*Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente* (1947)].
- Hornbacher, Annette (ed.) (2006), *Ethik, Ethos, Ethnos. Aspekte und Probleme interkultureller Ethik*, Transkript, Bielefeld.
- Hunt, Geoffrey y Michael D. Mehta (2006), “The Challenge of Nanotechnologies”, en G. Hunt y M. Mehta (eds.), *Nanotechnology. Risk, Ethics and Law*, Earthscan, Londres, pp. 1-10.
- Husserl, E. (1972), *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale: introduzione alla filosofia fenomenologica (1934-1937)*, parte II, Il Saggiatore, Milán [*Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* (1954)].
- Jaspers, K. (1965), *Origine e senso della storia*, Comunità, Milán [*Vom Ursprung und Ziel der Geschichte* (1949)], pp. 130-131].
- Jömann, N. y J.S. Ach (2006), “Ethical Implications of Nanobiotechnology. State-of-the Art Survey of Ethical Issues related to Nanobiotechnology”, en J.S. Ach y L. Siep (eds.) *Nano-Bio-Ethics. Ethical Dimensions of Nanobiotechnology*, LIT, Berlín, p. 17.
- Jonas, Hans (1984), *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, Suhrkamp, Fráncfort.
- _____ (1997), *Das Prinzip Leben. Ansätze zu einer philosophischen Biologie*, Suhrkam, Fráncfort.
- Joss, S. y S. Bellucci (2002), *Participatory Technology Assessment. European Perspectives*, The University of Westminster, Londres.
- Khushf, G. (2006), “An Ethic for Enhancing Human Performance Through Integrative Technologies”, en W.S. Brainbridge y M.C. Roco (eds.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, Springer, The Netherlands, pp. 255-278.
- Koyré, Alexandre (1977), *Estudios de historia del pensamiento científico*, Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos (trads.), Siglo XXI, México [*Études d'histoire de la pensée scientifique*].
- Kuhn, T. (1983), *La metáfora nella scienza*, Feltrinelli, Milán [“Metaphor in Science”, en A. Ortony (ed.) (1979), *Metaphor and Thought*, Cambridge University Press, Londres].
- Kuhn, Thomas S. (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México.

- Manghi, S. (2004), *La conoscenza ecologica*, Cortina, Milán.
- Marcuse, Herbert (1968), *El hombre unidimensional. Ensayo sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada*, Juan García Ponce (trad.), Joaquín Mortiz, México [*One-Dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society* (1966), Boston, Beacon].
- Maturana, H. y F. Varela (s.f.), *El árbol del conocimiento*, Lumen, Madrid [*The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human* (1985), New Science Library, Boston].
- McGuire, J.E. y Barbara Tuchanska (2000), *Science Unfettered. A Philosophical Study in Sociohistorical Ontology*, Ohio University Press, Athens.
- Morin, Edgar (1983), *El método 2. La vida de la vida*, Ana Sánchez (trad.), Cátedra, Madrid [*La Méthode 2. La vie de la vie* (1980), Seuil, París].
- _____ (1988), *El método 3. El conocimiento del conocimiento*, Ana Sánchez (trad.), Cátedra, Madrid [*La Méthode 3. La connaissance de la connaissance* (1986), Seuil, París].
- _____ (1990), *Science avec conscience*, Seuil, París.
- _____ (1992), *El método 4. Las ideas: su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización*, Cátedra, Madrid [*La Méthode 4. Les idées. Leur habitat, leur vie, leurs moeurs, leur organisation* (1991), Seuil, París].
- _____ (2003), *El método 5. La humanidad de la humanidad. La identidad humana*, Ana Sánchez (trad.), Cátedra, Madrid [*La Méthode 5. L'Humanité de l'humanité. L'identité humaine* (2001), Seuil, París].
- _____ (2006), *El método 6. La ética*, Ana Sánchez (trad.), Cátedra, Madrid [*La Méthode 6. L'Éthique* (2002), Seuil, París].
- _____ (2008), *La mente bien ordenada: los desafíos del milenio*, Seix Barral, Barcelona.
- Müller, Oliver (2010), *Zwischen Mensch und Maschine. Vom Glück und Unglück des Homo faber*, Suhrkamp, Berlín.
- Natoli, S. (2001), *La felicità di questa vita. Esperienza del mondo e stagioni dell'esistenza*, Mondadori, Milán.
- _____ (2002), *Stare al mondo. Escursioni nel tempo presente*, Feltrinelli, Milán.
- Niels, B. (2006), "Die Notwendigkeit einer offenen Nanotechnik", en Alfred Nordmann (ed.), *Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven*, AKA, Berlín, pp. 277-291.
- Ott, Paul (2010), "Value as Practice and the Practice of Value: Dewey's Value Theory of Environmental Ethics", *Environmental Ethics*, vol. 32, núm. 3, otoño, pp. 285-304.
- Pacchioni, G. (2008), *Quanto è piccolo il mondo. Sorprese e speranze dalle nanotecnologie*, Zanichelli, Bolonia.
- Platón (1950), *Ménon*, Léon Robin (trad.), Gallimard, París.

- Platón (1966a), *Cratilo*, José Antonio Miguez (trad.), Aguilar, Buenos Aires.
- _____ (1966b), *El político*, Francisco García Yagüe (trad.), Aguilar, Buenos Aires.
- _____ (1969), *Georgias*, Francisco García Yagüe (trad.), Aguilar, Buenos Aires.
- Piaget, Jean (1973), *Psicología y epistemología*, Francisco J. Fernández B. (trad.), Ariel, Barcelona [*Psychologie et épistémologie* (1970), Gonthier, París].
- Programme for International Student Assessment (PISA), [www.pisa.oecd.org].
- Priulla, G. (2002), *Vendere onnipotenza. Metafore pubblicitarie, tecnologie, miti del XXI secolo*, Bari, Dedalo.
- Quirino, Carlos Tomás y Fernando Sancén Contreras (2011), “Ubicación de riesgos en el trabajo a nanoescala. Una visión desde la ética”, *Mundo Nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, vol. 4, núm. 1, enero-junio, pp. 57-66.
- Radnor, M. y J.D. Strauss (2006), “Comercializing and Managing the Converging New Technologies”, en W.S. Bainbridge y M.C. Roco (eds.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations. Converging Technologies in Society*, Springer, The Netherlands, pp. 369-377.
- Rescher, N. (ed.) (1990), *Evolution, Cognition, and Realism: Studies in Evolutionary Epistemology*, Lanhan, Nueva York.
- Roco, Mihail C. (2006), “The Emergence and Policy Implications of Converging New Technologies”, en W.S. Bainbridge y M.C. Roco (eds.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations. Converging Technologies in Society*, Springer, Holanda, pp. 9-22.
- Ruse, M. (1990), “Does Evolutionary Epistemology Imply Realism?”, en N. Rescher (ed.), *Evolution, Cognition, and Realism: Studies in Evolutionary Epistemology*, Lanhan, Nueva York.
- Russell, Bertrand (1974), *La perspectiva científica*, Ariel, Barcelona, G. Sans Huelin (trad.) [*The Scientific Outlook* (1949), G. Allen/Unwin, Londres].
- _____ (2005), *L'impatto della scienza sulla società*, Newton & Compton, Roma [*The Impact of Science on Society* (1952), Unwin Hyman, Nueva York].
- Sancén Contreras, Fernando (ed.) (2009), *Aportaciones al estudio de la cosmovisión*, UAM-Xochimilco, México.
- _____ (2010), “Nanoética y nanomedicina. Apuntes para una nueva ética de la medicina”, *Mundo Nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, vol. 3, núm. 1, enero-junio, pp. 75-86.
- Schummer, J. (2006), “Societal and Ethical Implications of Nanotechnology: Meanings, Interest Groups, and Social Dynamics”, en Joachim Schummer y Davis Baird (eds.), *Nanotechnology Challenges. Implications for Philosophy, Ethics and Society*, World Scientific, Londres, pp. 413-449.
- Severino, E. (1988), *La tendenza fondamentale del nostro tempo*, Adelphi, Milán.

- Siniscalco, M.T. y T. Pedrizzi (2005), *Rapporto invalsi, OCSE PISA 2003*, vol. 1, Angeli, Milán.
- Sola, Giancarla (2002), *Epistemologia pedagogica: il dibattito contemporaneo in Italia*, Bompiani, Milán.
- Spohrer, Jim, Douglas McDavid *et al.* (2006), “NBIC Convergence and Technology-Business Coevolution: Towards a Services Science to increase Productive Capacity”, en W.S. Bainbridge y M.C. Roco (eds.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations. Converging Technologies in Society*, Springer, Holanda, pp. 227-254.
- Stengers, Isabelle (2002), *Penser avec whitehead. Une libre et sauvage création de concepts*, Seuil, París.
- Thom, R. (1990), *Apologie du logos*, Hachette, París.
- Valleriani, A. (2009), *Al di là dell'Occidente. La svolta neobarocca dell'educazione*, Unicopli, Milán.
- Vico, G.B. (1974), *La scienza nuova giusta l'edizione del 1744*, 2 vol., F. Niccolini (ed.), Laterza, Roma / Bari.
- Whitehead, Alfred North (1945), *Science and the Modern World*, Macmillan, Nueva York.
- _____ (1967), *Adventures of Ideas*, Free Press, Nueva York.
- _____ (1969), *El simbolismo. Su significado y efecto*, UNAM, México, César N. Molina Flores (trad.) [*Symbolism. Its Meaning and Effect* (1927), Macmillan, Nueva York].
- _____ (1979), *Process and Reality. An Essay in Cosmology*, David Ray Griffin y Donald W. Sherburne (eds.), Free Press, Nueva York.
- Zimmerli, Walter Ch. (2010), “Kolonialisierung—neu betrachtet. Aspekte einer Philosophie der technologischen Zivilisation”, *Information Philosophie*, núm. 3, agosto, pp. 7-16.

La ética frente a las nanociencias y las nanotecnologías,
número 35 de la Colección Teoría y Análisis de la DCSH
de la UAM-Xochimilco, se terminó de imprimir el 19 de junio de 2013.
La edición y producción estuvo al cuidado de Logos Editores,
José Vasconcelos 249-302, Col. San Miguel Chapultepec,
11850, México, D. F., Tel. 55.16.35.75.
logos.editores@gmail.com.
La edición consta
de 1 000 ejemplares
más sobrantes para reposición.

Novedades editoriales

*Sistema Nacional de Investigadores.
Reflexiones y perspectivas de la ciencia en México*
Salvador Vega y León (coord.)

*Explorando territorios.
Una visión desde las ciencias sociales*
María Eugenia Reyes Ramos
y Álvaro F. López Lara (coords.)

Biblioteca Enrique Dussel
Enrique Dussel

*Hambre / carnaval. Dos miradas a la crisis
de la modernidad*
Armando Bartra

*Luchas "muy otras". Zapatismo y autonomía
en las comunidades indígenas de Chiapas*
Bruno Baronnet, Mariana Mora
y Richard Stahler-Sholk (coords.)

Zapata cabalga por el Tepozteco
Luciano Concheiro Bórquez

A contracorriente de la hegemonía conservadora
Beatriz Stolowicz

*Sueños que da pánico escribir.
Pacheco y Blanco, una mirada crítica*
Álvaro Ruiz Abreu (coord.)

Heterodoxia. Ensayos de teoría económica
José Guillermo Peláez Gramajo

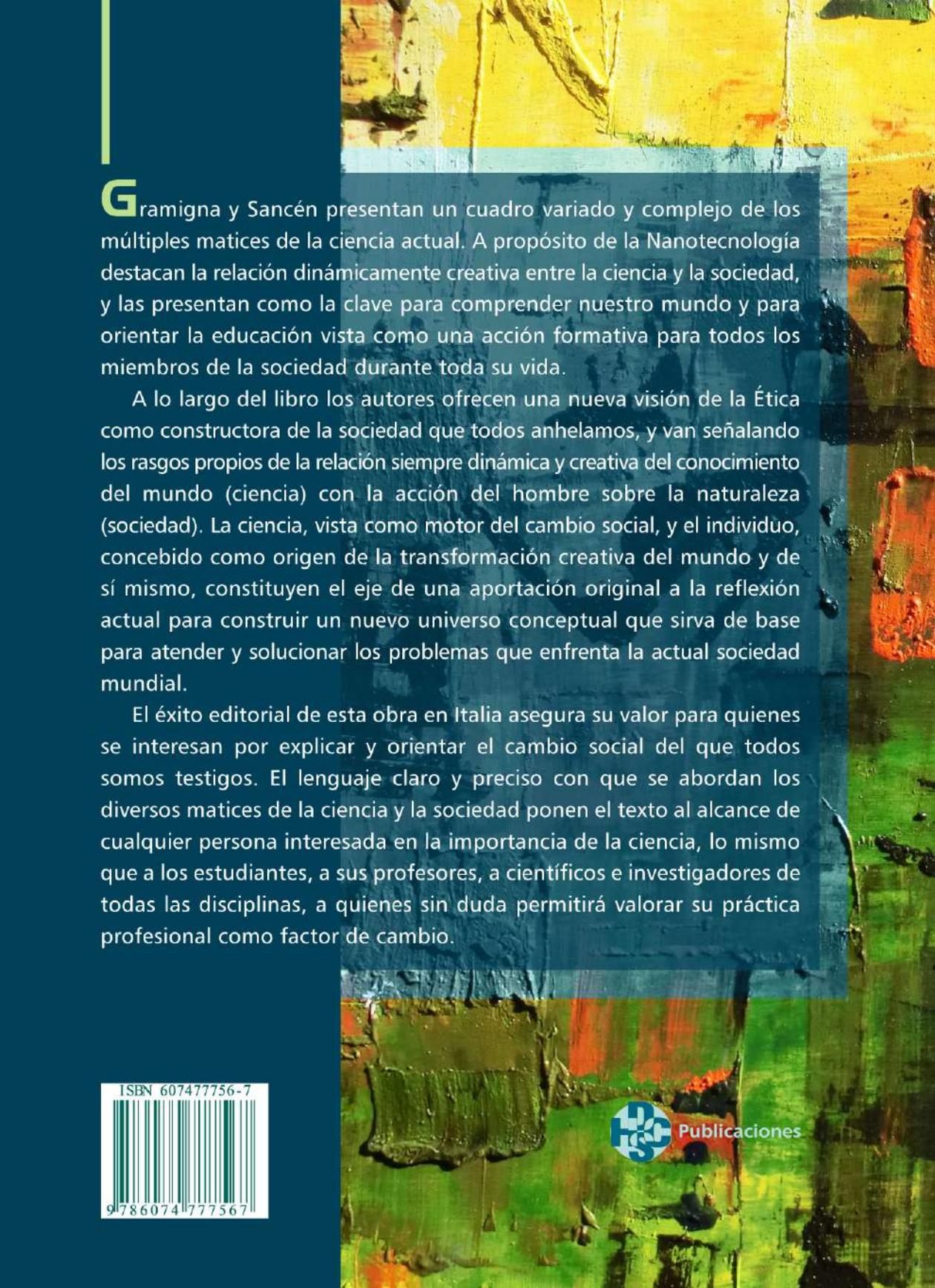
Publicaciones periódicas

*Argumentos.
Estudios críticos de la sociedad, núm. 71*
Premio internacional de investigación
en Ciencias Sociales

*Veredas.
Revista del pensamiento sociológico, núm. 26*
El proceso electoral de 2012 en México.
Nuevas y viejas prácticas de la política

DCSH Publicaciones

<http://dcshpublicaciones.xoc.uam.mx>



Gramigna y Sancén presentan un cuadro variado y complejo de los múltiples matices de la ciencia actual. A propósito de la Nanotecnología destacan la relación dinámicamente creativa entre la ciencia y la sociedad, y las presentan como la clave para comprender nuestro mundo y para orientar la educación vista como una acción formativa para todos los miembros de la sociedad durante toda su vida.

A lo largo del libro los autores ofrecen una nueva visión de la Ética como constructora de la sociedad que todos anhelamos, y van señalando los rasgos propios de la relación siempre dinámica y creativa del conocimiento del mundo (ciencia) con la acción del hombre sobre la naturaleza (sociedad). La ciencia, vista como motor del cambio social, y el individuo, concebido como origen de la transformación creativa del mundo y de sí mismo, constituyen el eje de una aportación original a la reflexión actual para construir un nuevo universo conceptual que sirva de base para atender y solucionar los problemas que enfrenta la actual sociedad mundial.

El éxito editorial de esta obra en Italia asegura su valor para quienes se interesan por explicar y orientar el cambio social del que todos somos testigos. El lenguaje claro y preciso con que se abordan los diversos matices de la ciencia y la sociedad ponen el texto al alcance de cualquier persona interesada en la importancia de la ciencia, lo mismo que a los estudiantes, a sus profesores, a científicos e investigadores de todas las disciplinas, a quienes sin duda permitirá valorar su práctica profesional como factor de cambio.

ISBN 60747756-7



9 786074 777567



Publicaciones