



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

De la ciencia a la tecnociencia: comparación entre el esquematismo kuhniano
del cambio científico y la actividad tecnocientífica desde el discurso de
Echeverría

Tesis

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FILOSOFÍA**

Presenta

Pedro Ignacio Martínez Vergara

Asesor: Dra. María del Carmen Gómez Martínez

Noviembre, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Agradecimientos	5
Introducción	8
I. Reconstrucción del modelo kuhniano de la ciencia	12
1. El periodo preparadigmático.....	13
2. El periodo paradigmático y la ciencia normal.....	16
2.1. La Matriz disciplinaria	17
2.1.1. Generalizaciones simbólicas.....	19
2.1.2. Compromisos metafísicos.....	20
2.1.3. Valores compartidos.	21
2.2. Los ejemplares.....	25
2.3. La ciencia normal.....	29
2.3.1. Los problemas fácticos de la ciencia normal.....	31
2.3.2. Los problemas teóricos de la ciencia normal.....	32
2.4. La ciencia normal y la resolución de rompecabezas	34
3. Las anomalías, las crisis y la ciencia extraordinaria.....	36
3.1. La crisis y el surgimiento de teorías	38
3.2. La reacción de los científicos ante las crisis y la ciencia extraordinaria	39
4. El periodo revolucionario.....	43
4.1. Las revoluciones y el cambio de visión del mundo.....	48
4.2. La elección de teorías.....	50
5. El progreso científico.....	54
5.1. El progreso intraparadigmático.....	54
5.2. El progreso interparadigmático	56
II. Sobre el concepto de “Tecnociencia” en el discurso de Echeverría	59
1. El informe Bush.....	61
1.1. Caracterización de la Macrocienza.....	71

1.2. Los objetivos de la Macrociencia	76
2. Caracterización de la Tecnociencia	77
2.1. Ámbitos de impacto de la tecnociencia.....	84
3. La axiología de la tecnociencia	95
III. Contraposición entre las nociones de “Ciencia” y “Tecnociencia”	105
1. Los efectos de la ciencia y la tecnociencia en el mundo y en la sociedad.....	106
2. El monismo axiológico de la comunidad científica versus la pluralidad axiológica de la tecnociencia.....	117
3. La comunidad científica frente al sujeto plural de la actividad tecnocientífica	122
4. La revolución científica y la revolución tecnocientífica	131
4.1. La alteración de la práctica científica-tecnológica	131
4.2. Los paradigmas científicos y tecnocientíficos	135
4.3. Los componentes de los paradigmas tecnocientíficos.....	136
4.4. La incompatibilidad entre sistemas tecnocientíficos	138
4.5. Las disputas científicas y las contiendas tecnocientíficas	139
Conclusión.....	142
Bibliografía.....	148

Agradecimientos

A lo largo de la vida tenemos la oportunidad de estar al lado de un gran número de personas que, poco a poco y sin darnos cuenta, moldean nuestra forma de ser. Sin embargo, existen ciertos “guías”, nuestros grandes maestros, cuya presencia se revela como fundamental en el desarrollo de nuestra vida. A ellos es mi deseo rendir homenaje en esta ocasión:

Mi más sincero agradecimiento y cariño para mis padres, Carmina y Pedro, pues les debo la existencia, es decir, todo lo que soy. Sin su amor, guía y perseverancia esta tesis simple y sencillamente no hubiera sido posible.

A mi asesora, la Dra. María del Carmen Gómez Martínez, de quien espero seguir su ejemplo no sólo en el ámbito académico, sino en su trato con la vida.

Para ti, Daniel, pues, además de haber sido mi profesor, también eres una persona de la cual tengo el privilegio de nombrar “mi amigo”. Tus enseñanzas siempre las llevaré conmigo.

De ustedes, Alice, María, Mónica, Valente, Marco Antonio, Guadalupe, Blas, Julián, Miriam, Gustavo, Dolores. Estefanía, Alejandra, Aldo y Rebeca he aprendido una lección que supera los límites de las aulas: forjar una verdadera amistad. Gracias por estar a mi lado y por ayudarme a descubrir el mundo y a mí mismo.

Con especial afecto para Claudia y Tere. Su compañía a lo largo de mi vida ha sido toda una bendición.

Al profesor Arturo Ramos, quien me ayudó con especial dedicación en mi breve andanza en el mundo de la Filosofía de la Ciencia.

Mi sincera gratitud para los profesores Guillermo González Rivera, Sara Luz Alvarado Aranda, Ana María Rivadeo, Nelly García Arellano y Luis Antonio Velasco Guzmán. Sus

enseñanzas han modificado mi visión de las cosas y me alientan a un mayor esfuerzo en lo académico y en lo personal.

Laura y Lupe: gracias por su sincera amistad a lo largo de estos años. Sin exagerar, puedo decir que una gran parte de mi humanidad se las debo a ustedes. Aunque la distancia nos ha separado, siempre las llevo en mi memoria y corazón.

La más dominante de las ciencias, la que domina sobre todas las ciencias subordinadas, es la que sabe para qué ha de ser hecha cada cosa: este fin es el bien de cada cosa, y, en general, el Bien Supremo de toda la naturaleza

Aristóteles, *Metafísica*, 982b5.

Hemos visto que no puede haber verificación definitiva de la verdad o el error del pensamiento subjetivo, de su sinceridad o falsedad. ¿Y el pensamiento público, sistemático, esa búsqueda de verdades objetivas que, desde Parménides, se ha considerado en Occidente como la excelencia del hombre?

George Steiner, *Diez (posibles) razones para la tristeza del pensamiento*, 4, p. 37.

En condiciones normales, el investigador no es un innovador sino un solucionador de acertijos, y los acertijos sobre los cuales se concentra son precisamente aquellos que él cree que pueden plantearse y resolverse dentro de la teoría científica que prevalece en su momento

Thomas Kuhn, *La tensión esencial*, IX, p. 257.

Introducción

En la *Estructura de las Revoluciones científicas –ERC desde ahora–* Kuhn describe lo que, según su perspectiva, es la estructura general del cambio científico. Este autor, a diferencia de otros filósofos de la ciencia como Carnap y Popper, pone de relieve que en el proceso del cambio científico intervienen supuestos, creencias, valores y el contexto histórico de la comunidad científica, dando cuenta con ello que la ciencia es una actividad en la que se encuentran inmersos factores considerados por la filosofía de la ciencia tradicional como subjetivos. Así, la ciencia, para Kuhn, no es entendible sin los sujetos que la realizan.

Sin embargo, a pesar de que el enfoque kuhniano de la ciencia incorpora a su análisis varios aspectos ignorados por la tradición –como la participación de los valores y de las creencias de los científicos en el desarrollo de la ciencia– actualmente ya no es adecuado para explicar o analizar una nueva forma de hacer y practicar la ciencia, a saber, la tecnociencia. En efecto, este nuevo modo de práctica científica –y se podría decir forma legítima, tecnológica– introduce varios elementos que Kuhn no considera en su trabajo. De esta forma, la presente tesis defenderá que el modelo kuhniano de la ciencia se muestra insuficiente para explicar y describir a la nueva actividad tecnocientífica.¹

Se debe tomar en cuenta que la obra de Kuhn sobre el cambio científico versa, primordialmente, sobre el cambio en el conocimiento, no la práctica científica. Con la emergencia de la tecnociencia a mediados del siglo pasado [Echeverría, 2003: 10], la ciencia básica, aquella de la que habla Kuhn, se ha visto modificada en su quehacer debido a que factores antiguamente considerados como externos se integran en su núcleo. A modo de ejemplo, hay que tener en cuenta que con la tecnociencia la ciencia se ve permeada de elementos tecnológicos que le permiten realizar su trabajo [Echeverría, 2003: 61]. Sin tales elementos, artefactos como la bomba atómica o los telescopios espaciales no hubieran podido existir.

De igual manera, conviene advertir que los factores políticos, económicos y sociales intervienen, y de forma directa, en la práctica tecnocientífica, contraviniendo al pensamiento kuhniano. Hay que recordar que Kuhn en *ERC* enfatizó puntualmente que, aun

¹ Una de las razones por las cuales este estudio se vuelve relevante es que, al evidenciar la insuficiencia del modelo kuhniano de la ciencia para explicar a la actividad tecnocientífica, patentizará la necesidad de emprender estudios específicos sobre esta nueva forma de práctica científica, la cual ha cobrado especial relevancia en nuestra actualidad, pues permea ámbitos que van desde los militares hasta los sociales.

cuando no sea una regla escrita, en cuestiones científicas ni la política ni la sociedad deben intervenir [2010: 293]. Con el auge de la tecnociencia este principio ya no puede sustentarse debido a que muchos de los proyectos tecnocientíficos se hacen para satisfacer necesidades políticas, como es el caso de las armas nucleares. Además, la sociedad interviene en el trabajo tecnocientífico gracias a que es receptora de muchas de sus innovaciones, como la telefonía celular y las tecnologías computacionales, sin olvidar que puede ser uno de los principales críticos de esta nueva forma de práctica científica.

En suma, gracias a estas razones y a otras que se estudiarán en las páginas siguientes, el modelo de ciencia de Kuhn no es adecuado para el tratamiento de la tecnociencia. La tecnociencia desborda, y por mucho, el bagaje conceptual ofrecido por Kuhn, evidenciándose con ello que la tecnociencia requiere de un estudio filosófico independiente. La tecnociencia no sólo tiene repercusiones en el ámbito epistémico, sino también en los terrenos sociales, políticos, económicos, medioambientales, etc. Sus efectos no son cosa del pasado, pues se mantienen latentes hasta nuestros días.

Así, si la tecnociencia difiere de la ciencia en aspectos fundamentales, el estudio de las diferencias entre la actividad científica y la tecnocientífica permitirá ver cómo es que la segunda se compone, trabaja y afecta al mundo natural y al social. Tal estudio mostrará las características específicas de la tecnociencia, así como los puntos en los que difiere de la ciencia básica. Tener en claro cuáles son las características específicas de la tecnociencia puede ser la condición de posibilidad de una posterior crítica constructiva.

Ahora bien, dado que este trabajo tiene como objetivo principal mostrar la incapacidad del modelo de ciencia kuhniano para explicar a la tecnociencia, haciendo ver los puntos en los que difieren ambas prácticas, se procederá con un método comparativo, pues éste permitirá sopesar tanto a la ciencia como a la tecnociencia. Para llevar a cabo esta comparación, se tomará como referente a Kuhn, en el caso de la ciencia básica, y en específico a *ERC*, por ser la obra donde expone de manera formal y completa sus tesis sobre el cambio científico. Evidentemente, se tomarán en consideración otros trabajos del mismo autor que ayuden a clarificar y complementar las tesis de *ERC*.

Para tratar el tópico de la tecnociencia, este escrito se basará en la *Revolución tecnocientífica* de Javier Echeverría. La razón de tal elección es que el autor expone, de manera clara y puntual, lo qué es la tecnociencia, sus orígenes, las relaciones que mantiene

con sectores como la economía, la política y el gobierno, así como su pluralidad axiológica, entre otras cosas.

La filosofía de la ciencia, y en específico el pensamiento desarrollado por Kuhn, han sido temas sobre los cuales han existido, y existirán, numerosas reflexiones de distinta índole. La presente tesis cumplirá uno de sus objetivos si logra incentivar en sus lectores un nuevo estudio sobre el pensador norteamericano y los demás filósofos de la ciencia. Por otra parte, las reflexiones sobre la tecnociencia, aunque han sido desarrolladas de manera prolífica en los últimos años, son un terreno relativamente nuevo para la filosofía, por supuesto, si se compara a la filosofía de la tecnociencia con la filosofía de la ciencia o con la epistemología. Este trabajo se verá satisfecho si logra hacer ver a su público la necesidad de emprender nuevos estudios en torno a la actividad tecnocientífica que complementen a los ya existentes. De igual manera, hay que decir que la importancia y novedad de la presente tesis reside en que contribuye a la clarificación de un tema de relevancia actual, la tecnociencia, además de que aporta elementos conceptuales necesarios para su correcto entendimiento.

Dada la naturaleza comparativa de la presente tesis, se procederá a trabajar de la siguiente manera: se comenzará por la exposición del modelo kuhniano de la ciencia. En seguida, se analizarán las principales características de la tecnociencia a partir del trabajo de Echeverría. Finalmente, se hará la contraposición entre estas dos prácticas, mostrando por qué el modelo de Kuhn de la ciencia ya no es adecuado para el abordaje de la tecnociencia.

Como se ve, esta tesis se encuentra dividida en tres capítulos. En el primer capítulo se presenta una reconstrucción del modelo kuhniano de la ciencia. La naturaleza de este capítulo de la presente tesis es analítico-descriptivo, motivo por el cual se procederá a enunciar las principales características del esquematismo kuhniano del cambio científico, siempre tomando como base a *ERC*. De esta manera, se comenzará con el análisis de lo que Kuhn entiende por el periodo “preparadigmático” o carente de paradigmas en la ciencia. En seguida, se continuará con la caracterización de lo que este filósofo piensa que es el periodo “paradigmático” o de “ciencia normal”. A continuación, se hará una breve revisión de lo que es el periodo de “crisis” o de “ciencia extraordinaria”. Después, se elaborará un breve

análisis del periodo “revolucionario”. Para finalizar, se abordará, aunque de forma sintética, la postura de Kuhn ante el progreso científico.

En el segundo capítulo se hablará sobre el concepto de “Tecnociencia” en el discurso de Echeverría. De manera similar al primero, este capítulo también es de índole analítico-descriptivo. Sólo que en este caso se revisarán las principales características de la tecnociencia a partir de la *Revolución tecnocientífica* de Javier Echeverría. Dividido en tres secciones, este capítulo caracterizará esquemáticamente los rasgos generales de la Macrociencia, resaltando la relevancia del informe Bush, las partes constitutivas de la *Big science* y la praxiología de la tecnociencia. En segundo lugar, se enunciarán los rasgos característicos de la tecnociencia. Finalmente, se verá cómo es que la tecnociencia se encuentra permeada por una gran cantidad de valores, lo cual hace que su axiología sea plural.

Finalmente, en el último capítulo se presentará una contraposición entre las nociones de “Ciencia” y “Tecnociencia”. Para lograr este objetivo, se mostrará cómo es que la tecnociencia tiene efectos para el mundo y la sociedad que supera, y con creces, a los de la ciencia básica de la que hablaba Kuhn. En segundo lugar, se hará una contraposición entre la axiología de la comunidad científica y la pluralidad axiológica de la tecnociencia. En tercer lugar, se compararán las diferencias existentes entre los sujetos que intervienen en la actividad científica y la actividad tecnocientífica. Por último, se contrapondrán las nociones de “Revolución tecnocientífica” y de “Revolución científica”. Cabe aclarar que en este último capítulo muchos de los conceptos que se utilizarán ya fueron previamente tratados en los dos capítulos anteriores, motivo por el cual se remitirá al lector a éstos en caso de que surgiera alguna duda en las nociones utilizadas.

I. Reconstrucción del modelo kuhniano de la ciencia

El propósito de este capítulo es el de reconstruir la forma en la que Kuhn piensa que funciona la ciencia, es decir, su esquematismo del cambio científico. Como tal, la finalidad del presente capítulo es la de demostrar que tal esquematismo kuhniano recupera varios elementos ignorados por la filosofía de la ciencia tradicional, tal como el papel crucial del sujeto y de la comunidad en el desarrollo científico. Autores como Estany han apuntado que la propuesta de Kuhn sobre el desarrollo de la ciencia revaloriza aspectos cognitivos, epistemológicos, políticos y sociales (o sociológicos), hasta el punto en el que considera la obra de este filósofo como un metaestudio “en el sentido de un marco teórico que aborde *todos los aspectos del producto cultural llamado ‘ciencia’*” [2003: 95, 98]. Sin embargo, se puede afirmar, sobre todo en los aspectos políticos y sociales, que Kuhn se limitó a enunciar su relación con la ciencia sin establecer de manera clara la forma en que tales factores intervienen en las actividades de los científicos, ya que incluso llegó a rechazar la intervención de tales factores en la actividad científica [Kuhn, 2010: 293].

Evidentemente, afirmaciones como la anterior requieren de una mayor justificación para que no caigan en ambigüedad o inconsistencia. Por consiguiente, antes de hacer cualquier crítica al esquematismo kuhniano de cambio científico, se hará una reconstrucción de éste para dar sustento a una posterior crítica. Podría ser que esta reconstrucción dé los elementos suficientes para matizar posiciones tan fuertes como la de Estany al limitar su pretensión de ver en la obra de Kuhn un metaestudio omniabarcante de la ciencia.

Para llevar a cabo la reconstrucción del esquema kuhniano del cambio científico se abordarán los siguientes puntos que pretenden englobar, mas no agotar, sus aspectos centrales:

1. El periodo preparadigmático.
2. Periodo paradigmático y de ciencia normal.
3. El surgimiento de las anomalías, el periodo de crisis y de ciencia extraordinaria.
4. Periodo revolucionario.
5. El progreso científico.

Por el momento este trabajo se limita a enunciar lacónicamente sus principales directrices. Sin embargo, esto no quiere decir que, conforme vaya avanzando su desarrollo, más

adelante se vayan a ignorar varios de los matices pertinentes que se requieren para la correcta reformulación del pensamiento de Kuhn acerca del cambio científico. Por ejemplo, cuando se trate al “periodo paradigmático” se hará la distinción, que tanto enfatizó este filósofo, entre el sentido de paradigma como ‘matriz disciplinaria’ y como un conjunto de ‘ejemplares’.

Una última aclaración: para la reconstrucción del esquematismo kuhniano el presente escrito se basará principalmente en *ERC*, recurriendo, de vez en vez, a trabajos posteriores del mismo autor para complementar aquellos aspectos que, desde la posición de esta obra, queden velados o que necesiten de una mayor profundización.

1. El periodo preparadigmático

Antes de tratar propiamente lo que Kuhn entiende por periodo ‘preparadigmático’ conviene detenerse en otros aspectos para su correcta comprensión. En efecto, hay que notar que la palabra ‘preparadigmático’ es de difícil aprehensión si no se tiene en cuenta, a su vez, el término ‘paradigma’: si se habla de algo anterior a un paradigma es preciso saber, aunque en este momento de forma esquemática,² qué es lo que significa estar en un periodo paradigmático o gobernado por un paradigma. Como indica Kuhn desde su prefacio a *ERC*, los paradigmas “son logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales” [2010: 50]. De esta forma, un paradigma es una realización sin precedentes que atrae a un gran número de científicos alejándolos de otras teorías rivales, y, a su vez, tal realización es lo suficientemente abierta como para dejar a las nuevas generaciones de científicos un gran número de problemas sin resolver.

Un ejemplo clásico de teoría paradigmática nos lo da Copérnico. Su modelo astronómico no sólo suministró un nuevo enfoque para resolver problemas tales como el de la medición del año, sino que también dejó a la nueva generación de astrónomos una gran cantidad de “rompecabezas” para armar, como problemas relativos a la física, ya que al poner en movimiento a la tierra contradecía directamente la noción aristotélica de los “lugares naturales”, según la cual a la tierra le correspondía de manera natural estar el

² Pues en la siguiente sección se desarrollará con amplitud qué es lo que entiende Kuhn por paradigma.

centro del universo en total reposo³ [Kuhn, 2008: 122]. De esta forma, el paradigma copernicano dio a los astrónomos una pauta a seguir para llevar a cabo su trabajo. Les proporcionó una nueva base para realizar su actividad, es decir, les dio una guía para lo que Kuhn llama “ciencia normal”.

Si los paradigmas, como se ha dicho, dan a los científicos las pautas para resolver e identificar problemas, entonces un periodo “preparadigmático” será aquel que carezca de tales pautas comunes a la investigación científica. En definitiva, durante este periodo carente de paradigmas compartidos no puede existir una investigación “normal”, pues no existe una base común que permita a los científicos trabajar en conjunto. Por el contrario, como menciona Pérez Ransanz, en la etapa preparadigmática “coexisten diversas ‘escuelas’ que compiten entre sí por el dominio de un cierto campo de investigación” [1999: 29]. Entre estas escuelas hay muy poco acuerdo sobre lo que cuenta como un objeto de estudio, los problemas que se deben resolver y la metodología a utilizar. Con todo, hay que observar que tales escuelas tienen un paradigma particular, es decir, a pesar de que no cuenten con una guía común de investigación, ello no implica que cada una de ellas guarde no en su seno una especie de línea a seguir. Como menciona Kuhn, “lo que cambia con la transición a la madurez (de una ciencia) no es la presencia de un paradigma, sino más bien su naturaleza. Sólo tras el cambio es posible la investigación normal de resolución de rompecabezas” [1969: 308]. Esta situación se puede explicar si se considera que una de las características principales de esta etapa es la carencia de los distintos grupos de un cuerpo acumulativo de resultados⁴ [Pérez: 1999: 29].

³ Cabe destacar, asimismo, que el propio Copérnico [2009: 14] vio como una motivación esencial para llevar a cabo su reforma astronómica la imprecisión de las astronomías geocéntricas a la hora de determinar con exactitud la duración del año solar. Para la noción aristotélica de los lugares naturales, V. Aristóteles [2008: 289a10].

⁴ Conviene apuntar desde ahora el énfasis que pone Kuhn sobre la necesidad de un paradigma como la base común posibilitadora del desarrollo científico. Dicha base es la piedra de toque para que una determinada comunidad científica realice su labor sin la premura de carecer de un determinado “esquema conceptual” que le indique un camino para reconocer los problemas por resolver, así como la clase de “objetos” que se consideran legítimos para ejercer la labor científica. Es decir, la carencia de un paradigma que guíe la investigación científica conllevaría dejar a los científicos en un vacío en el que no podrían valorar un problema, un método, etc., por sobre otro. Estas afirmaciones pueden llevar a la conclusión de que para realizar una determinada actividad se tiene que partir de un presupuesto que nos “indique” nuestra forma de ver y realizar un determinado quehacer. Según Popper [2005: 86], esta forma de ver a la ciencia sería equivalente a hacerla un dogma, pues al hacerla depender de un paradigma incuestionado se renunciaría a la tradición crítica iniciada por Tales y Anaximandro, según la cual la ciencia, en tanto búsqueda de la verdad, “será la discusión crítica entre teorías en competencia, y la discusión crítica racional de la teoría

En efecto, a falta de un paradigma compartido es probable que todos los hechos correspondientes a una ciencia determinada parezcan relevantes [Kuhn, 2010: 77-8]. La recolección de datos, como menciona Kuhn, parece ser meramente aleatoria. Si un paradigma común a una ciencia no se encuentra consolidado, “entonces ha de tomarse de fuera, quizá de una metafísica dominante, de otra ciencia o de circunstancias personales e históricas” [Kuhn, 2010: 80]. Como ha mostrado Kuhn [2008: 52 y ss.], antes del esquema de las dos esferas las imágenes que los distintos pueblos tenían del universo, al menos en occidente, se tomaban directamente de sus creencias religiosas, dando así diversas imágenes del cosmos: el universo creado por el Caos o la tierra flotando sobre un inmenso mar.⁵

Sólo con la presencia de un paradigma que determine un conjunto de hechos relevantes se podrá hacer que una determinada ciencia coseche éxitos en sus investigaciones, pues acotará la multitud de hechos “informes” posiblemente relevantes para un metafísica, pero no por ejemplo para el desarrollo astronómico. Concebir al universo como una entidad sostenida por una gigantesca tortuga rodeada de agua en realidad no dice a los “astrónomos” qué clase de hechos son importantes para la medición del año o para la

revolucionaria”. No obstante, hay que pensar que el mismo Popper sigue a la venerable tradición del “racionalismo crítico” de manera acrítica.

⁵ Como breve nota aclaratoria, cabe decir que el esquema de las “dos esferas” está basado en la suposición de que el universo se encuentra conformado de una esfera límite que unifica la totalidad de lo existente, y una esfera central ocupada por la tierra. Como menciona Kuhn [2008: 56-7], dicho esquema puede estar basado en la observación de que las estrellas y los demás planetas se mueven en una regularidad (casi) perfecta, por lo cual la superficie en la que ocurren tales movimientos tendrá una forma regular de desplazamiento que siempre sea la misma. Ahora bien, la esfera se muestra como la figura idónea, ya que es “[...] la única superficie perfectamente simétrica y una de las pocas que puede girar eternamente sobre sí misma ocupando exactamente el mismo espacio en todos y cada uno de los instantes de su movimiento [...]”. Bajo esta perspectiva, la esfera sería la figura más perfecta, pues es la representación de la constancia y la uniformidad. En el caso de la esfericidad de la tierra, uno de los argumentos para probar su esfericidad es el del navío: “el caso de un navío que se aleja de la orilla desaparece ante nuestros ojos antes que el extremo de su mástil; por otra parte, veremos una mayor parte del navío y de la superficie del mar cuanto más elevado se halle nuestro observatorio”, motivo por el cual se puede pensar que la superficie de la tierra no es plana, sino que presenta una curvatura igual o, por lo menos, similar a la de una esfera.

Sobre el universo creado por Caos, hay que decir que esta cosmología pertenece al pueblo griego. Según esta cultura, “el Caos fue la condición primordial del Universo”. En efecto, de él proviene todo lo creado, ya que en él “se encontraban amalgamados todos los elementos que configuraban una masa informe”. Por supuesto, a partir de tal masa informe se generó la tierra y, en general, los Dioses que dieron forma y vida al universo [Moreno, 2003: 36-7].

En cuando a la imagen de la tierra flotando en un inmenso mar, se debe mencionar que proviene de los sumerios. Según este pueblo, la tierra era plana, formada por inmensas llanuras, aunque en su parte central se elevaba una enorme montaña. Ahora bien, el mar en el que se encontraba la tierra era contenido por una gran muralla, alta e impenetrable. De igual forma, este mar era una zona prohibida a los hombres, por lo que se le llamó “aguas de la muerte” [Moreno, 2003: 24].

determinación de las órbitas planetarias. Con el desarrollo del universo de las dos esferas fue posible la creación de un paradigma unificado, cuyo pináculo podría ser Aristóteles. Este paradigma, el aristotélico, definitivamente pudo ser considerado un gran avance en la astronomía ya que no sólo dio una explicación de la finitud y composición del universo, sino que también proporcionó un sendero en la investigación de las órbitas planetarias y, por ende, del movimiento de los planetas.

De esta forma, con el paradigma aristotélico muchas de las antiguas escuelas astronómicas fueron eliminadas, pues pudo acotar el número de problemas, entidades y métodos existentes a unos cuantos, concentrando su atención a un número definido de hechos y problemas, permitiendo su resolución y dando, por consiguiente, una imagen de una ciencia exitosa. Como menciona Kuhn, con la presencia de un paradigma dominante “la recolección de hechos y la articulación teórica se hacen una actividad mucho más rígida” [2010: 88], teniendo como consecuencia la retención y adhesión de un número considerable de partidarios. De esta manera, el paradigma que logra sobreponerse a los demás, es decir, el que triunfa, puede dar una definición más concisa de su campo de estudio.

Volviendo al caso del paradigma aristotélico, una vez consolidado pudo definir, entre otras cosas, una visión del universo que les permitió a sus sucesores ya no tener la necesidad de preguntarse por el número de entidades astronómicamente relevantes para su estudio, ya que la cantidad de planetas y entidades inmóviles había quedado establecida de antemano. Asimismo, proporcionó a los nuevos investigadores de una física que, en principio, les permitió dar por sentado todas las clases de movimientos posibles, es decir, de la región terrestre y de la celeste. En suma, el paradigma de la astronomía (y cosmología) aristotélica dotó a sus sucesores de un visión del mundo determinada que les ahorró la tarea de construir de nuevo “su campo en sus obras principales, partiendo de los primeros principios y justificando el uso de cada uno de los conceptos introducidos” [Kuhn, 2010, 84].

2. El periodo paradigmático y la ciencia normal

Con la consolidación de un paradigma entramos en la etapa de “ciencia normal”, la cual se caracteriza por estar gobernada o basada en un paradigma. Autores como Masterman

[1975: 162] han destacado la multivocidad de este término, adjudicándole incluso más de veintidós significados o usos distintos. El mismo Kuhn [1969: 302; 1974: 317], en trabajos posteriores a *ERC*, ha reconocido su parte en la confusión que provocó tal término entre sus lectores, aunque hay que destacar que también se ocupó de su clarificación. Se considera conveniente mostrar, en primer lugar, de forma más detenida y explícita aquello que Kuhn entiende por “paradigma”. Si bien es cierto que en la sección anterior ya se dio una definición de este término, hay que considerar que ésta apenas si refleja toda su riqueza y complejidad, por lo cual hay que dar paso a un tratamiento más exhaustivo. Una vez hecho esto se procederá a trabajar con lo que Kuhn ha denominado como “ciencia normal” o “periodo normal de investigación”.

Para empezar con el análisis de este término central en el pensamiento kuhniano hay que hacer la distinción entre los dos sentidos de paradigma que el autor utiliza en su obra, a saber: paradigma como “logro o realización concreta” y “como conjunto de compromisos compartidos” [Pérez, 1999: 30]. Según las propias palabras utilizadas por Kuhn, la primera acepción de paradigma es la más relevante, pues “filosóficamente al menos, este [...] sentido de paradigma es el más profundo de ambos” [1969: 302] ya que de él dependen la forma en la que el científico aprende a reconocer los problemas relevantes de su campo de estudio así como su solución, sin la necesidad de recurrir a principios o reglas explícitamente formuladas.

Sin embargo, se debe reconocer, junto con Ransanz [1999: 30], que el paradigma en el sentido de ‘un conjunto de compromisos compartidos’, una vez consolidado y aceptado por la mayoría de una comunidad científica, es que el marca el inicio de la ‘ciencia normal’. Efectivamente, esta consecuencia se puede derivar del estudio que el mismo Kuhn hace de los dos sentidos de paradigma, pues subordina la acepción de “logro o realización concreta” a la de “compromisos compartidos”. Por ende, se comenzará con la exploración de la segunda acepción del término ‘paradigma’.

2.1. La Matriz disciplinaria

En primer lugar, hay que destacar que la noción de paradigma como un conjunto de ‘compromisos compartidos’ toma en los escritos posteriores a *ERC* otra denominación, misma que ayuda a clarificar lo que Kuhn [1969: 313; 1974: 321] tiene en mente cuando

habla de esta red de supuestos, a saber: “matriz disciplinar”. Como aclara este autor, la elección de esta acepción y no la de “teoría” como el elemento común de una comunidad científica que les permite la relativa plenitud de su comunicación y la relativa unanimidad de sus juicios profesionales se debe a que, en líneas generales, la filosofía de la ciencia tradicional usa este término de una forma muy limitada. Para poner un solo caso, a modo de ejemplo, piénsese en Popper [1991: 64]: según este autor una teoría, para considerarse científica, debe ser sometida a un proceso de refutación, mediante el cual una teoría debe ser criticada y, en el mejor de los casos, desmentida. Si la experiencia contradice a la teoría, ésta debe ser desechada. En caso contrario nuestra teoría sigue con vida al menos hasta su próxima prueba de testabilidad.

Básicamente, el término “teoría” se toma como un conjunto de enunciados universales [Popper, 2011: 71] que es susceptible de ser falseado mediante la experiencia [Popper, 2011: 50], dando lugar así a una nueva teoría que deberá resistir una nueva falsación. Queda claro, por el contrario, que una red de compromisos comunes a un grupo científico no es un simple enunciado, aunque ésta sea de tipo universal, susceptible de ser refutado por contrastación empírica, ya que algunos de estos pueden ser de carácter metafísico. De ahí la pertinencia de llamarla “matriz disciplinaria”, ya que el término ‘disciplinar’ “alude a la posesión común por parte de los que practican una disciplina concreta” y ‘matriz’ “porque se compone de elementos ordenados de varios tipos” [Kuhn, 1969: 313; 1974: 321].⁶

Ahora bien, la “matriz disciplinaria” alude a un conjunto de elementos ordenados que son posesión de una comunidad científica, a saber: las generalizaciones simbólicas, los compromisos metafísicos, los valores y los *ejemplares*. Los primeros tres elementos serán tratados en esta sección, mientras que el cuarto recibirá un análisis aparte debido a su impronta en el pensamiento kuhniano y a que será tratado con mayor profundidad. De una vez hay que apuntar que los “ejemplares” son lo que Kuhn [2010: 88] llamó como ‘logros o realizaciones concretas’, para las cuales el término “paradigma” viene a ser el más adecuado.

⁶ Hay que decir que la definición de “matriz disciplinaria” dada en estos dos textos es casi idéntica. Pues en su texto intitulado “Algo más sobre paradigmas” Kuhn sólo identifica tres de los cuatro elementos de la matriz disciplinar que aparecen en su “Posdata 1969”, a saber: las generalizaciones simbólicas, los modelos y los ejemplares.

2.1.1. *Generalizaciones simbólicas*. Como indica Kuhn, las generalizaciones simbólicas son todas aquellas expresiones que una comunidad científica usa sin cuestionamiento alguno, y que pueden ser fácilmente traducidas, con una cierta modificación, a una forma lógica. En una palabra, “son los elementos formales o fácilmente formalizables de la matriz disciplinar” [1969: 314]. Ejemplos de tales generalizaciones podrían ser la fórmula $f=ma$ y el enunciado ‘la acción es igual a la reacción’. Tales formalizaciones cumplen con la importante función de condensar las relaciones conceptuales que marcan el enfoque teórico de una tradición de investigación. Como diría Duhem las teorías –o expresiones simbólicas– tienen la función de ser una “economía del pensamiento” [2003: 24] ya que más allá de ser leyes con un contenido empírico concreto, son esquemas de enunciados más definidos.

Tales expresiones son el punto de partida del grupo científico para dejar entrar a la lógica y a las matemáticas en su trabajo. Con todo, la lógica y las matemáticas, como dice Kuhn [1993: 324], se aplican a ulteriores versiones modificadas de ellas, dependiendo del caso específico con el que se vaya a trabajar. Nótese que si bien una determinada ley puede modificarse para ser aplicada a un caso particular, ésta debió ser aceptada y considerada como relevante antes de su contacto con la experiencia mediante el experimento. Un ejemplo un poco antiguo, pero útil para la argumentación, puede ser el axioma básico de la antigua astronomía que dictaba que toda órbita planetaria debía ser circular. Una vez establecida esta ley, la tarea de los astrónomos era la de ajustar el recorrido de cada planeta con una órbita circular, aunque para ello debieran emplear un sinnúmero de hipótesis *ad hoc*, tales como los ecuantos, epiciclos, etc.

Esta aceptación de la comunidad científica de aquellas generalizaciones simbólicas con las que más tarde trabajarán en la “naturaleza” requiere, aunque de forma implícita, de un compromiso compartido por tal comunidad, compromiso que puede verse reflejado en su confianza de que tales generalizaciones son una buena guía para describir el mundo. Como menciona Kuhn, el hecho de que un científico acepte tal esquema conceptual, teoría o ley en lugar de otra “es un índice de hasta qué punto confía en él, es una muestra de su convicción de que el modelo que emplea es el único válido” [2008: 69].⁷ Por supuesto, éste

⁷ Hay que destacar, desde este momento, que el trabajo de Kuhn en torno a la ciencia no defiende la famosa distinción entre el contexto de justificación y el contexto de descubrimiento, según la cual los estados psicológicos de los individuos son distintos de los contenidos del pensamiento objetivo, siendo estos últimos

no es el único tipo de compromisos comunes a un grupo científico, pues junto con las generalizaciones simbólicas comparten una imagen o visión acerca de cómo es el mundo.

2.1.2. *Compromisos metafísicos*. En su artículo nombrado “Algo más sobre paradigmas” Kuhn [1974: 321] dice que una matriz disciplinaria proporciona a los grupos científicos una determinada ontología. Por ello es entendible que desde *ERC* este filósofo apunte que la investigación científicamente efectiva difícilmente comienza antes de haber obtenido respuestas a pregunta como: “¿Cuáles son las entidades fundamentales de que se compone el universo? ¿Cómo interactúan entre sí y con los sentidos?” [Kuhn, 2010: 62]. De esta forma, la matriz disciplinaria determina cuáles son las entidades existentes en el universo, así como las inexistentes. Por ejemplo, para la cosmología aristotélica los átomos no existen, mientras que para la física moderna estos son de gran relevancia.

Así, la matriz disciplinar da a los científicos una imagen global de cómo funciona el universo, de lo que deben esperar de la interacción de sus entidades y de lo que no deben esperar de ellas. Sin esta imagen compartida posiblemente los científicos no podrían ponerse de acuerdo ni siquiera en asuntos como lo que cuenta como una observación o como un problema; tampoco podrían valorar de una manera similar los objetivos de su ciencia o su visión misma de la ciencia.

Ahora bien, se debe poner de relieve que este modelo compartido del mundo no sólo manifiesta las entidades existentes o no existentes, ya que también cumple con una función heurística. En efecto, suministra a la comunidad científica el tipo de analogías y metáforas que se consideran permisibles y, en ese sentido, también las no permisibles [Kuhn, 1969: 315]. Por ejemplo, para un modelo mecanicista del universo, como el cartesiano, el cuerpo humano –y en general el cuerpo de cualquier animal– podía ser perfectamente comparado con la maquinaria de un reloj, mientras que sería ilegítimo analogarlo como un pedazo de cera que toma forma gracias a la acción del alma, pues el cuerpo puede ser entendido como

los únicos susceptibles de análisis lógicos y, por tanto, los únicos aceptables para formar parte de una epistemología –como si lo postulan autores como Popper [1982: 106]. La omisión de tal distinción entre contextos hecha por Kuhn puede explicarse si se considera su convicción de que el desarrollo de la ciencia no sólo es producido por herramientas lógicas, por poner un caso, sino también por la decisiones, valores, creencias, etc., de los científicos, entre ellos la confianza en una generalización. Para ejemplificar la importancia de estos factores “subjetivos”, recuérdese la creencia aristotélica en un primer motor, lo cual lo llevó a postular un universo finito, pues en uno infinito la noción de “primera causa de movimiento” perdería sentido: en el infinito no es posible postular un centro, fin y principio porque se carece de todo límite.

una maquinaria que no requiere de la acción del *anima* para subsistir o actuar [Descartes, 2004: 27].

De esta forma, al proporcionar a la comunidad científica las analogías y metáforas permisibles y no permisibles, este modelo compartido del mundo ayuda a determinar aquello que habrá de aceptarse como una explicación o como una solución a un determinado rompecabezas, y, de igual manera, ayudará a delimitar aquello que no puede ser tomado como solución ante un problema en específico [Kuhn, 1969: 316]. Para poner un caso, la solución a un problema relacionado con el movimiento en la cosmología aristotélica –el movimiento de ascenso y descenso de un proyectil– debía tomar en cuenta la tendencia natural de los elementos a ir hacia su lugar natural. Una explicación de este problema que no hiciera caso de los lugares naturales de los cuerpos, así como de sus movimientos rectilíneos o circulares, simple y sencillamente no podía ser considerada como una solución, ya que en principio no estaría dando cuenta de ninguna clase de movimiento.

En consecuencia, un determinado modelo del mundo contribuye a la acotación de la lista de problemas que una ciencia debe resolver, a la vez que evalúa la importancia que cada uno de estos tiene para su campo de estudio. En efecto, sólo se puede reconocer como un problema legítimo aquel que sea susceptible de ser formulado y resuelto con el andamiaje conceptual, analógico, instrumental, etc., que un grupo científico adopta para trabajar con la naturaleza. Por eso una comunidad científica tiene la posibilidad de jerarquizar sus problemas, ya que cuenta con las herramientas para evaluar cuáles son las cuestiones de menor o mayor urgencia que puede afectar la forma en la que trabajan con el mundo. En la cosmología aristotélica, por ejemplo, uno de los problemas que ayudaban a su articulación, mas no a su cuestionamiento, era el de determinar la naturaleza de los astros, es decir, precisar su composición. Como es sabido, el estagirita sugirió que estos se encontraban constituidos por el éter, es decir, una sustancia incorruptible. De ahí que cuando Galileo vio en su telescopio a un sol manchado se presentó a los neoaristotélicos una observación que contradecía uno de sus postulados fundamentales, a saber, la absoluta perfección de la región supralunar, por lo cual su resolución se vio como una de sus principales tareas.

2.1.3. *Valores compartidos.*

Como Kuhn ha dicho, “las comunidades [científicas] existen en numerosos niveles” [1969: 306; 1974: 320]. En este sentido, es legítimo decir que existe una comunidad científica en general que se encarga de estudiar a la naturaleza, mientras que un subgrupo de ella atiende a la física atómica, a la vez que otro se especializa en la química molecular. Debido a sus especializaciones, lo cual conlleva a las diferentes comunidades de científicos a usar varios tipos de generalizaciones y trabajar incluso con diversas variedades de entidades, no siempre coincidentes, su comunicación resulta parcial, llegando a generar serios problemas de comunicación y malentendidos entre los diversos grupos científicos.

Sin embargo, hay que hacer una señalización importante: los valores generalmente son compartidos por distintas comunidades con mayor frecuencia que las generalizaciones simbólicas o las ontologías [Kuhn, 1969: 316]. Al menos desde la perspectiva kuhniana, los valores “contribuyen en gran medida a crear un sentimiento de comunidad de los científicos naturales como un todo” Kuhn, 1969: 317]. Ello se puede explicar si se piensa que los valores funcionan en todo momento, aunque no de la misma manera, en los trabajos de los científicos, además de que el cambio axiológico puede ser muy lento, incluso más lento que los cambios de paradigma [Kuhn, 1973: 359].⁸ Entre los valores que destaca Kuhn [1973: 345], aunque ello no implica que excluya a otros, se encuentran la precisión, la fecundidad, coherencia, amplitud y simplicidad. Tales valores contribuyen de manera fundamental a la evaluación de las soluciones a los problemas de la ciencia normal. No obstante, adquieren especial relevancia en los periodos críticos en los que los científicos deben elegir entre teorías rivales, ya que dan una base común a los partidarios de cada teoría para su comunicación. Por el momento no se profundizará en las implicaciones de esta afirmación, pues eso corresponde a ulteriores secciones.

Lo que debe añadirse es que si bien estos valores son propiedad compartida de una comunidad científica, ello no implica que sean aplicados de la misma manera por dos personas diferentes. Efectivamente, la aplicación de los valores se ve afectada por los rasgos “de las personalidades individuales y por las biografías que caracterizan a los

⁸ Una justificación a la afirmación de que los valores científicos pueden cambiar más lentamente que los paradigmas se puede encontrar si recurrimos al caso de Copérnico [2009: 15]: en su *De revolutionibus*, este astrónomo, a pesar de postular el movimiento de la tierra, sigue defendiendo el principio de la uniformidad de los movimientos circulares, mismo que ya se encontraba enunciado por autores clásicos como Platón [2008: 177] y Aristóteles [2008: 51]. Es decir, el astrónomo polaco sigue defendiendo el valor milenario de la uniformidad del movimiento, sin que por ello su obra represente una ruptura con la tradición astronómica que le antecedía.

miembros de un grupo” [Kuhn, 1969: 318]. Así, un científico que tenga una tendencia a querer unificar la explicación de varios fenómenos a una sola teoría valorará por encima de todo la amplitud, mientras que otro científico podrá valorar una teoría por su simplicidad debido a que piensa que el principio de parsimonia puede resolver una gran número de problemas.

El enfoque que Kuhn da a los valores compartidos, como él mismo lo advierte, es susceptible de ser tildado con los epítetos de “subjetivista” e “irracional”. Para empezar se podría decir que rompe con la distinción entre el “contexto de justificación” y el “contexto de descubrimiento” [Kuhn, 1973: 350]. Según esta distinción, una teoría o enunciado, para ser científico, no debe estar impregnado por ninguna clase de elemento subjetivo, pues, como dice Popper, los elementos subjetivos –tales como los psicológicos, históricos o sociológicos– están impregnados “por modas y dogmas no sujetos a control” [1975: 157]. Si el conocimiento es objetivo, entonces sólo debe contener elementos que en principio puedan ser inteligibles por cualquier individuo, sin importar raza, sexo, nacionalidad y, aún más importante, su tipo de educación. De esta forma, como advierten Broncano y Pérez [2009: 11], al menos hasta la mitad del siglo XX algunas posiciones filosóficas en torno a la ciencia –como la de la distinción entre el contexto de descubrimiento y justificación que defienden Popper y algunos empiristas lógicos– llegaron al extremo de eliminar al sujeto como epistemológicamente relevante.

Dada esta situación tampoco resulta sorprendente que la visión kuhniana de los valores compartidos sea tachada de irracional: se podría pensar que al resaltar elementos subjetivos, tales como la biografía o el peso que cada científico le da a los valores es una invitación abierta a ignorar los cánones universales de racionalidad, según los cuales una teoría, ley o norma deben ser valorados por todos los individuos de igual forma. Si la subjetividad impregna un determinado tipo de valores se estaría admitiendo que la comunicación correría peligro, pues lo que cada quien entiende por valor dependería de lo que él mismo pensara, creyera y prefiriera.

No obstante, Kuhn advierte que estas críticas no toman en cuenta dos elementos que lo alejan del subjetivismo y del irracionalismo: “En primer lugar, los valores compartidos pueden ser determinantes significativos de la conducta de un grupo aunque los miembros de dicho grupo no los apliquen del mismo modo” [Kuhn, 1969: 319]. En efecto, durante su

labor los científicos toman en cuenta los valores que se consideran importantes *para su comunidad*. En este tenor, sus valores no son valores subjetivos en el sentido de individuales y, por ende, personales, sino que son valores compartidos por una comunidad de especialistas. De ahí que sus juicios, aunque pueden diferir, no lo hacen radicalmente hasta el punto de impedir la comunicación. Que estos valores puedan diferir en su aplicación individual sólo muestra que no son entidades abstractas alejadas de los sujetos que las usan, sino que se atienen a las circunstancias reales del trabajo científico. Si la obra de Kuhn ha de ser innovadora en alguna cuestión, posiblemente sea en que intenta atenerse al estudio de la forma en la que de hecho trabaja la ciencia, y no en la forma en la que debería cumplir con ciertos estándares de racionalidad que llegan incluso a deformarla.⁹

Una segunda línea de respuesta a sus críticos puede ser formulada de la siguiente manera: la variabilidad individual de la aplicación de los valores no necesariamente implica un problema, ya que puede desempeñar un papel vital en el desarrollo científico [Kuhn, 1969: 319]. Si todos los científicos aplicaran de la misma forma los valores que comparten posiblemente la ciencia dejaría de desarrollarse. En efecto, no habría discusiones enriquecedoras, por ejemplo, que llevaran a los científicos a postular un nuevo enfoque sobre el modo en el que se debe conducir su trabajo, ya que en principio no habría nada acerca de lo cual discutir. En consecuencia, tampoco habría distribución de riesgos alguna, pues no existirían científicos que tomaran el riesgo en favor de una nueva teoría o paradigma o, por el contrario, a favor del viejo enfoque, porque habría una unanimidad de juicios indiscutible. Así, la divergencia en la aplicación de los valores se revela como un motor para el avance científico.

⁹ Aunque hay que apuntar que, si bien Kuhn valora muchos elementos francamente ignorados por los filósofos de la ciencia tradicionales –tal como el imprescindible papel del sujeto y de la comunidad científica en el desarrollo de la ciencia–, su visión de la ciencia puede ser vista como una deformación de ella. Al menos para darle un poco de contenido a esta afirmación, hay que pensar que el título de su obra fundamental, *The structure of scientific Revolutions (La estructura de las revoluciones científicas)*, ya contiene explícitamente la idea de una estructura común a los cambios en la ciencia. Al amoldar los cambios científicos ocurridos a lo largo de la historia parece que este autor sólo ve sus supuestas generalidades, dejando a un lado sus particularidades, es decir, parece que fuerza a la ciencia a encajar en su modelo. Por ejemplo, en sus análisis de la Revolución copernicana y sus consecuencias, Kuhn da la impresión de querer encajar el auge y sustento de las cosmologías infinitistas en la obra de Copérnico. Sin embargo, el auge de estas cosmologías, si bien pudo tener un baluarte en el *De Revolutionibus*, implica consecuencias –la misma noción del infinito– que hacen de ella misma una “revolución”. En última instancia, la obra de Kuhn deja el sabor de una filosofía de la historia.

2.2. Los ejemplares

Como se mencionó líneas arriba, a este componente de la matriz disciplinaria se le da un tratamiento aparte debido a la relevancia que adquiere en el pensamiento kuhniano¹⁰. En efecto, hay que recordar que el mismo autor afirmó que éste es el sentido original de paradigma en el que pensó cuando introdujo el término a su trabajo, además de tener las implicaciones filosóficas más relevantes [Kuhn, 1969: 302, 20; 2010: 88].

Para empezar con la elucidación de lo que son los ‘ejemplares’ en el pensamiento kuhniano conviene dar una definición, aunque en este momento todavía breve, para tener un terreno del cual partir. Kuhn apunta que con el término ‘paradigma’ entendido como un conjunto de ejemplares se refería “a las soluciones de problemas concretos que se encuentran los estudiantes al comienzo de su educación científica, sea en los laboratorios, en los exámenes o al final de los capítulos de los libros de texto” [1969: 302]. Ya desde *ERC*, Kuhn decía que un paradigma era un logro científico universalmente aceptado que suministra modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. Incluso llega a mencionar que la ciencia normal “significa la investigación basada firmemente en uno o más logros científicos pasados” [Kuhn, 2010: 70]. De esta forma, los ejemplares son precisamente eso, es decir, ejemplos que guían la labor de resolución de problemas de una comunidad científica.

Para empezar a notar la importancia de los ejemplares en el desarrollo de la ciencia hay que volver a pensar en torno a las generalizaciones simbólicas. Más arriba se apuntaba que las generalizaciones simbólicas son la puerta de entrada para la lógica y las matemáticas a la ciencia. Con todo, tales generalizaciones no expresan contenido empírico alguno, pues más que enunciados concretos son esquemas de enunciados.¹¹ Así, para aplicar una generalización simbólica a la resolución o explicación de un determinado fenómeno ésta se debe modificar para adecuarse a las circunstancias a las que explicará. Ahora bien, en este punto surge una pregunta: ¿Cómo es que los científicos aprenden a relacionar una generalización o ley con la naturaleza? La respuesta que daría Kuhn a esta pregunta es clara: efectivamente, este filósofo diría que es mediante los ejemplares que se aprende a relacionar una ley con la naturaleza.

¹⁰ Supra, p. 13.

¹¹ Supra, p. 13.

El proceso mediante el cual se da este aprendizaje se basa en las relaciones de semejanza [Kuhn, 2010: 119]. Si el paradigma en su sentido de ‘ejemplar’ puede ser descrito como un logro científico universalmente aceptado, ello quiere decir que tal logro será el modelo a seguir para una serie de resoluciones de problemas. Así, los científicos que comparten ‘ejemplares’ resolverán los problemas que su disciplina les plantee de una forma análoga a la de los logros ‘universalmente reconocidos’. Como apunta Pérez Ransanz [1999: 39], “sólo por esta vía (la de los ejemplares) aprende a ver (el científico) y manipular la naturaleza desde cierta perspectiva teórica”.

Se podría decir legítimamente, al menos desde la perspectiva de Kuhn [2010: 119], que antes de la existencia de reglas explícitas que guíen la investigación científica, lo que existe son estos modelos de semejanza que orientan tal actividad. En *ERC* esta situación fue nombrada bajo el epíteto de “La prioridad de los paradigmas”. Así, los ‘ejemplares’ para orientar a la labor científica no necesitan en absoluto de reglas bien delimitadas, universalmente aceptadas y explícitamente formuladas. En cambio, un elemento necesario para que los ejemplares sean reconocidos como tales sería la capacidad aprendida por parte de los estudiantes y de los científicos en general para reconocer semejanzas [Kuhn, 1974: 330], es decir, para resolver rompecabezas, para ajustar la relación entre una teoría y la naturaleza a una forma de ver el mundo.

La relación entre la teoría y el mundo, la forma en la que un estudiante o el científico maduro aprenden a conocer el mundo desde su matriz disciplinaria, es una adquisición que se obtiene mediante la práctica y no con la memorización de reglas universales y fijas. Los filósofos de la ciencia tradicionales, como apunta nuestro autor, no han sabido valorar adecuadamente, si es que alguna vez lo han hecho, el papel de los ejemplos en el aprendizaje de una ciencia [Kuhn, 1974: 332]. Gracias a su afán por encontrar –aunque tal vez ‘imponer’ sería una mejor palabra– reglas universales del aprendizaje de una ciencia no han vuelto la vista a los procesos efectivos de tal educación.

Estos filósofos no han caído en la cuenta de que con los ejemplares, los científicos o aspirantes a científicos aprenden a reconocer los problemas, soluciones, metáforas, analogías, entidades y su relación con la naturaleza. El aprendizaje de los ejemplares –los cuales podrían ser nombrados como ‘paradigmas’ al menos en el sentido originalmente pensado por Kuhn– hace que los practicantes de la ciencia moldeen o reconfiguren su

manera de ver el mundo, o al menos la parte del mundo que estudian. Para ilustrar la plausibilidad de su propuesta este filósofo ofrece un ejemplo de la vida cotidiana: la forma en la que un niño aprende a reconocer lo que es un pato, un cisne y ganso [Kuhn, 1974: 333-34]. Imagínese a un niño con un adulto caminando por un zoológico. El niño ya sabe reconocer aves en general. En su paseo aprenderá a reconocer y a distinguir patos, cisnes y gansos. Ahora bien, ¿cómo logrará tal objetivo? La respuesta es simple: un primer modo de aprendizaje es la ostensión. En efecto, el adulto que lo acompaña le mostrará directamente a un cisne (pato o ganso). Una vez hecha la ostensión directa, el niño intentará identificar por su cuenta a otro cisne. En su primer intento es posible que falle, por lo cual será corregido por el adulto; sin embargo, en sus próximas incursiones acertará: el niño ha aprendido a reconocer a un cisne. El mismo proceso puede aplicarse al reconocimiento de los patos y de los gansos.

De esta manera, su instrucción en el reconocimiento de estas aves ha concluido. Ahora el niño tiene la misma capacidad, o una similar, que el adulto para reconocer a tales aves acuáticas. Sin embargo, este proceso de aprendizaje deja una pregunta: ¿qué es lo que le ha ocurrido al niño, es decir, qué ha cambiado para que pueda reconocer entidades que antes no conocía? La respuesta de Kuhn [1974: 334] a este respecto es que el niño ha reprogramado parte de su mecanismo neural mediante el cual éste procesa estímulos visuales, modificando así los datos que antes le hacían ver simples aves. Durante su paseo el niño ha aprendido a reconocer las semejanzas de los cisnes –tal como la peculiar forma de su cuello– a la vez que también ha aprendido los caracteres que los diferencian de los patos y de los gansos. Si en un principio el niño había visto a estas aves como si fueran iguales, después de su paseo por el zoológico las diferencias entre ellas le parecerán incluso obvias.

Por supuesto, que el niño ya cuente con un conocimiento, aunque no explícitamente formulado, de los cisnes, los patos y los gansos, no implica que éste no sea susceptible de ser matizado o de adquirir nuevos elementos. En un inicio el infante sólo pudo saber que una característica de los cisnes era la de ser blancos. Sin embargo, en un futuro podrá descubrir que el color no afecta su imagen de los cisnes, ya que en otro continente los puede haber negros. El descubrimiento de que los cisnes son negros difícilmente le hará abandonar su saber previo sobre estas aves. A lo sumo le darán una visión más amplia

acerca de ellas. Ahora bien, ¿en el proceso de aprendizaje del infante hubo reglas o cánones a seguir? En realidad todo parece indicar que no. El adulto no se puso a enumerar uno a uno los rasgos de cada ave. Tampoco dio una definición explícita y necesaria de ellas. Lo único que hizo fue enseñar al niño a “ver” de una determinada manera a los cisnes, patos y gansos.

Este ejemplo muestra que el conocimiento no requiere de reglas para ser efectivo. En este tenor, el conocimiento científico tampoco las necesita, aunque no necesariamente las excluye.¹² Por supuesto, se puede argumentar que entre el ejemplo del aprendizaje del niño y el de un científico hay una diferencia abismal. En principio, el niño tiene un conocimiento vago del cisne. No conoce la familia natural a la que pertenece, ni las características de su reproducción, crianza, etc. En cambio, un científico, un biólogo, sabe el peso promedio de los cisnes, la forma en la que anidan, sus características alimentarias, etc. El conocimiento del niño todavía podría ser muy intuitivo, incluso subjetivo. El conocimiento del científico sería objetivo, claramente demostrado, apoyado sólo en los hechos y sujeto a corrección cuando la teoría no se ajustara a la experiencia.

Sin embargo, esta distinción tajante entre la forma de conocer de los no científicos y de los científicos peca de artificialidad. Concedamos, por un momento, plausibilidad a esta distinción. Ahora bien, preguntemos: ¿tal distinción es formulada por los científicos mismos o por los filósofos de la ciencia? Según la respuesta de Kuhn, la separación entre estos dos tipos de conocimiento vendría dada por los filósofos de la ciencia.¹³ Bien es cierto que el conocimiento científico consta de generalizaciones simbólicas imposibles de entender para el lego carente de preparación en una determinada ciencia. No obstante, tal conocimiento también está formado por los ejemplares. Es posible formular reglas en torno al desarrollo y adquisición del conocimiento científico. Pero tales reglas tendrían el inconveniente de ser una abstracción de la forma efectiva de esta adquisición, ya que no tomarían en consideración las condiciones reales en las que los científicos se educan en su campo. Se podría formular en principio una regla que dicte los cánones para el aprendizaje

¹² En efecto, hay que tener en mente que Kuhn no rechaza que se puedan elaborar reglas en torno al trabajo científico. Sin embargo, también hay que decir que este filósofo apunta que tales reglas “alterarían la naturaleza del conocimiento poseído por la comunidad [científica]”. V. Kuhn [1974: 338].

¹³ Según Carnap [2003: 9] el conocimiento científico debe ser lógicamente analizable, donde cada enunciado tenga una conexión con todo el *corpus* de la ciencia. Cualquier enunciado que no cumpla con estas características no se puede integrar a la ciencia.

de una ley científica. Con todo, tal regla sería vacía, pues no le diría al estudiante cómo aplicar esta ley a la naturaleza, cómo modificarla para aplicarla a ciertos casos especiales, etc. Sólo los ejemplares suministran esta información, no con la exposición metódica de unos principios suficientes y necesarios, sino con la práctica que se da de hecho.

Como se ve, el tratamiento de la ciencia elaborado por Kuhn se aleja significativamente de sus predecesores. Esto ha llevado a comentaristas como Pérez Ransanz a decir que *ERC* “es el punto de partida de una nueva manera de entender la ciencia [1999: 11]”. Tal característica se hace patente desde las mismas nociones de ‘paradigma’ que maneja Kuhn, ya que desde ellas este filósofo considera detalles –como los compromisos metafísicos de un grupo científico– que anteriormente habían sido relegados al contexto de descubrimiento. Sigamos con el análisis de la propuesta kuhniana en torno a la ciencia para complementar lo apuntado hasta ahora.

2.3. La ciencia normal

Anteriormente se dijo que se trataría, en primer lugar, las acepciones de Kuhn en torno al término ‘paradigma’ antes que su concepción de ‘ciencia normal’. Este es el momento de volver sobre nuestros pasos para aclarar lo que se ha dejado pendiente. Por consiguiente, el presente apartado está dedicado a la revisión del concepto de ‘ciencia normal’. Cabe aclarar de una vez que, debido al análisis previo de las acepciones de ‘paradigma’, en este lugar muchas explicaciones se obviarán, remitiendo al lector a las páginas precedentes.

Para empezar con este análisis se debe recordar qué es lo que entiende Kuhn por ‘ciencia normal’. Desde su introducción a *ERC* este filósofo dice que la investigación de la ciencia normal es “un intento determinado y firme por forzar a la naturaleza a entrar en los compartimientos conceptuales suministrados por la educación profesional” [Kuhn, 2010: 63]. Es una investigación basada en un paradigma, o mejor dicho, en una matriz disciplinaria y en un conjunto de ejemplares.¹⁴ Ello implica, en primer lugar, que la investigación ‘normal’ es una investigación dedicada a la articulación de sus componentes conceptuales y no al cuestionamiento de los mismos. Finalmente, toda búsqueda no parte de cero, sino de una determinación de aquello que se debe buscar, cómo se debe buscar, qué importancia tiene lo que se encuentra, etc.

¹⁴ Aunque no debe perderse de vista que la matriz disciplinaria engloba a los conjuntos de ejemplares de una comunidad científica.

Como dice Kuhn, en la ciencia normal los científicos lejos de cuestionar sus bases comunes, lo que ponen en tela de juicio son “las conjeturas de un individuo acerca del modo más apropiado de relacionar el propio problema de investigación con el corpus del conocimiento científico que se considera válido” [1975: 84]. Se podría ampliar esta conclusión diciendo que la matriz disciplinaria y los ejemplares son infalsables en el sentido popperiano del término.¹⁵ En efecto, si lo que se busca en la ciencia normal es la articulación de estos componentes, queda claro que no serán cuestionados, pues de lo contrario tal articulación no existiría o carecería de todo sentido.

Una segunda implicación de la definición de ‘ciencia normal’ dada por Kuhn estribaría en que la investigación científica no se encuentra basada en la observación pura, sino en una observación cargada de teoría. Detengámonos un momento para explicar esta noción. Como ya ha dicho Hanson la visión siempre conlleva un tipo de conocimiento, “nos libra de reidentificar cada cosa que encuentran nuestros ojos; permite al físico observar los nuevos datos como físico y no como una cámara fotográfica” [1958: 242]. Desde que somos educados en un determinado marco conceptual nuestra visión identifica a sus objetos de acuerdo con la teoría que posee. Por ejemplo, Copérnico al realizar sus observaciones astronómicas no confrontaba su visión con los datos puros, sino que ésta se encontraba cargada –aunque algunos positivistas dirían ‘contaminada’– intrínsecamente por toda una red de creencias, presupuestos, etc. Al ver el cambio de posición del sol a lo largo del día este astrónomo se encontraba seguro de que era la tierra la que se movía, es decir, su visión se encontraba cargada por la teoría que desarrolló, a pesar de que tal teoría fuera en contra del sentido común, según el cual lo que se movía era la tierra y no el sol.

Ahora bien, si la observación se encuentra determinada por la teoría –o un marco conceptual o por toda una red de supuestos– ello da la posibilidad de que ver cosas diferentes ante un mismo hecho X implica que los diferentes observadores tienen distintos

¹⁵ Conviene recordar que estas palabras de Kuhn no le hicieron ninguna gracia a Popper. En efecto, Sir Karl no sólo ve en la formulación kuhniana de ciencia normal una puerta abierta para la irracionalidad y el subjetivismo, sino un serio peligro para la ciencia ya que supone la aceptación acrítica de un dogmatismo. En este tenor, el ‘científico normal’ sería una persona digna de lástima, pues se contrapone al ‘científico revolucionario’, es decir, un científico crítico que somete a cuestionamiento a cualquier doctrina antes de ser aceptado. V. Popper [1975: 151]. Cabe hacer mención que el conocimiento, según la concepción popperiana, debe estar basado en un método de ‘conjeturas y refutaciones’. En este sentido, la única tradición capaz de ampliar el conocimiento sería la “racionalista crítica”, ya que permite la existencia de una pluralidad de teorías en competencia por una mejor aproximación a la verdad. El racionalismo crítico, desde esta perspectiva, permitiría el diálogo, la apertura a la innovación y la racionalidad ya que da lugar a la comunicación [Popper, 2006: 25-31].

conocimientos y teorías acerca de X [Hanson, 1958: 237]. Se podría decir que Ptolomeo y Copérnico se enfrentaban a los mismos hechos: ver el cambio de posición del sol. Sin embargo, su observación no era la misma ya que uno veía un geocentrismo mientras otro veía un heliocentrismo.¹⁶ Así, cada una de estas teorías les dictaba a sus partidarios la forma en la que debían llevar a cabo la investigación que permitiría la articulación de su marco de supuestos.

La ciencia normal entonces, al estar basada en un conjunto de compromisos compartidos, proporciona a los científicos los cánones a seguir para lograr su articulación. De ahí que sea un intento por forzar a la naturaleza a encajar en una determinada estructura conceptual, pues su desarrollo se elabora desde una determinada visión del campo científico en el que se trabaja, así como mediante una específica visión de cómo son los fenómenos con los que se trata. Cuando los científicos laboran con los ‘hechos’ no laboran con cualquier clase de ellos, sino solamente con aquellos que se consideran relevantes según el campo, y su visión de él, con el que trabajan.

2.3.1. *Los problemas fácticos de la ciencia normal.*

Una vez que ya se ha dicho que la ciencia normal no pone en tela de juicio a sus compromisos compartidos y que se encuentra determinada por ellos, hay que analizar la forma en la que se desarrolla, la manera en la que trabaja. Para lograr este propósito se debe comenzar, en primer lugar, por la recolección de hechos. Aunque ya se ha dicho algo acerca de este trabajo recolector –en específico, que tal recolección está determinada por un conjunto de supuestos compartidos– no se ha dicho qué clase de hechos pueden ser relevantes, al menos desde la perspectiva kuhniana de la ciencia.

Según este filósofo, existen tres núcleos normales que lleva a cabo la investigación científica fáctica. El primer núcleo consta de “la clase de hechos que, según ha mostrado el paradigma, son especialmente reveladores de la naturaleza de las cosas” [Kuhn, 2010: 91]. En una palabra, esta clase de hechos son ejemplares en el sentido de que revelan a los

¹⁶ Lo mismo se podría decir de las distintas visiones del universo que han existido a lo largo de la historia: por ejemplo, para Copérnico el universo, aunque heliocéntrico, seguía siendo finito. En cambio, para Giordano Bruno la infinitud del universo le parece casi una obviedad. Se puede afirmar que ambos pensadores veían la misma bóveda celeste, aunque de hecho observaran cosas muy distintas. Para el cambio de visión del universo que hay entre una cosmología finitista, como la de Copérnico, y una infinitista, como la de Bruno, V. Koyré [2008: 31-58].

científicos que trabajan con ellos información acerca de cómo se encuentran constituidos los fenómenos observados. A este respecto, pueden ser buenas las observaciones obtenidas con la cámara de niebla o las mediciones y datos recolectados por el acelerador de adrones del CERN, ya que dan cuenta de las partículas elementales con que se encuentran constituidos los fenómenos observables.

Una segunda clase de hechos relevantes en la investigación de la ciencia normal “se orienta a aquellos hechos que, aunque a menudo carezcan en sí mismos de mucho interés, con todo se pueden comparar directamente con predicciones tomadas de la teoría paradigmática” [Kuhn, 2010: 92]. La relevancia de estos hechos estriba en que muestran una amplia concordancia entre teoría y hechos, lo cual hace que el conjunto teórico de una comunidad científica adquiera credibilidad. Lo que hay que notar en este momento es que el acuerdo entre hechos y teoría nunca es completo, pues siempre existe alguna observación, medición, etc., que no encaja completamente con los postulados de un determinado cuerpo teórico. De esta forma, aunque esta investigación fáctica no entrañe ninguna novedad, asegura la plausibilidad del conjunto teórico del que depende.

Un tercer grupo de hechos que ocupan a la ciencia normal “consta del trabajo empírico para articular la teoría paradigmática” [Kuhn, 2010: 27] eliminando algunas de sus ambigüedades y dando respuesta a algunos problemas que antes sólo se había dedicado a enunciar. Esta clase de investigación resulta ser la más importante en el periodo de ciencia normal, ya que ocupa la mayor parte del trabajo de los científicos, cuya meta, como ya se ha dicho, no consiste en el enjuiciamiento de su base teórica, sino en su refinamiento y ampliación en el mayor número de fenómenos posible. Gracias a este trabajo de articulación de lo que Kuhn nombra en *ERC* como paradigma¹⁷ es que los científicos pueden ensayar caminos diversos en el empleo de sus herramientas teóricas e instrumentales en un área de interés. Tal vez no todos estos caminos resulten fructíferos; sin embargo, aquellos que tengan éxito tienen una gran posibilidad de consolidar su teoría, así como de darle mayor amplitud y precisión.

2.3.2. Los problemas teóricos de la ciencia normal.

¹⁷ Aunque no deben perderse de vista las matizaciones que hace este filósofo de dicho concepto, mismas que se han intentado esbozar en apartados anteriores.

Si no se ha prestado mucha atención a los problemas de este tipo es porque el mismo Kuhn no hace una distinción tajante y, por ende, precisa, entre los problemas fácticos y los teóricos [Kuhn, 2010: 103].¹⁸ En este sentido, se puede decir que uno de los problemas teóricos de la ciencia normal sería el de la adecuación entre la teoría y los hechos. En efecto, el problema de la adecuación adquiere su relevancia debido a la inmensa dificultad que existe en producir puntos de contacto entre una teoría y los hechos a los que se aplica. En consecuencia, mostrar que tales puntos de contacto existen fortalece a la teoría, generándole así una mayor articulación.

En cuanto al asunto de la determinación de los hechos significativos Kuhn no le presta mucha atención en su aspecto teórico. Sin embargo, tampoco es necesario que lo haga: sólo puede haber hechos relevantes allí donde la teoría muestre que efectivamente lo son. De lo contrario, los hechos no pasarán de ser meras casualidades o cosas irrelevantes que, por lo mismo, no tienen nada que decirle a una determinada ciencia. Además, habría que pensar que la determinación de los hechos significativos también ayuda a destacar los conceptos y relaciones de conceptos relevantes para una ciencia. Por ejemplo, la búsqueda del neutrino y su consecuente comprobación no sólo dotaría a la física moderna de un nuevo hecho que revele ‘la naturaleza de las cosas’, sino que también entrañaría una preeminencia conceptual de esta partícula incluso por sobre el fotón.

Finalmente, queda el tópico de la articulación de la teoría. En este punto Kuhn destaca que muchos de los problemas de las ciencias consisten en su clarificación por reformulación [Kuhn, 2010: 102]. En efecto, una teoría científica muy compleja y, por ende, de difícil entendimiento se puede clarificar si sus tópicos son expuestos de una manera más simple y traduciendo a un lenguaje no formalizado sus axiomas, leyes, enunciados, etc. Durante siglos, por ejemplo, el *Almagesto* de Ptolomeo fue una obra no apta para los estudiantes debido a su complejidad. *La esfera* de Sacrobosco vino a clarificar mucho de este andamiaje conceptual, permitiendo la creación de nuevos ajustes *ad hoc* a esta teoría heliocéntrica.

¹⁸ A este respecto, vale la pena recordar las palabras del mismo Kuhn, en torno a la carencia de una distinción precisa entre los problemas fácticos y teóricos: “Creo que estas tres clases de problemas: la determinación de los hechos significativos, el encaje de los hechos con la teoría y la articulación de la teoría, agotan la producción bibliográfica de la ciencia normal, tanto empírica como teórica, pero no agotan completamente, como es obvio, toda la bibliografía científica” [2010: 103].

Como vemos, la separación entre teoría y observación no es de ningún modo tajante en el trabajo de Kuhn. Para decirlo de algún modo, ambas categorías se implican mutuamente, motivo por el cual su distinción no sólo sería arbitraria, sino que sería igualmente artificial.

2.4. La ciencia normal y la resolución de rompecabezas

Si se preguntara cuál es uno de los rasgos más significativos de la investigación normal que se han desarrollado hasta ahora, la respuesta de Kuhn sería: su escasa pretensión de producir novedades importantes, ya sea que éstas sean de tipo conceptual o fenoménico. La ciencia normal llega incluso a suprimir novedades fundamentales por considerarlas subversivas a sus compromisos básicos [Kuhn, 2010: 63]. En este tenor, los fallos en algún proyecto de investigación no reflejan un error en la teoría o en la naturaleza, sino en la forma de proceder del científico que hace los experimentos.¹⁹

De alguna manera estas palabras ya habían quedado apuntadas en las líneas anteriores. Sin embargo, es necesario recuperarlas para preguntar, junto con Kuhn, lo siguiente: si la ciencia normal no tiene como propósito la búsqueda de novedades, entonces ¿cuál es la finalidad de que los científicos se dediquen con tanto empeño a la resolución de sus problemas? Una primera vía de respuesta sería que para los científicos la resolución de tales problemas aumenta la precisión y amplitud de su paradigma. Con todo, esta respuesta es parcial, ya que falta por ver otro matiz. En efecto, tal respuesta no explica el entusiasmo de los científicos por los problemas de la investigación normal.²⁰

Este entusiasmo es explicado por otro factor, a saber, que aunque el resultado de la solución a un problema puede ser anticipado, la forma en la que se conseguirá es muy dudosa, lo cual da una muy buena motivación para su abordaje. De esta forma, “resolver un problema de investigación normal es lograr lo previsto de un modo nuevo, lo que exige la resolución de todo tipo de *rompecabezas* complejos tanto instrumentales como

¹⁹ Aunque hay que aclarar que esta forma de ver las cosas de Kuhn no es bien vista por Pérez Ransanz [1999: 52], pues según esta autora la forma de argumentar de Kuhn cae en el psicologismo. Para evitar este problema lo adecuado sería hacer una distinción entre leyes fundamentales y especiales. Con base en esta distinción, se puede decir que en los periodos de ciencia normal lo que se pone a prueba no son las leyes fundamentales (aunque tal vez sería mejor decir que no se pone a prueba la ‘matriz disciplinaria’ y, por ende, sus cuatro componentes), sino las leyes especiales que se derivan de las primeras.

²⁰ Nótese la forma en la que Kuhn recupera en su análisis de la ciencia elementos emocionales involucrados en la labor de los científicos. Ello da una muestra no sólo de su importancia en el desarrollo efectivo de la ciencia, sino además de que ésta no es una actividad puramente intelectual. En este sentido, el estado de ánimo de los científicos no es separable de sus actividades intelectuales.

conceptuales y matemáticos [Kuhn, 2010: 107].²¹ Así, el científico que tiene éxito en su trabajo demuestra ante su comunidad que es un experto en la solución de rompecabezas.²²

Como se ve, los problemas de la ciencia normal quedan caracterizados como problemas de resolución de rompecabezas. Esta analogía entre los problemas de la investigación normal y los rompecabezas cobra sentido cuando se piensa en sus similitudes. En primer lugar, hay que prestar atención al hecho de que un rompecabezas para que pueda juzgarse como tal debe tener una solución incluso visible en su caja, pues de lo contrario tal juego dejaría de tener sentido ya que, en sentido estricto, no habría nada que armar. Los problemas de la ciencia normal, en semejanza con los rompecabezas, también tienen asegurada una solución. Ello es así porque la comunidad científica, la cual tiene un conjunto de compromisos compartidos, tiene criterios para la elección de sus problemas, lo cual implica que también cuenta con la existencia de sus soluciones. Por ejemplo, desde la antigüedad se sabía de la esfericidad de la tierra. El problema era determinar sus dimensiones. Ante este problema ya existía la certeza de que se podía obtener cuando menos una medida aproximada, ya que una esfera es susceptible de ser medida. Lo único que faltaba era la elaboración de los cálculos adecuados para su determinación numérica. En este sentido, que alguien proclamara que ya contaba con la medida exacta de la tierra hubiera sido digno de elogios, pero su trabajo en realidad no hubiera sido ninguna novedad.

De esta forma, un problema de la ciencia normal sólo puede perdurar debido a la falta de ingenio de los científicos. Con todo, debe observarse que para contar como rompecabezas un problema de la investigación normal tiene que caracterizarse por algo más que tener una solución segura. Al igual que un rompecabezas, tales problemas deben tener reglas que

²¹ Subrayado añadido.

²² En este punto habría una nota aclaratoria respecto a la traducción en español que se hace del artículo “La tensión esencial”. En este lugar, Kuhn ya empieza a formular la noción del investigador normal como armador de rompecabezas: “En condiciones normales, el investigador no es un innovador sino un solucionador de acertijos (solver of puzzles), y los acertijos (puzzles) sobre los cuales se concentra son precisamente aquellos que él cree que pueden plantearse y resolverse dentro de la teoría científica que prevalece en su momento”. Este artículo data de 1959, y se encuentra en la compilación del mismo nombre: *La tensión esencial* [1993]. Las palabras entre paréntesis pertenecen a la edición inglesa (“The essential tension”, en *The essential tension*, The University of Chicago Press, Chicago, 1977, p. 244). Se les añade debido a que se considera una traducción inadecuada de ‘puzzles’ y ‘solver of puzzles’ las palabras ‘acertijo’ y ‘solucionador de acertijos’. En efecto, un ‘puzzle’ en algún sentido es un acertijo, pero para denotar su amplitud y complejidad la palabra ‘rompecabezas’ es más afortunada. Pues no sólo indica un acertijo, sino que éste es susceptible de ser acomodado o armado de tal forma que sea resuelto. En cambio, un acertijo no necesariamente tiene una solución, ya que se le puede tomar como un sinónimo de ‘enigma’. Cuando Nicolás de Cusa hablaba del ‘enigma en el espejo’ no se refería a un asunto por resolver racionalmente, sino a algo que rebasaba toda racionalidad, siendo imposible de ser comprendido o interpretado.

“limiten la naturaleza de las soluciones aceptables y de los pasos mediante los cuales han de obtenerse” [Kuhn, 2010: 110]. Un rompecabezas, sea para adultos o para niños, sigue ciertos patrones que hacen aceptable su solución: en primer lugar, sus piezas deben estar volteadas del lado de la imagen que se va armar; en segundo lugar, las piezas deben hacerse encajar sin dificultad; y en tercer lugar, la imagen que se ha armado debe corresponder con una figura que se toma de modelo.

En el caso de los rompecabezas de la investigación normal tales reglas²³ están determinadas por los ejemplares y por los demás componentes de la matriz disciplinaria. En efecto, hay que recordar que estos componentes le dicen a los científicos cómo es el mundo, las entidades que se consideran existentes, las metáforas y analogías permitidas, las bases para elaborar las generalizaciones simbólicas, los valores que se deben respetar y preservar hasta el último momento, las formas de conectar los postulados simbólicos de la ciencia con la naturaleza, etc.

Gracias a estos componentes de la ciencia normal, los científicos solucionadores de rompecabezas saben lo que cuenta como una observación, una medición y, más importante aún, como un problema resuelto de aquel que no lo está. Aquellos científicos que no se atengan a estos puntos de vista establecidos difícilmente podrán insertar su trabajo como un añadido al *corpus* de la investigación normal. Posiblemente tales trabajos ni siquiera sean considerados como científicos.

3. Las anomalías, las crisis y la ciencia extraordinaria

Debido a que la ciencia normal se muestra como una empresa que no cuestiona sus cimientos, además de que se encarga de la articulación de sus puntos de vista establecidos y de la resolución de los problemas que considera relevantes para tal articulación, es una empresa netamente acumulativa. Se podría decir que la ciencia normal es una productora de ladrillos “que la investigación científica está continuamente añadiendo al creciente edificio del conocimiento científico” [Kuhn, 1981: 56]. Sin embargo, gracias al trabajo investigativo de la ciencia normal, los científicos se encuentran “con anomalías reacias a

²³ Aunque si somos consecuentes con el discurso kuhniano habría que cambiar la palabra ‘reglas’ por otra que denote algo diferente a un conjunto de preceptos rígidos y sin posibilidad de variación. En *ERC*, Kuhn [2010: 39] propone los términos ‘punto de vista establecido’ y ‘preconcepción’. Al hacer esto parece que alude a los elementos comunes de la matriz disciplinaria, entre los cuales se encuentra lo que denominó como ‘ejemplares’.

cualquier solución, minando así la confianza de la comunidad de científicos en su enfoque teórico” [Pérez, 1999: 73]. De esta forma, la investigación normal ha entrado en una etapa de crisis.

Se puede decir que, de alguna manera, la ciencia normal termina por ponerse en jaque a sí misma. Este hecho no es sorprendente si se recuerda que una de las definiciones de este trabajo netamente acumulativo fue la de ser un ‘intento por forzar a la naturaleza a entrar en los compartimientos conceptuales suministrados por la educación profesional’. En efecto, si la ciencia normal fuerza a la naturaleza a entrar en sus compartimientos conceptuales es porque el ajuste entre teoría y experiencia nunca es completo. Así, algunos determinados tipos de fenómenos, por ejemplo, o nunca logran ser explicados del todo o la investigación científica no los estudia porque los considera irrelevantes.

Evidentemente, la ciencia normal no sólo entra en estado de crisis debido a su percepción o descubrimiento de fenómenos inesperados. También puede estar en crisis gracias a las novedades teóricas.²⁴ Hay que ver, entonces, la forma en la que tales elementos de crisis se producen. En primer lugar, hay que apuntar que los descubrimientos comienzan cuando la comunidad científica es consciente de una anomalía, es decir, “reconociendo que la naturaleza ha violado de algún modo las expectativas introducidas por el paradigma que gobierna la ciencia normal” [Kuhn, 2010: 130]. En consecuencia, en algún punto de la investigación un cuerpo teórico se muestra insuficiente para dar explicación a una determinada observación o fenómeno. Por ejemplo, en un determinado momento las órbitas circulares ya no se mostraban suficientes para explicar los movimientos de los planetas, por lo cual Kepler, a pesar de su creencia en la perfección de la línea circular, tuvo que trazar tales órbitas en una elíptica.

Por supuesto, el trabajo de Kepler no se dio de la noche a la mañana, pues pasaron varios años antes de que llegara a postular las órbitas elípticas. Durante esos años ensayó distintos modos en los que las órbitas circulares explicaran el movimiento planetario. Finalmente, convencido de que el círculo no representaba el camino de los planetas, se vio

²⁴ Esta distinción entre novedades de hecho y novedades teóricas, como el mismo Kuhn apunta, es demasiado artificial. En “La estructura histórica del descubrimiento científico” [1962: 194] este filósofo menciona que un descubrimiento o novedad científicos sólo pueden tener tal carácter cuando haya un cuerpo teórico que los sustente. Por ejemplo, sólo se pudo descubrir el oxígeno hasta que la química se reajustó teóricamente para incorporar este elemento a su cuerpo teórico. Es decir, un descubrimiento fáctico conlleva uno teórico, y un ajuste en la teoría afecta a su vez la forma en la que se trabaja con los hechos.

forzado a trabajar con otros tipos de líneas. Este ejemplo, aunque todavía muy parco en su desarrollo, puede mostrar que el descubrimiento científico no sólo inicia con la conciencia de la anomalía, sino que también tiene como segundo estadio una exploración medianamente detallada del área de la anomalía. Tal exploración tiene sentido si se toma en cuenta que la anomalía que lleva al descubrimiento puede estar producida por algún error de observación o de medición de uno o varios científicos. En ese caso, una nueva revisión del campo en el que surgió la anomalía permite que el “paradigma” rector de la ciencia normal no sea puesto en tela de juicio. O, por el contrario, tal revisión da la pauta a seguir para la búsqueda de una nueva articulación teórica que dé cuenta de la anomalía o para que la teoría existente se adapte a ella, aunque sea *ad hoc*.

En cualquier caso, debe quedar claro que el descubrimiento de un nuevo tipo de fenómeno entraña un proceso complejo en el que se tiene que aprender a reconocer que algo es de un determinado modo [Kuhn, 2010: 134]. Dicho proceso conlleva un cambio en la ciencia normal que no es acumulativo. Si se usara la terminología empleada en *ERC* se tendría que decir que un descubrimiento lleva consigo un cambio de paradigma. Este no es el momento para entrar en el tema del cambio conceptual, ya que está destinado a subsiguientes secciones del presente escrito. En cambio, lo que se debe enfatizar es que la anomalía producida por un nuevo fenómeno implica un desajuste en el marco de supuestos de una ciencia, incluyendo los ontológicos, mismo que hace que sus bases se tambaleen y que los científicos pierdan la confianza en él, orillándolos a su cuestionamiento.

3.1. La crisis y el surgimiento de teorías

El surgimiento de un hecho anómalo no sólo implica una revisión medianamente detallada del cuerpo teórico de una ciencia, ya que también conlleva el surgimiento de un nuevo conjunto de teorías. Este surgimiento, como señala Kuhn, tiene como antecedente “un periodo de profunda inseguridad profesional” [2010: 151], ya que el conjunto de creencias compartidas de la comunidad científica se encuentra minado. Además, tal inseguridad se ve incrementada gracias al continuo fracaso de los cuerpos teóricos de la ciencia normal a la hora de resolver adecuadamente sus rompecabezas. Así, el fracaso de unas reglas del juego

lleva a los científicos a la búsqueda de otras.²⁵ Por ejemplo, durante muchos siglos la astronomía ptolemaica fue un cuerpo teórico seguro para resolver muchos rompecabezas. No obstante, en algún punto de su existencia las observaciones ya no encuadraban con la teoría, por lo cual muchos astrónomos se dieron a la tarea de crear sus propias versiones del geocentrismo, dando como resultado una gran variedad de teorías, sin que hubiera la posibilidad de unificarlas nuevamente.

Así, la crisis en una ciencia, en este caso en la astronomía ptolemaica, da paso a que la investigación normal –diría Kuhn, la investigación guiada por un paradigma– tenga tantas versiones que llega a adquirir una gran similitud con el periodo preparadigmático de competencia. En efecto, la abundancia de enfoques de una tradición científica, como la astronomía, hace que incluso se llegue a dudar de que provengan de una misma fuente. Puede suceder que hasta entre los mismos científicos el desacuerdo sea tal que unos a otros se tachan de irracionales, o que su dude de la científicidad de su trabajo. De esta forma, la crisis empieza su labor de corrosión por sobre la ciencia normal, la cual deja poco a poco de ser precisamente eso, es decir, “normal”.

3.2. La reacción de los científicos ante las crisis y la ciencia extraordinaria

Como se ha visto, la crisis parece ser la condición de posibilidad para el surgimiento de teorías alternativas. Ahora lo que debe preguntarse es la manera en la que los científicos reaccionan ante su presencia. Siguiendo el discurso de Kuhn, la primera respuesta ante esta cuestión tiene que ser negativa, pues hay que enfocarse en aquello que los científicos no hacen ante la presencia de una anomalía: renunciar al paradigma que los ha llevado a la crisis [Kuhn, 2010: 165]. Una vez que la ciencia normal se ha consagrado en una tradición sólo será rechazada cuando exista un candidato alternativo que ocupe su lugar. Por ejemplo, la concepción de un universo finito sólo pudo ser abandonada o seriamente cuestionada ante la presencia de una concepción infinitista del mismo [Koyré, 2008: 2].

²⁵ Kuhn [2010: 154] hace mención de que los llamados ‘factores externos’ son significativos para determinar el fracaso de un paradigma. En el caso la astronomía ptolemaica –el ejemplo que usa para ilustrar este punto– se encuentra la presión social que derivaba de su falta de precisión para determinar el calendario, la crítica medieval a Aristóteles, etc. Sin embargo, a pesar del reconocimiento de los factores externos para determinar el fracaso de una ciencia, Kuhn los omite de su estudio, ya que según él lo desbordan. Además, menciona, el núcleo del problema de la astronomía ptolemaica sigue estando en sus problemas técnicos internos. A pesar de esta afirmación de Kuhn, es necesario recordar que en su *Revolución copernicana* los factores externos se mostraron tan necesarios para el cambio de una astronomía geocéntrica a una heliocéntrica, que su omisión sería equivalente a hacer una abstracción.

De esta manera, los científicos, a pesar de las crisis, difícilmente abandonarán sus enfoques teóricos a no ser que haya “algo” que los reemplace. En este punto conviene recordar que Kuhn menciona que los estudios históricos no han puesto de manifiesto que el enfoque popperiano de la falsación por contrastación tenga bases sólidas. En efecto, ante una anomalía o desajuste entre la teoría y la observación, lo primero que se va a poner en cuestión son las conjeturas o hipótesis que los científicos usan para resolver un determinado problema, y no su marco de supuestos comunes. Poner en cuestión a dicho marco podría ser equivalente a dejar entre paréntesis a la actividad científica o, mejor aún, dejar de hacer ciencia. Como dice este filósofo, la tradición de discusión crítica que sigue Popper se parece más al modo de actuar de la filosofía, aunque no de la ciencia. Es más, es el abandono del discurso crítico mismo, según Kuhn [1975: 87], lo que distingue a la ciencia de otras actividades.²⁶

Por supuesto, esto no es ninguna indicación de que los científicos jamás lleguen a rechazar teorías científicas, o que la experiencia y la experimentación no sean esenciales en este proceso. Por el contrario, lo que se quiere dejar en claro es que la decisión que se toma para rechazar un marco de supuestos —o como Kuhn [2010: 165] diría en *ERC*, un paradigma— conlleva siempre la decisión de aceptar otro. Además, hay que tomar en cuenta otro factor que hace que los científicos no rechacen de manera fácil la forma en la que hacen ciencia: siempre pueden hacer modificaciones *ad hoc* para eliminar los conflictos entre teoría y observación [Kuhn, 2010: 166].²⁷

En este sentido, para que una anomalía o un conjunto de anomalías hagan pensar seriamente a un grupo de científicos en abandonar un enfoque teórico es porque son algo más que simples desajustes entre la experiencia y tal enfoque. Como se ha dicho, la concordancia entre teoría y experiencia nunca es completa. En consecuencia, la ciencia normal siempre se encuentra plagada de “contraejemplos” que aparentemente la contradicen. No obstante, para que las anomalías pongan en peligro a la investigación

²⁶ También habría que pensar que la tradición de la discusión crítica que sigue Popper jamás en puesta en tela de juicio por este filósofo. Se puede decir que sir Karl siguió un paradigma que le pedía ser crítico con otros discursos, aunque no con el suyo.

²⁷ Nótese que P. Duhem [2003: 279] años antes que Kuhn ya había destacado la relevancia de las hipótesis *ad hoc* en el desarrollo de la ciencia, admitiendo que la contradicción experimental de una teoría no es ningún impedimento para que ésta sea ajustada de tal forma que haga desaparecer tal contradicción. Aunque también hay que decir que el mismo Duhem llegó a advertir “que algún día tales contradicciones la pueden llevar [a la teoría] a su refutación” [2003: 279].

normal deben cumplir con ciertos requisitos o características, además de dar pie a una variedad de enfoques teóricos divergentes. Una característica de una anomalía productora de crisis es que pone en tela de juicio algunas generalizaciones fundamentales de la ciencia normal, por ejemplo, el movimiento del péndulo puso en crisis a la fórmula aristotélica que dice que todos los cuerpos tienden a moverse hacia su lugar natural, pues tal movimiento mostraba que un cuerpo sólido puede seguir en movimiento continuo sin la tendencia a desplazarse hacia el centro de la tierra.

A veces, una anomalía también puede provocar que las aplicaciones de una ciencia se lleven a cabo adecuadamente. Finalmente, el desarrollo de la ciencia normal puede transformar en una fuente de crisis lo que antes se había considerado una mera contrariedad [Kuhn, 2010: 172-3]. Esta lista ofrecida por Kuhn –la aparición de enfoques teóricos alternativos, la puesta en crisis de algunas generalizaciones fundamentales y el fracaso de algunas aplicaciones de la ciencia– no pretende ser exhaustiva. Tampoco estos tres elementos tienen que aparecer por completo para provocar una crisis en una ciencia, aunque ello no impide que en ciertas ocasiones se combinen entre sí.

Sin embargo, lo que se debe resaltar es que gracias a estos factores las anomalías de la ciencia normal son vistas como algo más que otro rompecabezas por resolver. Cuando esto sucede la ciencia normal deja de ser efectivamente normal, pues ha entrado a otra etapa de su desarrollo, la cual queda caracterizada como la etapa de “ciencia extraordinaria”. En ella la comunidad científica comienza a considerar de forma más generalizada que las anomalías que la aquejan en realidad son de importancia. En caso de que tales anomalías persistan, aunque no necesariamente tiene que ser así, su resolución llega a ser visto como el objeto de la disciplina. Por supuesto, tales intentos por solucionar las anomalías llegan a generar una gran cantidad de articulaciones teóricas divergentes, provocando, como dice Pérez Ransanz, que las reglas del juego de la ciencia normal pierdan su fuerza, “y [que] su aplicación se vuelv[a] cada vez menos uniforme” [1999: 75].

De esta forma, se puede sintetizar lo dicho señalando que los efectos de las crisis estriban en el desdibujamiento de un paradigma, y en la consecuente relajación de las normas de la ciencia normal. Con todo, debe observarse que no todas las crisis tienen el mismo final, pues, según Kuhn, hay tres maneras posibles en las que se cierran: la ciencia normal termina por resolver los problemas que la ponen en tela de juicio; el problema es

archivado esperando herramientas más desarrolladas para su resolución; la crisis “puede terminar con el surgimiento de un nuevo candidato a paradigma y con la siguiente batalla por su aceptación” [Kuhn, 2010: 176].

La transición de un modo de hacer ciencia a otro no es un proceso acumulativo mediante el cual se elabore una articulación o extensión del paradigma viejo. De lo que se trata es de una reconstrucción del campo científico en cuestión “a partir de fundamentos nuevos, reconstrucción que cambia algunas de las generalizaciones teóricas más elementales del campo, así como muchos de sus métodos y aplicaciones ejemplares” [Kuhn, 2010: 176]. Una vez que se ha hecho la transición de un modo de hacer ciencia a otro, la comunidad científica habrá cambiado la visión de su campo, de sus métodos e incluso de sus objetivos. Se podría decir, junto con Hanson [1958: 226], que se produce un cambio de *Gestalt*. Por supuesto, hay que advertir que la analogía entre el cambio en el modo de hacer ciencia y el cambio en la *Gestalt* visual tiene sus limitaciones: quien tiene un cambio gestáltico puede ser consciente de que ve algo como otra cosa, mientras que los científicos simplemente ven algo, en este caso su campo de estudio, de forma distinta.

Ahora bien, si una de las formas en las que puede acabar un periodo de crisis es con el surgimiento de un enfoque alternativo de llevar a cabo la actividad científica, se debe indagar el momento de su génesis. A menudo un enfoque alternativo surge, al menos embrionariamente, antes de que la crisis haya ido demasiado lejos o antes de que sea posible identificarla [Kuhn, 2010: 177]. Para poner un caso, véase el trabajo de Aristarco de Samos, el cual ya había desarrollado una teoría heliocéntrica antes que Copérnico. Sin embargo, hay que notar que posiblemente su trabajo no fue tomado en cuenta debido a que en el momento de su desarrollo la astronomía ptolemaica se mostraba bastante exitosa a la hora de resolver sus rompecabezas. En ese sentido, sólo fue tomado en serio cuando todas las derivaciones teóricas de la astronomía ptolemaica se mostraban igual de ineficaces para resolver sus anomalías.

En otros casos transcurre un periodo considerable de tiempo entre que la comunidad científica se da cuenta de las anomalías y el desarrollo de un enfoque alternativo de hacer ciencia. Por ejemplo, la física aristotélica siempre mostró dificultades para explicar adecuadamente el movimiento de los proyectiles y, más aún, el del péndulo. Sin embargo, tal problema no fue tomado muy en serio por los neoaristotélicos, y entre los filósofos

medievales los trabajos de Oresme y Buridán a este respecto resultan las excepciones. Fue hasta Galileo que el problema del movimiento del péndulo tuvo una explicación satisfactoria, y ello debido en gran medida al desarrollo de una nueva física.

Sin embargo, también debe tomarse en cuenta que la articulación de un nuevo enfoque teórico puede surgir de repente, “a veces en medio de la noche, en la cabeza de la persona profundamente inmersa en la crisis” [Kuhn, 2010: 183]. En ese sentido, la articulación de lo que Kuhn llama en *ERC* “paradigma” no está sujeta a una ecuación perfectamente delimitada y con normas perfectamente bien señaladas. En tal articulación intervienen factores comúnmente nombrados como ‘subjetivos’, sin que ello afecte el desarrollo de la ciencia e incluso su racionalidad. Finalmente, hay que tener en cuenta que el hecho de que intervengan factores personales o biográficos en la actividad científica no es un peligro para ella, pues la ciencia no es un trabajo individual, sino un trabajo comunitario: la aceptación o rechazo de un nuevo modo de hacer ciencia depende del grupo de expertos que conforman un determinado campo de investigación.

4. El periodo revolucionario

La sección anterior del presente trabajo finalizó con la idea de que una de las formas en las que puede acabar una crisis es con la postulación de un nuevo modo de hacer ciencia y con la consiguiente batalla por su aceptación. Ahora hay que ver la manera en la que se da la transición ‘de un paradigma a otro’. Para empezar esta tarea, hay que dejar en claro que la transición de un modo de hacer ciencia a otro es lo que se conoce como “revolución científica” [Kuhn, 2010: 183]. Las revoluciones científicas son aquellos episodios de desarrollo no acumulativo. Como dice Kuhn [1974: 328] “las revoluciones científicas pueden distinguirse de los avances científicos normales en que los primeros requieren la modificación de las generalizaciones anteriormente consideradas cuasianalíticas”. Así, en algún sentido una revolución implica el rompimiento con alguna forma anterior de hacer ciencia. Antes de ver la manera en la que se da este rompimiento, hay que indagar los motivos por los cuales es pertinente, al menos desde el discurso kuhniano, llamar ‘revolución’ a este cambio en la forma de hacer ciencia.

En primer lugar, hay que resaltar que Kuhn encuentra un paralelismo entre una revolución política y una revolución científica. Este paralelismo estriba en que una

revolución científica, al igual que en un cambio político, se inicia con una sensación creciente, a menudo restringida a un pequeño sector de la comunidad científica, de que la forma de hacer ciencia vigente ya no funciona adecuadamente. Un segundo paralelismo entre política y ciencia consiste en que “las revoluciones políticas tienen como objetivo modificar las instituciones políticas por caminos que esas mismas instituciones prohíben” [Kuhn, 2010: 187]. De análoga manera, la transición de un modo de hacer ciencia a otro resulta ser una elección entre dos modos incompatibles de hacer vida comunitaria.²⁸

Ahora bien, dado que los científicos deben hacer una elección entre dos modos incompatibles de hacer ciencia, queda la cuestión de cómo es que van a elegir entre tales enfoques teóricos. Para empezar, esta dificultad se acrecienta si se toma en cuenta que no se cuenta con los mismos criterios de evaluación que en la ciencia normal, pues en primera instancia lo que está en entredicho es la manera normal de hacer ciencia. Además, cuando ambos enfoques teóricos entran en conflicto, su función es circular: en efecto, cada grupo usa su “paradigma” para argumentar a favor de él. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, aunque por el momento de una forma muy esquemática, esto no significa que queden canceladas todas las posibilidades de comunicación. En primer lugar, hay que pensar que siempre quedan abiertas las oportunidades de persuasión [Kuhn, 1969: 336].

A la falta de los criterios de evaluación de la ciencia normal y de la función circular de los enfoques teóricos en disputa, se le tiene que añadir, para complementar la caracterización de la elección de “paradigma”, que tal elección no se realiza siguiendo inequívocamente criterios lógicos y experimentales. Si tales criterios fueran suficientes para la determinación de una elección de teorías ello implicaría que no debería existir ningún conflicto entre ellas, pues los cambios en un campo científico sólo serían para añadir más

²⁸ Como se ha visto, Kuhn toma a la política como ejemplo para ilustrar la forma en la que se dan las revoluciones científicas. Sin embargo, parece que Kuhn olvida que puede existir, al menos desde su enfoque, otro paralelismo pertinente, a saber: el de una revolución como un ciclo. Un claro ejemplo de una revolución como un movimiento cíclico lo da el mismo Copérnico. Su *De revolutionibus*, desde su mismo título, ya alude a los movimientos circulares realizados por los planetas a lo largo de sus órbitas. En consonancia con esto, las revoluciones científicas, según el enfoque kuhniano, también aluden a un movimiento cíclico: una vez que se ha cambiado de “paradigma” se inicia una nueva etapa de ciencia normal, seguida por el surgimiento de anomalías, crisis y una nueva revolución. Es decir, este filósofo muestra un esquema general en el que la ciencia, en sus diferentes etapas, se desarrolla y cambia. Ahora bien, este esquema puede interpretarse como un intento de forzar a la actividad científica a encajar en un determinado marco conceptual que intente dar cuenta de ella a través de la historia. En este sentido, el trabajo de Kuhn no sólo se encarga de describir a la ciencia a través del tiempo, sino que también da una interpretación de las regularidades de su desarrollo al más puro estilo de una filosofía de la historia. Por estos motivos es por los que se puede pensar que Kuhn en realidad hace una filosofía de la historia, mejor dicho, una filosofía de la historia de la ciencia.

conocimiento, para sustituir a la ignorancia. No obstante, esta versión acumulativista de la ciencia, según Kuhn, no refleja lo que de hecho sucede en ella. En principio habría que recordar que tras el periodo preparadigmático la mayoría de los enfoques rivales desaparecen. Además, este enfoque de la ciencia olvida que no todo el trabajo científico se desarrolla como en la ciencia normal, es decir, acumulativamente.

Por otra parte, hay que ver que si un enfoque teórico viejo no puede resolver un conjunto de anomalías que son explicables a partir de un enfoque distinto, ello quiere decir que en algún punto el nuevo enfoque ha de ofrecer predicciones que sean distintas a las de su predecesor [Kuhn, 2010: 193]. Ahora bien, si ello es así ambos enfoques no son compatibles lógicamente, ya que si lo fueran el viejo modo de hacer ciencia derivaría de sus enunciados las predicciones del nuevo “paradigma”. Pero esto no resulta posible, ya que las nuevas predicciones resultan ser un problema para la forma en la que practica la ciencia.

Por si fuera poco, se debe recordar, nuevamente, que una revolución es una transición de una forma de hacer ciencia a otra incompatible con ella. Ello implica, entre otras cosas, un cambio en los objetivos, generalizaciones simbólicas, métodos, aplicaciones ejemplares, leyes, entidades, conceptos, etc. De esta forma, por ejemplo, cuando hay un cambio revolucionario se trabajan con entidades distintas, aunque se las siga nombrando de la misma manera [Kuhn, 2010: 199]. Para ilustrar esta situación Kuhn ocupa en otro de sus trabajos posteriores a *ERC* el ejemplo de la palabra “movimiento” en Aristóteles y Newton. Para Aristóteles la palabra ‘movimiento’ se refería al cambio en general, lo cual implicaba que eran movimientos tanto el cambio de posición de un objeto, así como el crecimiento de una planta. Para Newton, en cambio, el movimiento sólo se refería al mero cambio de posición, por ejemplo, un desplazamiento de un objeto de la posición “A” a la posición “B” [Kuhn, 1981: 62-70].²⁹

Así, la transición de una física a otra implica un desplazamiento de la red conceptual a través de la cual el científico, o la comunidad científica, ve y trabaja con el mundo. En consecuencia, las diferencias entre los distintos modos de hacer ciencia se muestran como irreconciliables. Más aún, con un nuevo enfoque de hacer ciencia, la ciencia misma sufre

²⁹ Cabe anotar que lo que Kuhn llama “cambio conceptual” en *ERC*, es llamado en “¿Qué son las revoluciones científicas?” como “cambio taxonómico”. Este cambio es explicado de la siguiente manera: los cambios revolucionarios “requieren cambios en el modo en que un conjunto de términos científicos interdefinidos se conecta con la naturaleza, es decir, por la taxonomía proporcionada por el mismo lenguaje científico” [Kuhn, 1981: 56].

un proceso de refinamiento debido a que tal enfoque le proporciona los métodos, leyes, etc., con los que debe trabajar. De esta forma, “la tradición científica normal que surge de una revolución científica no sólo es incompatible con la anterior, sino que a menudo resulta de hecho inconmensurable” [Kuhn, 2010: 202].

En este momento conviene detenerse un poco para analizar, aunque sea de forma todavía esquemática, la noción de *inconmensurabilidad*. Como dice Kuhn en uno de sus artículos de la década de los ochenta, el término de “inconmensurabilidad” está tomado de la geometría: se puede decir, por ejemplo, que la hipotenusa de un triángulo isósceles es inconmensurable con su lado en el sentido de que carecen de una medida común. No obstante, la falta de una medida común “no hace que la comparación sea imposible. Por el contrario, magnitudes inconmensurables pueden compararse con cualquier grado de aproximación requerido” [Kuhn, 1982: 99].³⁰ Aplicado al estudio de las teorías científicas y a su entorno, la inconmensurabilidad funciona sólo como una metáfora, la cual quiere decir “sin lenguaje común”. De esta manera, dos teorías inconmensurables son aquellas en las que no existe un lenguaje en el que sean mutuamente traducibles sin pérdidas ni ganancias. Pero no debe perderse de vista que es posible su mutua comunicación gracias a que “la mayoría de los términos comunes a las dos teorías funcionan de la misma forma en ambas” [Kuhn, 1982: 99].³¹ Y no sólo los términos, sino que también varios de sus aparatos de medición, métodos y supuestos metafísicos permanecen invariables. El caso de Copérnico es una clara muestra de ello. En efecto, en su *De revolutionibus* puede observarse que, a pesar del cambio conceptual sufrido en el término “planeta”, el supuesto de la perfección del movimiento circular permanecía intacto. Además, este astrónomo siguió defendiendo la finitud del cosmos, y usando aparatos empleados por sus antecesores ptolemaicos, tal como la Alidada simple.

Gracias a esta base común que se conserva después del cambio revolucionario es que los científicos defensores de dos teorías rivales pueden comunicarse y, aun más, pueden comparar sus distintos enfoques. Sin embargo, estos hechos no fueron vistos por algunos de

³⁰ Debe tenerse en mente que P. Duhem, aunque de un modo muy breve, ya había postulado la comparabilidad de dos medidas inconmensurables: “cualquier relación inconmensurable siempre es más o menos commensurable: está tan cerca como se quiera de ser commensurable” [2003: 283].

³¹ A este respecto, las palabras de Pérez Ransanz [1999: 86; 1997: 74] ayudan a entender mejor el enfoque kuhniano de la inconmensurabilidad: la variación de significado que formula Kuhn gracias a la inconmensurabilidad se acota a un grupo determinado de términos, dejando una base semántica común entre teorías rivales.

los más duros críticos de Kuhn. Por ejemplo, Popper [2005: 82] asegura que, al estar en crisis el marco teórico de la ciencia normal, la discusión entre dos teorías en competencia no es racional, ya que se carece del marco establecido que haga posible la evaluación de los méritos de cada una de las teorías, por lo cual son vistas como inconmensurables. Por su parte, aunque Shapere [1965: 64] alcanza a ver que entre dos paradigmas distintos se predica una relación de inconmensurabilidad, sigue pensando que el cambio conceptual sufrido en una revolución no es susceptible de ser evaluado racionalmente, además de dejar en suspenso el tipo de progreso que hay en el cambio de una teoría por otra.

Como se ve, ambos autores piensan que la inconmensurabilidad es equivalente a la incomunicabilidad e irracionalidad en el cambio científico. Nada más lejos del enfoque kuhniano de la ciencia que, en efecto, trata de dar respuesta a la evaluación teórica interparadigmática y a la comunicabilidad entre teorías rivales. Con todo, una parte de la crítica de Shapere sigue estando en pie: la cuestión del progreso en el pensamiento de Kuhn. Este problema se tratará en la última sección de este capítulo. Por el momento, lo que hay que destacar es que las revoluciones llevan consigo cambios que hacen que los científicos defensores de enfoques teóricos rivales mantengan un diálogo de sordos incluso en cuestiones acerca de lo que cuenta como un problema, y la manera de solucionarlo. En efecto, si los compromisos compartidos de los científicos les dicen qué clase de entidades existen, cuál es el mejor método para resolver problemas, qué es lo que cuenta como un problema o una observación, etc., entonces dos grupos científicos en disputa partirán de supuestos diferentes cuando discutan sobre los méritos de cada uno de sus enfoques.

Pero eso no es todo, ya que dos grupos científicos no sólo partirán de dos maneras diferentes³² de hacer ciencia a la hora de elegir entre enfoques rivales, sino que también tendrán dos modos distintos de ver el mundo y, en consecuencia, de actuar con él. En el siguiente apartado se analizará el sentido y las implicaciones de esta afirmación.

³² Debe notarse que para que dos cosas sean distintas deben tener elementos en común: un perro puede ser catalogado como distinto de un gato en la medida en que ambos son animales mamíferos. Ahora bien, dado que entre dos cosas diferentes hay una medida de concordancia, siempre se pueden comunicar sus diferencias y evaluar sus méritos y puntos débiles.

4.1. Las revoluciones y el cambio de visión del mundo

Cuando un grupo científico, o al menos una parte de él, es guiado por una nueva forma de hacer ciencia mira en lugares donde antes no había puesto atención, algunos de sus instrumentos cambian y, más importante aún, ve cosas nuevas y diferentes cuando mira con instrumentos familiares en lugares en los que con anterioridad había mirado [Kuhn, 2010: 212]. Los científicos tras un cambio de “paradigma” trabajan en un mundo distinto. Ello no implica, por supuesto, que hayan sufrido un cambio geográfico o que el mundo efectivamente se haya transformado: los científicos siguen habitando el mismo mundo. Con todo, la manera de relacionarse con él y de observarlo ya no es la misma.

Esta transformación en la forma de mirar el mundo puede tener su parangón en los cambios de *Gestalt*: lo que en un momento se miraba como patos, en otro es visto como conejos. Las transformaciones de este tipo generalmente acompañan el proceso de aprendizaje científico: para que un estudiante de ciencia pueda convertirse en un habitante de un determinado mundo científico debe aprender a mirar el mundo de forma similar a como lo hacen sus demás habitantes. En tiempos revolucionarios, cuando se cambia la tradición de la ciencia normal, la percepción que tiene el científico del mundo debe reeducarse, pues tiene, por así decirlo, que aprender a ver una nueva *gestalt*. Una vez que se ha hecho esto, “el mundo de su investigación parecerá ser aquí y allí inconmensurable con el que había antes” [Kuhn, 2010: 213].

Pero si la visión del mundo que tienen los científicos cambia junto con su marco teórico o de supuestos, ello implica que la propia visión tiene como prerrequisito algo así como un paradigma o un marco de supuestos. De esta manera, lo que ve una persona depende de lo que mire, pero también de la forma en la que le han enseñado a mirar.³³ Generalmente no somos conscientes de esta situación, por lo cual a veces se tiene la tendencia de que nuestra manera de ver y concebir el mundo es la única válida. De la misma forma, los científicos

³³ Aunque éste no sea un tópico sobre el que se vaya a abundar demasiado, debe quedar apuntado: si bien el enfoque de Kuhn es innovador para la filosofía de la ciencia, no lo es tanto para la hermenéutica filosófica. En efecto, ya Heidegger (*Ser y Tiempo*) y Gadamer (*Verdad y Método*) habían anticipado que la forma de ver el mundo depende de nuestro lenguaje. Así, dos lenguajes proporcionan dos visiones del mundo distintas, aunque no por ello incomprensibles, pues siempre es posible aprender a hablar el lenguaje en el que se comunica el otro.

cuando transforman su modo de ver el mundo, al menos en su mayoría, no pueden dar fe del cambio que han experimentado [Kuhn, 2010: 217].³⁴

En consecuencia, se tienen que buscar testimonios indirectos que proporcionen pruebas de que el cambio en la visión del mundo se da de hecho. El caso de Copérnico, por ejemplo, es una buena guía para dar cuenta del cambio en la visión del mundo que sufre una ciencia después de una revolución. Para empezar, hay que decir que este astrónomo polaco ya sabía que su teoría heliocéntrica implicaba una nueva manera de concebir el cosmos. Sin embargo, difícilmente pudo darse cuenta de las profundas consecuencias de sus postulados, ya que no sólo ponían a la tierra en movimiento en lugar de dejarla estática, sino que conllevaban un cambio en la física: los cielos perdieron su carácter inmutable debido a que la distinción entre la región lunar y sublunar empezó a carecer de sentido. Después del trabajo de Copérnico personas como Galileo se atrevieron a decir que el sol presentaba imperfecciones, lo cual, apenas siglo y medio antes, cuando mucho, era impensable. Poco a poco se intentaron trabajos en los que la física de los cielos fuera idéntica a la de la tierra. En ese sentido, los ejemplos utilizados para describir al cosmos podían ser usados legítimamente para describir lo sucedido en la tierra. Piénsese simplemente en el universo descrito como un gran reloj: esta metáfora no sólo era aplicada al movimiento de los astros, sino a la explicación de los movimientos de los animales.

Ahora bien, el enfoque kuhniano del cambio científico y el consecuente cambio de visión tras una revolución puede tener una objeción, a saber, que lo que cambia después de una revolución científica no es la visión, sino la forma de interpretar los datos que hacen los científicos. No obstante, tal forma de ver las cosas es errónea, ya que para empezar los “datos” con los que trabajan los científicos no son una base neutral estable que permanezca inmutable a través del cambio de visión de una comunidad científica. En efecto, lo que se considera como un dato depende del enfoque teórico con el que se esté trabajando. Además, hay que hacer patente que, para poner un caso, cuando Copérnico vio a la tierra como un planeta lo hizo no como si interpretara las cosas de una nueva forma, sino como quien se

³⁴ Esta anotación de Kuhn es de especial relevancia debido a que da cuenta de que su estudio se sitúa en el plano metacientífico, lo cual quiere decir que trata de dar, en primer lugar, una interpretación de cómo funciona la labor científica en lugar de introducirse directamente en un trabajo normativo, al estilo de los positivistas o de Popper.

pone unos lentes inversores y mira al mundo de distinta forma, sin mediaciones [Kuhn, 2010: 227].

Por consiguiente, las operaciones y mediciones que realiza un científico en un laboratorio, en un observatorio o en cualquier otro lugar, no son simplemente los datos fijos que se encuentran dados a los sentidos, sino aquello que se recoge de acuerdo a lo que se considera valioso desde el punto de vista de una determinada ciencia. En este sentido, los científicos que trabajen con dos enfoques teóricos distintos se engazarán en operaciones concretas de laboratorio que pueden diferir en gran medida entre sí.³⁵ Como se ha visto, la observación no es neutral, así como tampoco lo es el lenguaje que se usa para describirla. Incluso las teorías que defienden un lenguaje y observación neutrales dependen de algo así como un “paradigma” que les indica la manera de ver y manipular el mundo.

4.2. La elección de teorías

Hasta el momento este trabajo ha relegado a un segundo plano el proceso mediante el cual se sustituye a un enfoque teórico por otro. Por el contrario, se ha puesto énfasis en las diferencias que hacen inconmensurables a ambos paradigmas, mismas que hacen que la elección entre teorías no sea un proceso algorítmico, reglamentado y que siga las normas de evaluación de la ciencia normal. Sin embargo, ha llegado la hora de que dicho proceso sea tratado, aunque esquemáticamente.

Para empezar, hay que hacer notar que una interpretación alternativa de la naturaleza sólo surge en la mente de unas cuantas personas, por lo cual su labor de convencimiento ha de ser ardua y áspera. Tales personas son por lo general muy jóvenes o nuevas en el campo, lo cual les permite, hasta cierto punto, no estar tan comprometidos con las reglas del juego o con la visión del mundo en la que están insertos [Kuhn, 2010: 258]. Ahora bien, en su labor de convencimiento tales personas mantendrán un “diálogo de sordos” con sus adversarios debido, entre otras cosas, a que tienen presupuestos diferentes, su visión del mundo no es la misma, el número de lo que cuenta como entidades puede variar de grupo a grupo, sus pruebas pueden diferir en los métodos y en los resultados. En una palabra, sus

³⁵ Aunque en este punto Kuhn [2010: 239] es muy cuidadoso, ya que tiene en mente que los cambios en las manipulaciones y mediciones hechas en los laboratorios nunca son totales, pues gran parte de su lenguaje y de sus instrumentos siguen siendo los mismos. Con todo, lo que sí puede cambiar es la forma en la que los datos mismos se relacionan entre sí, su importancia misma, y las nuevas mediciones de los nuevos hechos tratados por un enfoque teórico en boga.

puntos de vista respecto de su campo y de la forma de trabajar y relacionarse con el mundo son inconmensurables.

Bien es cierto que entre dos tradiciones rivales puede existir un vocabulario muy amplio que permanezca invariable. Con todo, algunas de las relaciones entre ese vocabulario tienen la posibilidad de entrar en nuevas relaciones mutuas, dando como resultado un malentendido entre los enfoques rivales en cuestión. Por consiguiente, su comunicación tiene que ser parcial [Kuhn, 2010: 265]. En efecto, si dos defensores de dos “paradigmas distintos” habitan en dos mundos diferentes, su comunicación en algún punto diferirá sobre algún asunto básico –por ejemplo, en el número de planetas existente, la finitud o infinitud del cosmos, etc.– por lo cual su diálogo se tornará limitado.

Así, con una comunicación parcial como el trasfondo del diálogo entre dos escuelas rivales, la pregunta de cómo es que se consigue que los científicos hagan la transición de un modo de hacer ciencia a otro adquiere especial relevancia dentro del pensamiento kuhniano, pues tiene que mostrar la forma en que, a pesar de sus limitaciones dialógicas, los partidarios de dos enfoques rivales pueden mostrar la preeminencia de una manera de hacer ciencia por sobre otra. Para empezar hay que decir que a veces no se consigue que los científicos hagan la transición de un enfoque científico a otro [Kuhn, 2010: 268]. Dicha transición no es algo que se pueda forzar, sobretodo porque quienes se resisten a ella pueden tener buenas razones para su negativa: puede que el viejo enfoque termine por resolver su crisis en algún momento, y lo único que hay que hacer es esperar a que ciertas modificaciones, aunque sean *ad hoc*, den una explicación a sus anomalías. De igual manera, es posible que el aparato instrumental del viejo enfoque sea inadecuado para realizar cierto tipo de mediciones u observaciones, por lo cual su mejora resolverá sus problemas.

Sin embargo, hay que decir que el hecho de que ciertos científicos se resistan a la transición no implica que no existan argumentos pertinentes o que no haya algún modo de persuadir a los científicos para que cambien su opinión. En efecto, siempre puede haber “buenas razones” para convencer a un científico de modificar su punto de vista, aunque tales razones “funcionen como valores, por lo que aquellos que convienen en honrarlos, los pueden aplicar de manera distinta, tanto individual como colectivamente” [Kuhn, 1969: 338]. Es posible que un científico abrace un nuevo “paradigma” porque éste le parece

estáticamente más elegante que su rival, o porque explica un mayor número de fenómenos, o por su simplicidad. En este sentido, las razones para elegir una nueva forma de hacer ciencia tienen que ver incluso con cuestiones como la biografía, la personalidad, la nacionalidad, maestros, reputación, etc. [Kuhn, 2010: 271].

Evidentemente, introducir tales rasgos personales en la elección de teorías puede tener el inconveniente de que se puede acusar a Kuhn de subjetivista. Esta acusación podría cobrar fuerza si este filósofo dejará únicamente en las manos de las características subjetivas de los individuos la elección de teorías. No obstante, no debe olvidarse que Kuhn piensa que “la comunidad de especialistas, más que sus miembros individuales, es la que toma la decisión efectiva” [1969: 339]. Como apunta Pérez Ransanz, la comunidad controla la intervención de la subjetividad. De nada sirve que un científico crea vehementemente en una teoría, si esta creencia choca con los valores más arraigados y respetados de una comunidad científica. Por ello, en los debates sobre la elección de teorías los argumentos de peso serán aquellos que tengan alguna relevancia para el conjunto de especialistas [Pérez, 1999: 139-141].

En consecuencia, una de las vías por las cuales los científicos con diferentes puntos en disputa pueden comunicarse es por sobre la base de sus valores o creencias compartidas, las cuales pueden funcionar como “lo dado” para los propósitos de la evaluación interparadigmática [Kuhn, 1990: 120]. En efecto, hay que recordar que los valores, a pesar de un cambio científico, permanecen casi invariables. Además, se que tener en cuenta que ésta no es la única vía por la cual los científicos defensores de paradigmas diferentes pueden comunicarse y escoger entre enfoques rivales. Efectivamente, los científicos pueden aprender el lenguaje de sus contrincantes. A partir de trabajos posteriores a *ERC*, Kuhn empieza a desarrollar la idea de que los científicos pueden hacerse traductores de los paradigmas opuestos, trayendo consigo importantes ventajas no sólo para la reinauguración de la comunicación entre enfoques rivales, sino también para su elección. Como dice este filósofo, “dado que la traducción, si se practica, permite a los implicados en una ruptura de comunicación experimentar de manera delegada parte de los méritos y deméritos del punto de vista ajeno, constituye una poderosa herramienta para la persuasión y la conversión” [Kuhn, 1969: 343].

De esta manera, el ser bilingüe posibilita a los científicos el reconocimiento de las ventajas de un enfoque por sobre el otro. Dado que comprenden ambos “paradigmas”, los científicos implicados en el debate sobre su elección podrán tener una imagen global de los dos, permitiendo el reconocimiento de sus fortalezas y debilidades.

En trabajos posteriores a la “Posdata 1969”, Kuhn matiza la idea del “científico traductor”. En “El camino desde *La estructura*”, por ejemplo, dice que la inconmensurabilidad de dos estructuras taxonómicas distintas no impide la comprensión entre las comunidades. Finalmente, el científico puede hacerse bilingüe, aunque ello no implica que se haga traductor [Kuhn, 1990, 116]. En efecto, el hecho de que comprenda el lenguaje de otra comunidad no quiere decir que pueda traducir término por término el lenguaje de un “paradigma” al suyo. Como diría este autor en otro de sus trabajos, el hecho de que se pueda ser intérprete de un lenguaje no conlleva ser su traductor, al menos no si por traducción se está pensando en el traductor radical de Quine [Kuhn, 1982: 117].

Tales matices conservan la idea de que la evaluación interparadigmática tiene como base la posibilidad de la comprensión de los enfoques rivales en disputa. Gracias a esta base se da la posibilidad de hacer argumentos que traten de demostrar que un enfoque puede resolver los problemas que han llevado al paradigma rival a la crisis. Pues si ambos enfoques no fueran comprendidos, simple y sencillamente no existiría la posibilidad de compararlos, lo cual implica comparar su potencial para resolver problemas o incluso la misma carencia de tal potencial. Y más importante, no se podrían comparar las “promesas del futuro” que cada enfoque hace en caso de que se le elija como la guía de la investigación científica. Tales promesas podrían ser la exploración de terrenos que antes habían estado prohibidos para la investigación científica, el uso de nuevos aparatos de medición, la resolución de problemas antiguos, tal como el de la medición del año, etc.

Una vez comprendidos y comparados los enfoques rivales, sus promesas, su capacidad de resolver problemas, etc., se puede elegir uno de ellos. Sin embargo, tal elección conlleva una carga de fe [Kuhn, 2010: 278]. En efecto, se confía en que el “paradigma” elegido podrá guiar la investigación científica por buenos terrenos, aportando nuevos y mejores resultados, y resolviendo las dificultades que antes provocaron las crisis en el viejo enfoque. Ahora bien, tal confianza en un nuevo “paradigma” no es algo que sucede súbitamente en el grupo científico. Lo que sucede es que hay un desplazamiento paulatino

de las fidelidades. Poco a poco los científicos se van uniendo a la nueva manera de hacer ciencia. Tal vez haya quienes se resistan, pero en un determinado momento el nuevo “paradigma” dominará la investigación normal de la ciencia. Así, quienes se sigan resistiendo habrán dejado de ser científicos [Kuhn, 2010: 280].

5. El progreso científico

Como se ha visto en la sección anterior, una revolución científica implica abandonar un modo de hacer ciencia por otro inconmensurable con él. Ahora bien, si esto es así, queda la cuestión de cómo es que la ciencia progresa a través de las revoluciones científicas. Esta pregunta cobra relevancia si se piensa que entre un modo de hacer ciencia y otro existen diferencias en aspectos fundamentales, como es el caso de lo que cuenta como una explicación, un problema, una entidad relevante, etc. De esta manera, la forma en la que una ciencia progresa se vuelve oscura debido a que entre un paradigma y otro se trabaja en un ‘mundo distinto’, por lo cual evaluar el progreso existente entre paradigma y paradigma se convierte en una tarea compleja.

Para tratar de responder la cuestión sobre el progreso en la ciencia desde la perspectiva de Kuhn, esta sección estará destinada a tal tópico. Sin embargo, antes de pasar a su tratamiento, debe quedar claro que el filósofo de Harvard no sólo le dedica unas líneas al progreso existente entre un paradigma y otro –el cual será llamado “progreso interparadigmático”– sino también a aquel progreso que se da dentro de un paradigma, es decir, el “progreso intraparadigmático”. Para empezar, se comenzará con el abordaje del progreso intraparadigmático, pues este tipo de progreso, al darse dentro de una forma consolidada de hacer ciencia, puede resultar menos problemático que su contraparte, es decir, el progreso interparadigmático, mismo que será tratado al final de la presente sección.

5.1. El progreso intraparadigmático

Para iniciar hay que preguntar, junto con Kuhn, por qué progresa la ciencia normal como lo hace. Para responder tal pregunta, este filósofo recuerda la característica principal de la investigación normal: que está guiada por un paradigma, o, como se dirá en sus trabajos posteriores a *ERC*, por una matriz disciplinaria y un conjunto de ejemplares. Ahora bien,

uno de los rasgos más notables de una investigación guiada por un paradigma o un conjunto de supuestos es que tiene como tarea principal la resolución de rompecabezas. De esta manera, el progreso intraparadigmático de una ciencia depende de su capacidad para resolver sus rompecabezas.

Tal progreso, a diferencia de otras disciplinas como es el caso de la filosofía, es muy notorio en el caso de las ciencias debido a que, una vez consolidado un paradigma, es muy difícil que existan otras escuelas rivales que pongan en tela de juicio sus objetivos, normas y resultados [Kuhn, 2010: 286]. Además, los científicos guiados por un paradigma tienen la posibilidad de concentrarse en los aspectos más sutiles y esotéricos de los fenómenos de su interés, permitiéndoles su exploración detallada y la resolución de sus respectivos rompecabezas. Cabe decir que si los científicos pueden prestarle un alto grado de atención a los fenómenos de su interés es porque, en alguna medida, se encuentran aislados de las exigencias del resto de los ciudadanos y de la vida diaria, motivo por el cual no tienen que preocuparse por los factores externos al campo en el que desarrollan su actividad. Así, los científicos pueden dar por sentadas las reglas, normas y problemas a resolver sin que tengan la preocupación de ser criticados por otros grupos o escuelas [Kuhn, 2010: 287].

En este punto conviene detenerse un poco para analizar las palabras de Kuhn. Para empezar, hay que destacar el hecho de que este filósofo reconoce que las comunidades científicas nunca se encuentran aisladas por completo del resto de la sociedad. Sin embargo, su separación de la sociedad es lo suficientemente amplia como para que los científicos no tengan la preocupación por ser criticados por ‘otros grupos o escuelas’. Ahora bien, hay que preguntar lo siguiente: ¿esto es cierto? En alguna medida tal vez sí lo sea, pero en otra tal aislamiento sería el producto de una abstracción del trabajo científico. Los elementos que habría que buscar para responder esta pregunta se tendrían que explorar detenidamente con un análisis histórico, en lugar de hacer generalizaciones que pasen por alto los detalles del desarrollo de la ciencia. En efecto, habrá algunos casos, como el de la astronomía ptolemaica, en el que la labor científica pueda aislarse, en gran medida, de los juicios de la sociedad, principalmente debido al poco conocimiento y falta de interés de ésta respecto del desarrollo de la astronomía. Pero habrá otros casos en el que el peso de los agentes externos sea tan decisivo que incluso afecten la publicación de los trabajos científicos, como es el caso de Copérnico, el cual tuvo que pedir el auspicio del Papa por

temor a las represalias que derivaran de su obra.³⁶ Además, habría que recordar que en la actualidad mucho del trabajo científico se encuentra apoyado por empresas privadas o por el mismo Gobierno, situación que logra que el trabajo científico se encuentre en varias ocasiones a merced de las opiniones, críticas, etc., de estos agentes externos.

5.2. El progreso interparadigmático

Hasta el momento se ha abordado la cuestión del progreso científico desde un enfoque intraparadigmático. Sin embargo, el enfoque kuhniano de la ciencia tiene otros aspectos respecto del progreso que hay que explorar. Como se ha visto, en tiempos de ciencia normal la cuestión del progreso científico parece asegurada ya que se trata de un asunto de resolución de rompecabezas. No obstante, queda la pregunta de cómo es que se da el progreso en la ciencia en periodos revolucionarios o cuando se da la transición de un paradigma a otro. Para responder esta pregunta hay que volver a considerar que para los científicos la capacidad de una teoría para resolver problemas es un factor determinante para su elección.

Ahora bien, dado que en un cambio científico se escoge una teoría con mayor capacidad para resolver problemas que su antecesora, se puede decir que tras una revolución “las teorías científicas posteriores son mejores para resolver problemas que las anteriores” [Kuhn, 1969: 347]. La ciencia es como un árbol o como un organismo biológico: una vez que se ha empezado a desarrollar, tal desarrollo es unidireccional e irreversible [Kuhn, 1969: 347]. Por ello, en uno de sus últimos trabajos Kuhn incluso llega a decir que después de una revolución científica hay más especialidades de las que había antes, como si éstas fueran las últimas ramas del ‘árbol de la ciencia’. Como consecuencia de esto, entre las especialidades de un campo científico existen problemas en torno a su comunicación. No obstante, este filósofo piensa que éste es el precio a pagar “por las herramientas cognitivas cada vez más potentes” [Kuhn, 1990: 122].

³⁶ En su *Revolución copernicana*, curiosamente, Kuhn sí hace un análisis de las críticas y temores sociales de Copérnico ante la publicación de su trabajo. Por ello, resulta sorprendente que en *ERC* diga que la evaluación del trabajo científico sea exclusiva de la comunidad científica.

Como se ve, el aumento de la capacidad para resolver problemas es la forma en la que la ciencia progresa a través de las revoluciones.³⁷ No obstante, este enfoque del progreso científico deja una cuestión por resolver. En efecto, se puede preguntar, junto con Pérez Ransanz, por la justificación de lo que Kuhn plantea como la meta general de la actividad científica –la resolución de problemas– “sobre todo cuando la defensa de una racionalidad de tipo instrumental suele ir acompañada del supuesto de que los fines o metas no son argumentables o discutibles” [Pérez, 1999: 198]. Bien es cierto que Kuhn [1990: 119] plantea que las pretensiones del conocimiento científico se encuentran históricamente situadas, por lo cual son mutables. Con todo, deja veladas las metas que ha tenido la ciencia a lo largo de la historia. En ese sentido, parece que lo único que le importa es la capacidad pragmática o instrumental de la ciencia para resolver ciertas metas. Sin embargo, como diría Horkheimer [2010: 62], parece que Kuhn olvida que un mismo instrumento, en este caso la ciencia, puede servir tanto para dañar como para beneficiar a la gente.

En ese sentido, la propuesta kuhniana en torno al progreso científico es acrítica con sus fines. Incluso da la impresión de que presupone que los fines de la ciencia son neutrales,³⁸ pues este filósofo no se encarga de investigarlos y mucho menos de cuestionar sus aplicaciones. En consecuencia, se podría afirmar que Kuhn es ciego ante los distintos usos que se pueden hacer de los trabajos científicos, ya que su pensamiento excluye abiertamente la influencia de factores externos, como la política y la sociedad, en el desarrollo del trabajo científico [Kuhn, 2010: 293]. Esta indiferencia de Kuhn al determinar o examinar las finalidades del trabajo científico parece sorprendente, sobretodo porque vivió la segunda guerra mundial y pudo ser testigo del uso de una de las mayores armas de destrucción masiva que se ha creado, la bomba atómica, la cual fue creada gracias al

³⁷ Para que el asunto del progreso interparadigmático no quede velado este trabajo se ve en la necesidad de citar en extenso las palabras que el propio Kuhn emplea para caracterizarlo: “Si consideramos dos cualesquiera de dichas teorías tomadas de puntos no muy próximos a su origen, debería ser fácil enunciar una lista de criterios que permitiesen a un observador imparcial distinguir una y otra vez la teoría más antigua de la reciente. Entre los más útiles estarían la exactitud de las predicciones, especialmente de las predicciones cuantitativas, la proporción entre temas esotéricos y cotidianos, y el número de distintos problemas resueltos. Menos útiles a este fin, aunque también importantes como elementos determinantes de la vida científica, serán valores como la simplicidad, el alcance y la compatibilidad con otras especialidades. Estas listas no son aún las precisas, pero no me cabe duda de que se pueden completar. Si ello es posible, entonces el desarrollo científico es, como el biológico, *un proceso unidireccional e irreversible. Las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores para resolver rompecabezas en los medios a menudo muy distintos en los que se aplican*” [1969: 347]. Subrayado añadido.

³⁸ La palabra latina *neutrum* tiene que decir “ni uno (ne) ni otro (utrum)”. Es decir, es algo que no se inclina hacia bando alguno.

conocimiento científico. Por supuesto, se podría pensar que el análisis kuhniano de la ciencia sólo se encarga de descubrir su estructura interna, por lo cual el progreso científico entendido como la mejora en la resolución de problemas es el elemento constante a través de los cambios revolucionarios, sin importar que tales problemas sean de orden epistémico o instrumental. Sin embargo, dar solamente la estructura o esquema de la finalidad de la ciencia es privarla de su contenido. Es posible que indagando sobre el contenido de la finalidad o finalidades de la ciencia en una determinada época se logren ver sus relaciones con la política, la economía, la ideología, etc., relaciones que, si bien no son desdeñadas por Kuhn, al menos sí son minimizadas en su análisis científico. Con todo, tales relaciones pueden dotar a la ciencia de finalidades cuyo cumplimiento sean su medida del progreso. En este tenor, el avance de la ciencia ya no sería algo que estaría determinado únicamente por la comunidad científica, sino por quienes la auspician, por quienes la apoyan para beneficiarse de ella.

II. Sobre el concepto de “Tecnociencia” en el discurso de Echeverría

En la introducción del presente trabajo se indicó que el esquematismo kuhniano del cambio científico se mostraba insuficiente para describir y explicar el desarrollo actual de la tecnociencia. Para justificar ese enunciado se procedió a elaborar una breve reconstrucción del esquematismo de Kuhn con la finalidad de mostrar lo que son sus principales características. Como se ve, se parte de la hipótesis de que antes de evidenciar la insuficiencia de un trabajo es necesario decir, al menos en sus líneas generales, en qué consiste éste, pues de lo contrario cualquier crítica, debate, diálogo, etc., en torno a él carecería de cualquier fundamento sobre el cual partir.

Ahora bien, hay que notar que la misma hipótesis de trabajo se aplica para el caso de la “tecnociencia”. En efecto, la tesis de la insuficiencia del esquematismo kuhniano de la ciencia para explicar el trabajo tecnocientífico requiere, asimismo, del desarrollo de algunas de las características principales de la tecnociencia. Ello es así porque esta tesis es en el fondo comparativa, ya que intenta sopesar la noción de “ciencia” de Kuhn con la noción contemporánea de “tecnociencia”. Pero para poder llevar a cabo una comparación es imprescindible contar con los elementos a comparar. De esta manera, la exposición de los principales rasgos de la tecnociencia se convierte en la *conditio sine qua non* del desarrollo de la tesis que intenta defender este escrito.

En consecuencia, este capítulo se encuentra destinado al análisis de la tecnociencia. Sin embargo, es claro que no se puede indagar sin más sobre la tecnociencia, pues el concepto es demasiado amplio y su sola exposición general va más allá del propósito de este trabajo, motivo por el cual se hace necesario su acotamiento. Por consiguiente, se acota este tema al trabajo de Javier Echeverría, en específico a su libro intitulado *La revolución tecnocientífica*, ya que en él se hace una exposición bastante puntual y sistemática del mencionado concepto. Por supuesto, ello no implica que no se recurran a otros trabajos tanto del mismo autor, como de otros pensadores que han reflexionado en torno al desarrollo tecnocientífico y sus consecuencias.

En el segundo capítulo de esta tesis se abordarán los siguientes puntos:

1. Rasgos generales de la Macrociencia: la relevancia del informe Bush y las principales partes constitutivas de la *Big science*.
2. Principales componentes de la tecnociencia

3. La pluralidad axiológica de la tecnociencia.

Estos tres temas no pretenden agotar todo lo que hay que decir sobre la tecnociencia. Por el contrario, deben ser considerados únicamente como una breve caracterización de la nueva modalidad de hacer, practicar y valorar la ciencia y la tecnología. En este sentido es que Echeverría habla de la revolución tecnocientífica como una revolución praxiológica, puesto que se transforma la forma en que se practica y valora la ciencia. Para entender la razón de que tal revolución es praxiológica, hay que detenerse, aunque sea un momento, en el concepto de “práctica tecnocientífica”.³⁹ En primer lugar, se debe destacar que para que una praxiología de la tecnociencia tenga algún sentido y fundamento sólido sobre el cual pueda basarse, debe estar sustentada en estudios empíricos de la práctica tecnocientífica y no sólo en especulaciones teóricas que digan cómo debería ser tal práctica. Ahora bien, que una praxiología de la actividad tecnocientífica deba basarse en estudios empíricos, no implica que no se requiera una teoría de las acciones tecnocientíficas [Echeverría, 2008: 130]. Ello es así debido a que las acciones de la tecnociencia tienen su propia especificidad, lo cual hace que al abordarlas se requieran de herramientas conceptuales precisas que puedan dar cuenta de ellas.

Por otra parte, además de los estudios empíricos, la construcción de una praxiología de la tecnociencia necesita tener en cuenta que las acciones tecnocientíficas están guiadas por valores [Echeverría, 2008: 130]. De esta manera, una praxiología de la tecnociencia también debe considerar una axiología que resalte qué tipo de valores se encuentran en la actividad tecnocientífica, ya que estos son los ejes que dirigen a sus acciones. Se debe pensar que las acciones de la tecnociencia nunca son acciones espontáneas, “pues siempre hay razones para hacerlas y objetivos que se pretenden lograr con ellas” [Echeverría, 2008: 132]. Por otra parte, el hecho de que las acciones de la tecnociencia estén guiadas por valores implica, a su vez, que éstas tengan que ser evaluadas por diferentes agentes. Se debe tomar en cuenta que si estas acciones conducen a fines o metas, su realización y la

³⁹ Para la elaboración de estas líneas el presente trabajo se apoya en el artículo de Javier Echeverría intitulado *Propuestas para una filosofía de la práctica científica* publicado en el año 2008. Tal y como el nombre del artículo lo indica, las reflexiones de Echeverría vertidas en él se encuentran destinadas al estudio de la práctica científica. Sin embargo, tales reflexiones se retoman para abordar el tema de la praxiología de la tecnociencia debido a que el mismo autor dice respecto de su artículo lo siguiente: “las hipótesis anteriores, convenientemente adaptadas, pueden aplicarse también a la filosofía de la práctica tecnológica, sobre todo a la filosofía de la actividad tecnocientífica” [Echeverría, 2008: 131].

forma de obtenerla es susceptible de ser evaluada tanto por los agentes que las llevan a cabo, como por aquellos que se ven afectados o beneficiados por ellas.

Al mismo tiempo, se debe tener en consideración que una acción de la tecnociencia puede ser realizada por varios agentes tecnocientíficos, no sólo por uno [Echeverría, 2008: 136]. Por ejemplo, la construcción de un reactor nuclear es susceptible de ser realizada tanto por agentes norteamericanos como rusos, pues las acciones de la tecnociencia muchas veces tienen la cualidad de ser reproducibles, aunque sus agentes no pertenezcan a una misma nación o empresa. Lo único que se necesita es que los diferentes actores cuenten con los conocimientos y herramientas necesarias para producir los artefactos o metas deseadas.

De las anteriores notas apuntadas sobre la noción de “praxiología de la tecnociencia” se puede llegar a las siguientes conclusiones: en primer lugar, un estudio de la revolución tecnocientífica requiere de herramientas conceptuales específicas, ya que se trata de un tipo de práctica diferente a la de la ciencia básica. En segundo lugar, si las acciones están guiadas por valores, y si la emergencia de la tecnociencia supone un cambio en la práctica tecnocientífica, ello implica que la actividad tecnocientífica “trajo consigo una gran transformación de los sistemas de valores que guían las acciones científicas” [Echeverría, 2008: 147], motivo por el cual es necesario indagar cuáles son los nuevos valores que se encuentran inmersos en la tecnociencia. Finalmente, el hecho de que las acciones tecnocientíficas puedan ser evaluadas por varios agentes, implica que dentro de este nuevo modo de práctica científica tienen cabida una pluralidad de agentes que rebasa, y por mucho, a la mera comunidad científica, por lo cual un estudio de la tecnociencia no debe perder de vista a los actores que la conforman y sin los cuales no podría desarrollarse adecuadamente. Sobre estas características praxiológicas se abundará en los siguientes apartados.

1. El informe Bush

Hacia el final del capítulo XIII de *ERC* Kuhn, a pesar de concebir a la práctica científica como un fenómeno comunitario, ve en la comunidad científica a una entidad aislada, cuyos cánones, reglas, decisiones, etc., provienen fundamentalmente de ella en detrimento de cualquier posible participación externa, tal como los factores sociales o políticos. Incluso este filósofo llega a mencionar que “aunque no esté escrita, una de las reglas más fuertes de

la vida científica es la prohibición de recurrir a los jefes de Estado o a la ciudadanía en general en cuestiones científicas” [Kuhn, 2010: 293], debido a una suerte de “autonomía epistémica”, esto es, que las reglas y cánones que rigen la práctica científica provienen sólo de la comunidad científica.

Al leer una cita de esa índole Kuhn deja claro, aunque sea de forma implícita, que su análisis de la ciencia se centra principalmente en sus aspectos epistemológicos, pues desdeña abiertamente, por ejemplo, la participación política en el desarrollo del trabajo científico.⁴⁰ Sin embargo, tal omisión de estos factores “externos” puede considerarse un abstraccionismo. Y más por una de las características de la época en la que vivió este filósofo, a saber, el uso instrumental de la ciencia para obtener beneficios sociales, económicos, políticos, etc. Por supuesto, puede decirse en favor de Kuhn que su trabajo revolucionó la forma de hacer, entre otras cosas, filosofía de la ciencia al destacar la importancia de la comunidad científica, de sus creencias y valores, en el desarrollo del trabajo científico.⁴¹ Sin embargo, ello no es motivo para pasar por alto que este filósofo –el cual, por cierto, tuvo la oportunidad de participar en la Segunda Guerra Mundial [Kuhn, 2002: 315]– pudo idealizar el aislamiento de las comunidades científicas.

⁴⁰ Se debe tomar en cuenta que esto hace referencia al enfoque kuhniano de la ciencia expresado en *ERC*. En trabajos posteriores a esta obra, Kuhn reconoce que la ciencia no puede estar desligada de los factores sociales. Incluso, este filósofo llega a decir que “en los primeros momentos del desarrollo de un nuevo campo [...], las necesidades y los valores sociales son el determinante principal de los problemas en los cuales sus practicantes se concentran” [Kuhn, 1968: 143]. Bien es cierto que conforme una determinada ciencia madura, puede aislarse de los problemas y necesidades sociales debido a que ya ha formado un complejo cuerpo instrumental, teórico y de problemas con los cuales sólo los especialistas en esa área pueden trabajar. Sin embargo, este aislamiento no es total, ya que las diferentes ciencias interactúan entre ellas mismas y con la sociedad que las auspicia. Como menciona Kuhn, “tanto la atracción de la ciencia como carrera y el atractivo diferente de los distintos campos son, por ejemplo, condicionados significativamente por factores externos a la ciencia. Además, como los progresos efectuados en un campo dependen a veces del desarrollo previo de otro, las diferentes velocidades de crecimiento pueden afectar toda una pauta evolutiva” [1968: 144].

⁴¹ Para autores como Popper la introducción de tópicos como los valores y creencias de una determinada comunidad científica en un estudio sobre la ciencia sería impregnarla de subjetividad y relativismo, pues estos temas se encuentran más allá de los análisis lógicos y “objetivos” de los enunciados, teorías y demás componentes epistémicos de la ciencia. En este sentido, dichos asuntos formarían parte de los llamados factores externos de la ciencia. Por ello, el hecho de que Kuhn haya revalorizado en sus estudios sobre la ciencia la participación de la comunidad científica, de sus valores y creencias en su desarrollo significó todo una revolución en la forma de entender y concebir a esta actividad, pues demostró que estos factores no sólo intervienen en el desarrollo y avance de la ciencia, sino que sin ellos ésta simple y sencillamente no podría existir. Sin embargo, se debe señalar que este filósofo restringe, al menos en su enfoque presentado en *ERC*, la participación de los sujetos, de sus creencias, valores, etc., a los meramente científicos, pues los elementos políticos, económicos y sociales, entre otros, los deja fuera de la actividad científica. En este tenor, se podría decir que estos elementos son vistos por Kuhn como ‘externos’ a la ciencia, ya que ésta, al menos desde la perspectiva de este autor, no los necesita para trabajar.

En efecto, una de las grandes enseñanzas de la segunda gran guerra es que la ciencia y los científicos que la hacen pueden ser considerados como medios para la satisfacción de fines que van más allá de los bienes epistémicos. La creación de la bomba atómica, la cual no pudo ser fabricada sin la participación de los físicos, es la mejor demostración de ello. Como menciona De Ojeda, este artefacto de destrucción masiva tiene la cualidad, más allá de ser un arma de uso militar, de ser un medio de persuasión política “pues no sirve más que para impedir que el contrario la use” [2000: 48].⁴² Lo que debe quedar claro es que la ciencia, al menos la ciencia desarrollada durante y después de la Segunda Guerra Mundial, puede ser usada para la obtención de fines y la satisfacción de necesidades que van más allá de las científicas.

Esta situación se puede entender si se toma en cuenta que las empresas militares, sociales, políticas e incluso ideológicas en las que ha participado activamente la ciencia han sido, en muchos casos, exitosas. Por ejemplo, las ‘Bombas A’ detonadas en territorio japonés demostraron su efectividad al literalmente arrasarse con sus objetivos. *Pace* Kuhn, en ocasiones la ciencia no sólo recurre a los Jefes de Estado o a la ciudadanía en las cuestiones que le atañen, sino que también se subordina a sus requerimientos. La ciencia se ha convertido en un instrumento tan importante para el bienestar social, económico, político, etc., de un Estado que incluso se han desarrollado programas para su desarrollo y sustento.⁴³

Como apunta Echeverría, la nueva manera de ver y hacer ciencia –y por qué no, de valorarla– se inicia en la Segunda Guerra Mundial, en específico “en los EEUU de América y en el ámbito de la física-matemática militarizada” [2003: 26]. Evidentemente, menciona Echeverría, esto no implica que antes de la segunda gran guerra no se puedan encontrar indicios de lo que se denomina *Macrociencia*. Con todo, es en esta época y contexto en la

⁴² Se debe señalar que esta afirmación De Ojeda resulta especialmente problemática, pues las armas nucleares no sólo han sido un instrumento de persuasión política, sino que de hecho se han utilizado en el combate: piénsese en las bombas atómicas lanzadas sobre las regiones de Hiroshima y Nagasaki. Además, los gobiernos que desarrollan este tipo de armas no sólo lo hacen para disuadir a sus adversarios de emprender un primer ataque, sino que también piensan en usarlas en los posibles conflictos bélicos en los que pudieran verse involucrados. De ahí que se hagan pruebas nucleares en lugares deshabitados, se calcule con tanto esmero el daño potencial, etc., ya que tales gobiernos piensan en la posibilidad de usar este tipo de armas contra sus enemigos en un determinado momento.

⁴³ Conviene resaltar desde ahora, aunque este punto será tratado con más detenimiento en el siguiente apartado del presente capítulo, que el hecho de que la ciencia haya devenido en un nuevo instrumento necesario para conseguir el bienestar social, político y económico de una nación se inscribe en lo que se ha denominado como el “contrato social de la ciencia”.

que la ciencia recibe gran atención debido a sus potenciales beneficios, tal como ganar una guerra y demostrar la superioridad militar de una nación. Una vez demostrada la utilidad de la ciencia eficazmente y en un terreno de gran importancia, el paso siguiente es el de propiciar las condiciones adecuadas para su desarrollo y fortalecimiento. A este respecto, conviene recordar el informe de Vannevar Bush intitolado *Science: The Endless Frontier* dirigido al presidente Roosevelt, el cual posibilitó “la instauración de un nuevo sistema de ciencia y tecnología en los EEUU tras la Segunda Guerra Mundial” [Echeverría, 2003: 26]. Ahora bien, que haya posibilitado y encaminado ‘la instauración de un nuevo sistema’ científico-tecnológico no implica que dicho informe fuera aceptado totalmente por el gobierno norteamericano; sin embargo, el trabajo de Bush sentó las bases, al menos en sus líneas generales, de tal sistema.

Si el informe Bush fue tan importante para la implementación de un nuevo sistema científico-tecnológico de los Estados Unidos, sistema que a la larga no sólo repercutiría en esta nación, sino en el resto del mundo, hay que preguntarse sobre el contenido de sus principales postulados así como por las demandas para las que busca una solución. En primer lugar, se debe tener en cuenta que este informe responde a cuatro interrogantes planteadas por el presidente Roosevelt a V. Bush, a saber:

1. La forma en la que, acorde con la seguridad militar de los EEUU, se puedan dar a conocer al mundo lo más pronto posible las contribuciones que se hicieron en el campo del conocimiento científico durante el esfuerzo bélico.
2. Respecto a la guerra contra la enfermedad, ¿Cómo es que el gobierno puede actuar para que en el futuro se prosiga con los trabajos en medicina y ciencias afines desarrolladas en la Segunda Guerra Mundial?
3. ¿Cómo es que el gobierno puede apoyar en la actualidad y en el futuro las actividades de investigación llevadas a cabo por organizaciones públicas y privadas?
4. ¿Es posible crear un programa eficaz para el descubrimiento y el desarrollo del talento científico de la juventud norteamericana, de tal modo que pueda asegurar la investigación científica futura en los EEUU en un nivel similar al alcanzado durante la guerra? [Bush, 1999: 9-10]

Como se ve, las preguntas hechas por el presidente Roosevelt apuntan a descubrir la mejor manera de utilizar la ciencia para asuntos concernientes a la seguridad nacional, a la salud pública, a la obtención de puestos de trabajos de calidad y, en general, para elevar el nivel de vida y cultural de una nación, en este caso de los Estados Unidos. En el fondo de estas cuestiones, subyace una visión de la ciencia en la que ésta es valiosa no por sus propios fines, sino por ser un excelente medio para la obtención de beneficios en otros ámbitos, como los sanitarios o los económicos. En este tenor, conviene tener en cuenta que el informe Bush se sitúa en un contexto en el que la ciencia es valorada por su capacidad instrumental. La ciencia, se podría decir, es la condición de posibilidad para el desarrollo y progreso de una nación. Como menciona Olivé [2008: 15]:

La ciencia y la tecnología son indispensables para lograr las condiciones materiales, ambientales, sociales y culturales necesarias para garantizar el bienestar, una vida digna y una organización justa para las presentes y futuras generaciones de todos los sectores de nuestras sociedades plurales.

Por ello, no debe sorprender que Bush, desde el inicio de su informe apunte que “el progreso científico es esencial”. En efecto, en concordancia con la preguntas hechas por el presidente Roosevelt, este físico-burócrata plantea la necesidad del flujo de nuevos conocimientos científicos para el progreso en todos los ámbitos mencionados. Ahora bien, hay que preguntar cómo obtener tal progreso. Una primera vía de respuesta estriba en que “la ciencia sólo puede ser eficaz como un equipo, ya sea en las condiciones de la paz o la guerra” [Bush, 1999: 14]. En consecuencia, *el científico individual* queda descartado como el principal agente promotor del desarrollo científico. Para que la ciencia progrese es necesario que ésta se encuentre conformada por un equipo de agentes diversos, cada uno de los cuales deberá aportar apoyo a la empresa científica desde sus respectivas áreas de trabajo, ya sean gubernamentales, económicas, sociales, tecnológicas, etc.

A este respecto, hay que destacar desde ahora que, al menos desde la Macrociencia,⁴⁴ uno de sus principales agentes impulsores, además de las mismas comunidades científicas,

⁴⁴ Aunque este será un asunto que se tratará con más detenimiento en las siguientes páginas de este trabajo, se apuntará brevemente lo que es la Macrociencia desde el pensamiento de Echeverría. La macrociencia es la “primera modalidad histórica de la tecnociencia” [Echeverría, 2003: 29] surgida durante la época de la Segunda Guerra Mundial, y que se produjo en los Estados Unidos de América. Una de sus características principales es su fuerte apoyo y financiación gubernamental. Ahora bien, a esta nueva modalidad de práctica científica se le nombra así debido a que “no sólo modifica a la ciencia: también modifica a la actividad tecnológica, industrial y militar, gracias al desarrollo de un sistema nacional de ciencia y tecnología que

es el gobierno. La necesidad de la participación del gobierno como un agente impulsor de la ciencia es notoria desde que Bush otorga a éste la responsabilidad del avance científico. Por ejemplo, a la pregunta de Roosevelt sobre cómo es que el gobierno puede participar en la guerra contra la enfermedad, la respuesta de Vannevar Bush es clara: si la investigación básica en las áreas médicas recae en las facultades de medicina y en las universidades, y si las fuentes tradicionales de su financiamiento se encuentran en decadencia –mismas que provienen fundamentalmente de donaciones y fondos privados– entonces el gobierno debe “extender su apoyo financiero a la investigación médica básica en las facultades de medicina y las universidades” [1999: 15].

De esta manera, sobre el gobierno recae la principal responsabilidad para que se continúe luchando contra la enfermedad, lucha que se inició durante la segunda gran guerra con la finalidad de evitar muerte y sufrimiento en las tropas, y que debe continuarse para el beneficio de la sociedad en general. Ahora bien, la participación del gobierno no debe limitarse exclusivamente al apoyo de la ciencia en la lucha contra la enfermedad. De hecho, las cuatro preguntas planteadas por Roosevelt tienen una respuesta similar: el Gobierno tiene que financiar y promover activamente a la actividad científica, además de tener que asegurar su permanencia en el futuro. En palabras de H. Brooks [1998: 14], la investigación básica es un capital científico al cual hay que saber explotar y promover para la consecución del bienestar general de una nación. En consecuencia, si la ciencia es vista como un capital, entonces ésta debe invertirse de una manera tal que beneficie a la mayor cantidad de sectores posibles, tal como la milicia, la medicina, el desarrollo empresarial y tecnológico, etc.

Evidentemente, en cada uno de estos sectores la forma en la que se debe utilizar la ciencia es diferente. En el específico caso de la milicia, la cual se relaciona con la seguridad nacional en tanto que de ésta depende la capacidad de defensa y reacción de una nación ante un ataque enemigo o su prevención, hay que mencionar que, al menos desde la

trasciende los límites de las comunidades científicas y genera *empresas tecnocientíficas*, superpuestas a las comunidades científicas preexistentes” [Echeverría, 2003: 29]. Por otra parte, es necesario hacer mención que la Tecnociencia propiamente dicha surge a partir de la década de los 80’s del siglo pasado, y una de sus características distintivas es su fuerte financiación por parte del sector privado. Por supuesto, no se debe perder de vista que la revolución tecnocientífica abarca tanto a la Macrociencia como a la Tecnociencia de corte empresarial.

Cabe decir, de igual manera, que los términos *Macrociencia*, *Big science* y *Gran ciencia* son utilizados por Echeverría como sinónimos, motivo por el cual este escrito los utilizará de forma indistinta.

perspectiva del informe Bush [1999: 15], para los EEUU ya no es aceptable depender de que sus aliados europeos puedan contener al enemigo en sus trincheras. La guerra contra el ejército nazi, por poner un ejemplo, demostró la incapacidad de los aliados –a la sazón, Francia e Inglaterra como los principales– para contener a las fuerzas enemigas, situación que se vio agravada por su insuficiencia científico-tecnológica para poder luchar contra las nuevas armas alemanas, como los cohetes V2 o sus submarinos. Por ello es indispensable para el gobierno –por supuesto, el gobierno norteamericano al que se refiere Bush– invertir en la ciencia básica, pues es la condición necesaria para que una nación se pueda poner a la par de sus enemigos y para que los pueda superar. La bomba atómica, sólo para mencionar el caso más conocido, no sólo demostró la capacidad de destrucción del ejército norteamericano, sino que incluso durante algunos años –hasta que la URSS pudo ponerse a la par– le dio a esta nación la supremacía militar.

Por consiguiente, la ciencia, junto con sus aplicaciones tecnológicas, se convierte en una herramienta indispensable para asegurar la seguridad de una nación. En este sentido, se debe resaltar que aquellos países que carezcan de una iniciativa gubernamental para fortalecer a su ciencia y tecnología, quedarán rezagados enormemente en materias tan esenciales para el bienestar de una nación como la defensa, industria, medicina, etc. Y más aún porque los logros en cada una de estas ramas pueden, al menos en principio, ser transferibles a otros sectores. Al respecto, el caso de los desarrollos científicos con aplicación militar es paradigmático. En efecto, a partir de la aplicación bélica de la ciencia básica se puede acumular información que más tarde se puede aplicar a la resolución de problemas específicos [Bush, 1999: 18], problemas que pueden concernir a demandas sociales o de otro tipo, como las de la aeronáutica civil. Por ejemplo, es sabido que los radares, inicialmente fabricados para uso militar, se integraron al control civil del tráfico aéreo, lo cual evitó un gran número de accidentes con las aeronaves.

Con todo, la transferencia de los logros de la investigación básica con fines militares a otras áreas, como la civil, debe tener ciertos límites. Como diría Bush, ‘hay que levantar la tapa’, pero hay que levantarla con cuidado: existe mucha información militar que debe seguir siendo secreta por lo menos por cuestiones de seguridad nacional. Sería una gran irresponsabilidad difundir los métodos para fabricar armas nucleares, ya que éstas pueden ser utilizadas por los enemigos para destruir tanto a una determinada nación –los EEUU–

como a sus aliados. No obstante, hay otras aplicaciones militares que pueden beneficiar mucho a la sociedad debido a que a partir de ellas se pueden fabricar nuevos productos de fácil comercialización, nuevos medicamentos, telefonía celular, analgésicos, radares, algunas clases de automóviles, entre otras cosas.

Como se dijo líneas arriba, la ciencia es vista por Bush como una nueva forma de capital, mismo que, invertido sabiamente, puede ser el motor del progreso de una nación entera. De modo que no existe ningún impedimento para que los avances científicos en un determinado campo, como el militar, tengan incidencia en otros, como el civil. Finalmente, la ciencia es una herramienta que puede ser usada de distintas maneras y para diferentes fines. Por ello mismo, la generación de nuevo conocimiento científico *sirve* para generar nuevas armas de defensa y ataque, así como para contribuir a la consecución del bienestar público.

En palabras de Bush [1999: 16], gracias a la investigación científica básica es que se pueden crear más y mejores productos a un costo bajo, lo cual implica la creación de nuevas fuentes de empleo. Como se ve, la ciencia básica es susceptible de convertirse en *ciencia aplicada* para resolver los problemas que atañen a una nación, lo cual implica que también es susceptible de permitir las innovaciones tecnológicas pertinentes para el ataque a dichos problemas. En el específico rubro de la consecución del bienestar público, las innovaciones tecnológicas, productos de la ciencia, fomentan el desarrollo productivo, por ejemplo, de las industrias y las empresas. Piénsese que muchos de los productos y aparatos de uso público son el resultado de la unión entre ciencia y tecnología: navegadores GPS, computadoras, celulares, diversos aparatos médicos tal como los marcapasos, etc. En consecuencia, el desarrollo de la ciencia básica implica en el fondo la activación del mercado, lo cual conlleva la circulación del capital financiero, promoviendo así la generación de empleo, la mejora del nivel de vida de la población; en una palabra, el progreso social.

Ahora bien, si el desarrollo de la ciencia básica es tan importante para obtener la victoria en la guerra contra la enfermedad, la seguridad nacional y el progreso social, es necesario preguntar junto con el presidente Roosevelt, cómo es que se puede lograr que las investigaciones científicas públicas y privadas tengan un lugar en el futuro. La respuesta de Bush, como ya se anticipó previamente en este trabajo, consiste en decir que el gobierno se

haga cargo de la financiación que posibilite el avance científico. Sin embargo, una respuesta de este tipo es necesariamente fragmentaria porque deja de lado algunas implicaciones que conviene considerar. Mencionar que sobre el gobierno recae la mayor parte de la responsabilidad del sustento de la investigación científica básica no explicita los medios a utilizar para lograr tal propósito.

Esta cuestión cobra aún más importancia si se toma en cuenta que la actividad científica sólo puede ser eficaz para el bienestar social, y de la nación en general, como integrante de un equipo, además de que el gobierno tiene la obligación de fortalecer los centros de investigación básica, es decir, las universidades, facultades, institutos de investigación, etc. Ello es así ya que el gobierno debe encontrar tanto los medios para organizar sus recursos de tal manera que cubra el financiamiento necesario de la ciencia básica, así como la forma en la que podrá asegurar la existencia del personal científico capaz de responder a las demandas de la nación.

Como menciona Bush, el gobierno ha adquirido nuevas responsabilidades “para promover la creación de nuevos conocimientos científicos y el desarrollo del talento científico en nuestra juventud” [1999: 56]. Para asegurar el cumplimiento de estas responsabilidades “requerirá toda la atención de alguna agencia global dedicada a esta finalidad”. En pocas palabras, lo que está proponiendo Bush es la creación de un sistema nacional de ciencia y tecnología que afronte las demandas de creación de ciencia básica y su consiguiente aplicación tecnológica. Para tener éxito, esta nueva agencia debe fundarse en cinco principios básicos para que su apoyo a las instituciones u organismos científicos sea fructífero, a saber [Bush, 1999: 60]:

1. La provisión de fondos a las universidades, institutos, etc., debe ser estable con la finalidad de que exista la posibilidad de emprender programas de investigación básica a corto y largo plazo.
2. La agencia a cargo de los fondos gubernamentales para el apoyo a la investigación básica debe estar compuesta por ciudadanos seleccionados sobre la base de su interés y capacidad para promover el trabajo de la agencia.
3. La nueva agencia, aun siendo gubernamental, debe fomentar la ciencia básica mediante contratos o subsidios a organizaciones no gubernamentales (*e.g.* empresas u organizaciones privadas).

4. El apoyo a la investigación básica en las universidades, facultades o institutos, ya sean públicos o privados, debe dejar el control interno de las políticas, el personal, el método y el alcance de las investigaciones en manos de las mismas instituciones. En pocas palabras, el gobierno debe intervenir en el sustento de la actividad científica básica, pero no en el modo en la que ésta debe ser practicada: esa tarea le corresponde a las instituciones investigadores mismas.
5. En concordancia con el punto anterior, la nueva agencia gubernamental a cargo del sustento de la investigación básica debe asegurar la independencia de la investigación llevada a cabo en las instituciones receptoras de tales fondos públicos.

A las preguntas del presidente Roosevelt sobre cómo es que el gobierno puede apoyar a las actividades de investigación, tanto en el presente como en el futuro, realizadas por las organizaciones públicas y privadas, y sobre cómo es posible procurarse de un programa eficaz para descubrir y desarrollar el talento científico de la juventud norteamericana, Bush responde que el gobierno debe crear una agencia que asegure la confluencia de recursos públicos a tales organizaciones, además de permitir su *independencia* en la investigación. Este último punto, el de la independencia en la investigación, es fundamental al menos desde el informe Bush.

En efecto, para que progrese la investigación científica básica se le debe dejar desarrollar libremente. Como dice Bush, “la industria aprendió hace muchos años que por lo general la investigación básica no puede realizarse fructíferamente como un organismo adjunto o una subdivisión de una agencia o departamento corporativos” [1999: 58] o, en todo caso, gubernamentales. Tales agencias tienen casi siempre metas operativas inmediatas, por lo cual están sometidas a la constante presión de producir resultados de manera tangible, ya que su valor se prueba de esa manera. La investigación básica, por el contrario, se dedica a la exploración de lo desconocido, por lo cual es necesariamente especulativa [Bush, 1999: 58], lo cual implica que sus resultados no son inmediatos. La investigación básica requiere de tiempo para desarrollarse y los científicos necesitan de la libertad suficiente para indagar sin constricciones sobre las consecuencias de sus hipótesis, para reflexionar detenidamente en sus trabajos, etc. Por consiguiente, para atraer a la juventud a participar en los trabajos de la investigación básica es necesario tanto

propiciarles los medios necesarios para que puedan proseguir sus estudios –ya sean becas o cualquier otra clase de incentivo económico, instalaciones en buen estado, recursos para poder desarrollar sus propias investigaciones, etc.– tanto como asegurarles que tendrán la suficiente libertad para abocarse en las áreas de su interés, así como para investigar con el tiempo adecuado los temas o asuntos que prefieran.

Como se ve, a pesar de que el informe Bush proclama a la ciencia como una nueva forma de capital⁴⁵ sigue queriendo conservar su autonomía a la hora de llevar a cabo sus investigaciones. Con todo, este informe sirve de modelo para entender el profundo cambio en la práctica científica consolidado a partir de la Segunda Guerra Mundial.⁴⁶ De ahí que antes de comenzar directamente con el análisis de la revolución tecnocientífica –es decir, con la Macrociencia y la Tecnociencia propiamente dicha– se haya decidido hacer un alto para volver sobre las líneas generales de este informe.

1.1. Caracterización de la Macrociencia

Ahora es el momento de entrar propiamente a la caracterización de la tecnociencia en cuanto tal. Líneas arriba se hizo mención, de una forma bastante esquemática, que la revolución tecnocientífica abarca tanto a la Macrociencia como a la Tecnociencia propiamente dicha. Se menciona esta distinción debido a que el propio Echeverría [2005: 10] hace uso de ella:

En la revolución tecnocientífica yo distingo dos factores: la primera se produce en la época de la Segunda Guerra Mundial y, fundamentalmente, en los Estados Unidos de América [...] La segunda fase surge tras una crisis de la *Big science* militarizada de los años 1965-75, en lo que se llama ‘mayo del 68’, la revuelta en los campos universitarios californianos y europeos contra la militarización de la tecnociencia. A partir de los años ochenta, con la administración Reagan se produce una reestructuración de la *Big science*, una iniciativa que

⁴⁵ Aunque al respecto hay que decir que Bacon [1857], al menos desde su *Novum Organum*, ya designaba a la ciencia como una herramienta útil para dominar a la naturaleza, lo cual, de alguna manera, ya mostraba que los estudios científicos podían ser *instrumentos* al servicio de fines ajenos a los epistémicos.

⁴⁶ Como menciona Echeverría [2003: 25] el debate en torno a la fijación del momento concreto en el que surge la Megaciencia es vano. En efecto, la Megaciencia es un fenómeno que no puede ser atribuido al genio o suerte de una persona o grupo concretos, sino que se trata de un “cambio en la estructura de la actividad científica, que requirió de tiempo para surgir, consolidarse y desarrollarse”. En este sentido, si el informe Bush se toma como modelo de este cambio es porque a partir de él tal cambio adquiere una consolidación sin precedentes gracias a la institucionalización de un sistema nacional de ciencia y tecnología.

había estado reservada al gobierno y al sector público y que ahora en mayor cuantía involucra al sector privado.

Debido a que esta parte de la tesis es una reconstrucción del concepto de “Tecnociencia” a partir del trabajo de J. Echeverría se acepta esta separación entre la primera y segunda fase de la tecnociencia, es decir, la Macrociencia y la Tecnociencia en sentido estricto. Para proceder de una forma ordenada, y por su primacía cronológica como criterio en el orden de la exposición, se empezará con la caracterización de los rasgos distintivos de la Macrociencia.

A) Financiación gubernamental. Como recalca Echeverría [2003: 29], el Gobierno Federal de los EEUU decidió impulsar a la ciencia básica, viéndose involucrado activamente en su fomento y desarrollo. Incluso, para asegurar este apoyo, decidió crear una política científica que permitiera apoyar, de forma permanente y generosa a la investigación básica. Por supuesto, esta iniciativa no buscaba el fortalecimiento de la ciencia en pro de la ciencia misma, sino el fortalecimiento de la nación en cuanto tal, por lo cual la inversión en la actividad científica básica pasaba a ser una de las prioridades gubernamentales.

B) Imbricación entre ciencia y tecnología. Como lo menciona el mismo informe Bush, la ciencia tiene que formar parte de un equipo. Esta acertada frase se justifica si se toma en cuenta que para el desarrollo de los macroproyectos se requiere de “grandes equipamientos e inversiones, así como equipos de investigación multidisciplinarios y de gran tamaño” [Echeverría, 2003: 30]. Por consiguiente, para llevar a cabo exitosamente un macroproyecto se requiere de la colaboración –misma que no está exenta de conflictos entre sus diversos agentes– entre científicos, técnicos, ingenieros, agentes gubernamentales, financiadores, etc. A este respecto, el Proyecto Manhattan resulta ejemplar. En efecto, en la realización de las Bombas A se tuvo que contar con la participación de físicos atómicos, de químicos capaces de trabajar con plutonio, de expertos en explosivos, de expertos en computación y, por supuesto, de sus principales promotores, a la sazón, los militares. Como es bien sabido, este proyecto se guió por una finalidad primordialmente bélica, sin perjuicio de que se pudieran hacer avances en otros campos, como los epistémicos. Lo que hay que destacar

nuevamente es que los fines específicamente científicos quedan subordinados a otros, como los militares. La ciencia al formar parte de un equipo tiene que convivir forzosamente con un conjunto de intereses ajenos a ella, sirviendo muchas de las veces a finalidades con las que no necesariamente concuerda, tal como la creación de armas de destrucción masiva.

C) El contrato social de la ciencia. Ahora bien, se reconoce ya una interacción entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. Esta interacción es representada como una línea directa que va desde la ciencia básica hasta la innovación tecnológica y el bienestar social, tomando como punto intermedio a la ciencia aplicada y a los ingenieros. De esta forma, el supuesto fundamental de este modelo lineal es que el único contacto que hay entre los sistemas de ciencia y tecnología con la sociedad, o incluso con las empresas militares interesadas, se da únicamente por medio de la base de la innovación [Olivé, 2008: 39] proveniente de la ciencia aplicada y los ingenieros que trabajan en ella. La Macrociencia no es el producto exclusivo del trabajo científico en los laboratorios, sino de toda una participación estrecha, aunque no por ello libre de conflictos de valores entre sus diversos agentes, entre científicos, ingenieros, políticos, militares e incluso corporaciones industriales [Echeverría, 2003: 31]. Esta participación entre agentes es lo que constituyó el contrato social de la ciencia. La ciencia, tal como lo preconizó el informe Bush, tuvo que formar parte de un equipo más amplio, es decir, se encontró con la necesidad de socializar con agentes ‘externos’ a ella, aunque indispensables para su nueva forma de práctica.

D) Industrialización macrocientífica. Una consecuencia directa del contrato social de la ciencia fue su industrialización. Como menciona Echeverría, los laboratorios que colaboraron directamente en algún proyecto macrocientífico se convirtieron en “parte de auténticas factorías científicas” [2003: 32], tal como ocurrió con el proyecto Manhattan. Ahora bien, como en cualquier otro tipo de fábrica, en la nueva factoría científica su núcleo central se concentró en los despachos de dirección, desde los cuales se tomaban todas las decisiones principales. Los despachos directivos se tomaron la tarea de coordinar las investigaciones llevadas a cabo por distintos equipos, además de tener presentes los criterios de personas ajenas a la práctica científica, como los militares.

Con este nuevo modo de práctica científica, además de la inserción de grandes equipos de laboratorios construidos por las industrias, se rompió con el viejo modo de hacer la ciencia realizado por los científicos *individuales*, pues tales laboratorios tuvieron que ser compartidos por diversos equipos investigadores.

E) Relación milicia-macrociencia. En el presente trabajo ya se ha mencionado, a propósito del informe Bush, que varios de los proyectos macrocientíficos “tuvieron apoyo y financiación militar, sobre todo en las primeras fases de su desarrollo” [Echeverría, 2003: 33]. A este respecto hay que recordar que uno de los motivos, al menos desde el informe de Bush, para sustentar y apoyar a la ciencia básica era el de fortalecer la seguridad nacional. Evidentemente, ello implicó la subordinación de la ciencia a los fines militares, con lo cual también se introdujeron nuevos valores en la práctica científica: secreto, disciplina, lealtad, patriotismo, etc.

F) Políticas macrocientíficas. Junto con la militarización de la Macrociencia también se produjo la aparición de nuevas políticas científicas y tecnológicas, ya sea que éstas tuvieran un carácter público o privado. Como se dijo en el apartado acerca del informe Bush, sobre el gobierno cae la responsabilidad del financiamiento y desarrollo de la ciencia. Para lograr este sustento era indispensable la institución de una nueva agencia que se asegurara de proveer los recursos humanos y la infraestructura necesarios para la continuidad del trabajo científico, así como para asegurar la práctica futura de los macroproyectos científicos. En consecuencia, el surgimiento de la Macrociencia implicó la emergencia del diseño de políticas macrocientíficas que aseguraran su perpetuidad. Como menciona Echeverría, el papel principal de tales políticas “consistió en organizar el Sistema de Ciencia y Tecnología (SCyT) y para ello tuvieron que acceder a las más altas instancias del poder político y militar, manteniendo también vínculos estrechos con grandes corporaciones industriales” [2003: 34]. De esta forma, la práctica científica se impregnó de los intereses y valores de sus principales promotores como la búsqueda de la superioridad militar, educativa y económica de una nación.

G) Equipos macrocientíficos. Un punto en común de los seis apartados anteriores es que se destaca que la Macrociencia “la hicieron grandes equipos coordinados que integraban sus respectivos conocimientos y destrezas en un proyecto en común que tenía objetivos mixtos” [Echeverría, 2003: 34]. Así, uno de los rasgos fundamentales de la Macrociencia es la confluencia en su núcleo de una pluralidad de agentes. Como apunta Echeverría en uno de sus trabajos más recientes, “*la existencia de sujetos de la ciencia es un hecho objetivo*” [2009: 21], y más porque sin la participación de una pluralidad de agentes no sería posible hablar de Macrociencia. Hay que pensar, por ejemplo, que para la realización de un proyecto macrocientífico no sólo es necesaria la colaboración entre científicos, sino también de agentes financiadores que respalden económicamente tales proyectos, de ingenieros que puedan diseñar los instrumentos a utilizar en los trabajos científicos, de los directores a cargo de los macroproyectos, etc. Por ello dice Echeverría que el sujeto de la Macrociencia devino plural [2003: 34].⁴⁷ Ello implica, a su vez, la confluencia de una gran variedad de tipos de acciones involucradas en la empresa macrocientífica debido a su pluralidad de agentes. En efecto, en la Macrociencia cada uno de sus diferentes actores aporta, de acuerdo a su especialidad, las acciones pertinentes para el desarrollo de los macroproyectos. De esta manera, las agencias gubernamentales o privadas *aportan* el capital financiero, los científicos el capital epistémico, etc. Así, si las diferentes acciones hechas por los diversos agentes macrocientíficos se encuentran guiadas por distintos valores, se tiene como una consecuencia necesaria la aparición de una pluralidad de valores que rigen y guían la práctica macrocientífica.

⁴⁷En este punto la postura de Echeverría podría ser cuestionada debido a que la frase “sujeto plural de la Macrociencia” parece un contrasentido. En efecto, cuando se hace referencia al término “sujeto” parece que con ello se quiere indicar, a su vez, a un individuo determinado. Ahora bien, hay que tener en cuenta que el término “individuo” tiene la significación de “indivisible”, aquello que no se puede dividir sin dejar de ser lo que es, por lo cual decir que el sujeto de la Macrociencia es plural no resulta adecuado, debido a que es posible identificar a sus diversos actores sin perjuicio de que se pierda su especificidad como una nueva forma de hacer ciencia que involucra a una diversidad de actores. Por ello en este trabajo no se usará, como Echeverría, la frase “el sujeto plural de la macro o tecnociencia”, sino esta otra: “los sujetos o actores de la macro o tecnociencia”.

1.2. Los objetivos de la Macrociencia

Ahora bien, si la práctica macrocientífica se orienta por una gran cantidad de acciones y valores, hay que ver cuál es el objetivo, u objetivos, que pueden tener.⁴⁸ En este tema no se indagará demasiado al respecto. Baste con tener presentes algunas de las finalidades de la investigación macrocientífica. En primer lugar, hay que reiterar un asunto ya mencionado en este trabajo: los objetivos de la ciencia quedan subordinados a otros, pues dejan de ser valores en sí mismos para devenir en valores instrumentales. A este respecto, hay que decir que el informe Bush ya ha dejado este tópico bastante claro. A continuación, a partir del mencionado informe y del trabajo de Echeverría, se mencionarán algunos de los principales objetivos del trabajo macrocientífico:

1. **Objetivos militares.** En primera instancia hay que decir que la finalidad de algunos proyectos macrocientíficos tiene que ver directamente con objetivos militares: mejorar la defensiva y la ofensiva de un ejército, ganar una guerra o evitarla. A este respecto hay que recordar que el desarrollo de distintas armas –ya sean químicas, biológicas o nucleares– muchas veces tiene el propósito de advertir a los posibles enemigos que habrá una seria represalia en el caso de un primer ataque.
2. **Objetivos industriales.** En segundo lugar, se debe advertir que otros proyectos de la Macrociencia tienen la finalidad de elevar la productividad de un sector industrial. Por ejemplo, la inversión en la investigación médica puede generar las conocidas medicinas de patente, dando ganancias millonarias a las industrias que la financiaron.
3. **Objetivos ideológicos.** De igual manera, otros trabajos macrocientíficos pueden estar orientados a incrementar el prestigio de una nación. La llegada del hombre a la luna o el lanzamiento de los primeros satélites se dio en un contexto en donde el logro de tales metas significaba el triunfo no sólo de la ciencia, sino el de una nación con una determinada ideología por sobre su enemigo ideológico.

⁴⁸ Como menciona Bubner [2010: 260], una acción es una “ejecución activa que une una determinada meta con un acto dirigido hacia ella”. En donde se carezca de esta meta no hay actuar, sino, en cualquier caso, una serie de movimientos desordenados que sólo pueden producir efectos accidentalmente. En consecuencia, la finalidad es un requisito, al menos desde el pensamiento de este filósofo, para que haya praxis. Por supuesto, los fines pueden variar. Lo importante es que éstos sean senderos que guíen a las acciones con un cierto orden para que produzcan los efectos requeridos.

4. **Pluralidad de objetivos de la macrociencia.** Por último, no hay que olvidar que también la mejora de la calidad de vida de una nación, el combate contra las enfermedades o los fines epistémicos –como la búsqueda de la verdad o de una mejor explicación de la realidad– también pueden ser motores que impulsen a los trabajos macrocientíficos. Por supuesto, estos últimos muchas veces pueden quedar relegados a favor de los otros objetivos ya mencionados. Con todo, no hay que olvidar la pluralidad axiológica de la Macrociencia, misma que permite que sus proyectos puedan ser valorados desde distintas perspectivas: para un científico lo importante de una investigación será la obtención de nuevo conocimiento sobre la naturaleza, para un militar las nuevas capacidades de defensa y ataque, para un político el prestigio de su nación y así sucesivamente. La Macrociencia, en una palabra, tiene objetivos plurales, aunque en muchas ocasiones prime uno por sobre todos ellos [Echeverría, 2003: 38].

2. Caracterización de la Tecnociencia

Como se ha visto, algunas de las características distintivas de la Macrociencia son su financiación primordialmente gubernamental; el desarrollo de su actividad junto a grandes grupos conformados por diversos tipos de agentes como los científicos, técnicos, políticos, militares; la utilización de la ciencia como un medio para la satisfacción de diversas finalidades, entre otros. De igual manera, también se habló del informe Bush como un proyecto que sentó las bases para el desarrollo del trabajo macrocientífico. Ahora bien, este trabajo se ocupará de los rasgos distintivos del trabajo tecnocientífico.

Para comenzar con esta tarea hay que reconocer, junto con Cole, que el enfoque de Bush, si bien no se encuentra totalmente roto, por lo menos sí se halla fracturado. Entre otras cosas, porque el Sistema Nacional de Innovación y Desarrollo Científico necesita de algunos replanteamientos e incluso de una reconceptualización [Cole, 1998: 6]. En efecto, a partir del informe Bush hasta nuestros días muchas cosas han cambiado, por ejemplo, los agentes financieros de la actividad macrocientífica. Por otro lado, también al sistema macrocientífico le han sobrevenido algunas crisis que lo han obligado a modificar en cierta medida su práctica.

Como menciona Echeverría, la segunda fase de la tecnociencia surge a partir de la “crisis de la *Big science* militarizada de los años 1965-75, en lo que se llama Mayo del ‘68” [2005: 10].⁴⁹ Tal crisis tiene como contexto el fracaso del ejército norteamericano en Vietnam y “la amplia contestación social que se suscitó en EEUU y en Europa contra la macrociencia militarizada” [Echeverría, 2003: 11]. Evidentemente, esta crisis orilló al gobierno norteamericano a reducir su apoyo financiero a los macroproyectos, dejando que a la larga su control se centrara en las empresas privadas con la esperanza, entre otras cosas, de que la confianza del público en los grandes proyectos que involucraban a la ciencia se recuperara. Con ello, algunas finalidades de la tecnociencia cambiaron, así como algunos de sus valores rectores. A continuación se elaborará un listado, bastante sumario, de las características distintivas de la tecnociencia propiamente dicha. Como ya se ha mencionado, con la emergencia de la tecnociencia se produce, ante todo, un cambio en la estructura de la práctica científica y en su axiología.

A) Financiación privada. A partir de algunos rasgos sumarios que se han dado acerca de la tecnociencia se puede inferir que una de sus características principales, al menos desde el punto de vista presupuestario, es la financiación privada en los sistemas de Investigación y Desarrollo (I+D), “gracias a una liberalización de la ley de patentes y a una nueva política fiscal” [Echeverría, 2003: 63]. El gobierno dejó de financiar la investigación básica, al menos al ritmo en que lo hizo en la época de la Macrociencia, para dejar que las empresas privadas lo hicieran en su lugar. En consecuencia, la tecnociencia –cuya emergencia se localiza en los años ochenta en los Estados Unidos– “se caracteriza por la primacía del sector privado sobre el público” [Echeverría, 2003: 63]. Entre sus implicaciones hay que decir que la Bolsa comenzó a interesarse en la inversión en ciencia y tecnología; además varias empresas de I+D empezaron a proliferar, dándole mucha importancia a la innovación tecnológica. De esta forma, con la llegada de la tecnociencia surgieron las empresas de I+D+i –Investigación, Desarrollo e innovación.⁵⁰

⁴⁹ Hay que notar que Echeverría [2003: 11] modifica ligeramente el periodo de crisis de la *Big science*: la década 1966-1967.

⁵⁰ Una de las consecuencias relevantes de que la tecnociencia trabaje bajo la presión de la competencia del mercado es que su personal, incluyendo a los científicos y tecnólogos, debe laborar con la premura de tener que entregar resultados antes de que una empresa rival lo haga. Finalmente, si la tecnociencia es financiada

Ahora bien, dado que la tecnociencia supuso el desarrollo de empresas I+D+i, ésta adquiere uno de sus rasgos más representativos, a saber, su multinacionalidad. En efecto, las empresas tecnocientíficas poco a poco se van expandiendo en el mercado mundial, superando con mucho a los límites nacionales de los programas gubernamentales para apoyar al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, *Gennoma Lab*, una empresa farmacéutica de origen mexicano, ha expandido sus productos a centro y Sudamérica, y a los Estados Unidos. Como se ha mencionado, la tecnociencia persigue otras finalidades aparte de las epistémicas, viéndose impregnada por una gran cantidad de valores, entre los que se encuentran los más característicos del capitalismo: el enriquecimiento, rentabilidad, productibilidad, etc. [Echeverría, 2003. 65-6].

B) Interdependencia entre ciencia y tecnología. Hasta el momento este tópico no ha sido tratado de una forma completamente explícita, motivo por el cual es necesario resaltarlo. Con la llegada de la tecnociencia ocurre que la ciencia y la tecnología se vuelven interdependientes. Ya dice Echeverría a este respecto que “en el caso de la tecnociencia la interdependencia entre ciencia y tecnología es prácticamente total” [2003: 66].⁵¹ En otras palabras, se podría decir que la ciencia es el requisito para desarrollar innovaciones tecnológicas, y que la tecnología es, a su vez, la condición de posibilidad para el desarrollo del trabajo científico.

De esta forma, gracias a su componente tecnológico la tecnociencia no sólo busca conocimiento verdadero, sino también útil. Pero, de igual manera, por tener un componente científico, a la tecnociencia no le basta que sus acciones sean meramente útiles, sino que también deben ser científicamente justificadas. En consecuencia, la tecnociencia incorpora a su núcleo axiológico muchos valores técnicos –como la utilidad, la eficacia, la eficiencia,

por el sector privado ésta tiene que competir en el mercado, motivo por el cual tiene la premura de obtener innovaciones antes de que otra empresa tecnocientífica lo haga, pues esto generará pérdidas.

⁵¹En este punto conviene recordar la definición de “Tecnociencia” ofrecida por Linares [2008: 369-370] con la finalidad de ofrecer una visión medianamente alternativa sobre este asunto: La tecnociencia, según este filósofo, es una nueva modalidad social de práctica tecnológica que fusiona el conocimiento científico con la producción tecnológica en una unidad que tiene la finalidad de desarrollar y producir objetos técnicos. Lo que se le puede discutir a este filósofo es que la producción tecnocientífica no produce objetos técnicos, sino tecnocientíficos. Además, la producción de tales objetos no es su única finalidad, ya que también la tecnociencia tiene fines económicos, militares, políticos, etc. En todo caso, habría que decir que los objetos elaborados por la tecnociencia, en algunas ocasiones, son medios para la consecución de diversas finalidades.

etc.– manteniendo a los valores epistémicos como la fecundidad teórica, la concordancia empírica, la simplicidad, etc. [Echeverría, 2003: 67].

C) Multinacionalidad. En el punto uno de esta sección se destacó, aunque de forma esquemática, que la tecnociencia, al vincularse estrechamente con las empresas capitalistas adquirió un carácter multinacional. Ahora bien, tal carácter se ve reforzado por otra de sus características, a saber, que los laboratorios tecnocientíficos adquieren la forma de “laboratorios-red”. Tales laboratorios adquieren este nombre debido a que se encuentran interconectados gracias a las nuevas tecnologías de la información, tal como el internet y todas sus aplicaciones que facilitan la comunicación entre personas que se encuentran a grandes distancias, entre las que se destacan los correos electrónicos, las videoconferencias, el chat en vivo, etc.⁵²

Ahora bien, se debe mencionar que la necesidad de la existencia de los laboratorios-red en la labor tecnocientífica estriba en que sus proyectos son coordinados entre diversos equipos que se dividen las tareas que hay que realizar. A este respecto, es necesario recordar que la tecnociencia está conformada por una gran variedad de agentes, cada uno de los cuales participa en la realización de los proyectos tecnocientíficos. De esta manera, en un mismo tecnoproyecto pueden participar científicos con diferentes especialidades, ingenieros, políticos, militares, empresarios, entre otros, por lo cual se requiere de su coordinación a la hora de trabajar. En los laboratorios tecnocientíficos es indispensable que se cuenten con los medios necesarios para que, incluso a grandes distancias, no se pierda la colaboración de los diferentes agentes tecnocientíficos.

En consecuencia, un laboratorio que no se encuentre conectado a las redes de banda ancha simple y sencillamente no puede ser un laboratorio tecnocientífico. Las tecnologías de la información son la condición de posibilidad para la existencia de tales laboratorios. De ahí que la existencia de estos lugares refuerce la influencia en el núcleo axiológico de la

⁵² Por supuesto, no hay que olvidar el gran impacto que *Facebook* ha tenido en nuestra manera de comunicarnos, pues no sólo se ha convertido en una de las aplicaciones más populares a nivel mundial, sino también porque a partir de él se han creado nuevas formas en las que las personas mantienen contacto entre sí. Piénsese, por ejemplo, en los “Muros” en los que se pueden etiquetar a las personas de acuerdo a sus perfiles o comentarios, los cuales, en su mayoría, son de carácter público.

Este trabajo defenderá que una filosofía del lenguaje, en tanto que abarca al fenómeno de la comunicación, no debería perder de vista a las nuevas redes sociales, pues en ellas se desarrollan en buena medida muchos de nuestros actos comunicativos.

tecnociencia de los valores tecnológicos, ya que se busca, entre otros valores, la eficiencia y rapidez en la comunicación entre los equipos interdisciplinarios [Echeverría, 2003: 72].

D) Tecnociencia militarizada. Al tratar el informe Bush se vio que la ciencia es susceptible de ser utilizada con el propósito de satisfacer necesidades militares. Más aún, sin ella tales finalidades simple y sencillamente no podrían existir: la bomba atómica, por ejemplo, sólo fue construida gracias al conocimiento sobre física atómica de los científicos que participaron en el proyecto Manhattan.

Hoy en día, la relación entre los científicos y los proyectos militares sigue siendo vigente, incluso con más fuerza que en los tiempos de Bush. En efecto, actualmente muchas empresas se encargan de desarrollar tecnología con aplicación militar, principalmente en el ámbito de las tecnologías de la información y de la comunicación. A este respecto, conviene recordar las nuevas investigaciones en materia de biotecnología que buscan cifrar mensajes en los microorganismos, tales como las bacterias; además, no deben perderse de vista los avances hechos en robótica, en los nuevos aviones militares dirigidos a control remoto, en los nuevos sistemas de propulsión para misiles instalados tanto en tierra como en los barcos de guerra, etc.

Todas estas innovaciones muestran que el ámbito bélico se ha convertido en una fuente económica con empresas compitiendo por contratos con los ejércitos. Se podría decir que la violencia asociada a la guerra se ha convertido en toda una industria auspiciada intrínsecamente por la ciencia, la cual ya no busca únicamente el conocimiento y la *ilustración* del hombre, sino su dominio y su control [Maffesoli: 1982: 132].⁵³ Es necesario

⁵³ Maffesoli apunta que el ideal ilustrado de la libertad mediante el conocimiento en nuestros días se encuentra revertido por la utilización de la ciencia para finalidades de control y dominio tanto del hombre como la naturaleza. En este sentido, la militarización parcial de la ciencia –para usar términos de Echeverría– sería un claro ejemplo de cómo la ciencia ayuda, de alguna u otra forma, a sustentar la destrucción del hombre por el hombre y de la naturaleza. Una vez más, esta situación demuestra que la ciencia no es axiológicamente neutral, pues, a pesar del desacuerdo de algunos científicos, entre sus finalidades se encuentra el acrecentamiento militar de una nación. En conclusión, se puede decir que la tecnociencia se encuentra parcialmente impregnada de los valores militares desde el momento en que muchos de sus proyectos son para satisfacer las necesidades de seguridad nacional, defensa y ataque de un determinado país. Por consiguiente, al menos desde el punto de vista de esta tesis, la postura de Tamayo es insostenible. Como se recordará, este científico apunta que “en general, la manera como se realiza la investigación científica y tecnológica no debe estar sujeta a juicios éticos o morales, pero en cambio sí debe estar rigurosamente gobernada por criterios de calidad, esto es, no hay ciencia ‘buena’ o ciencia ‘mala’, sino más bien ciencia ‘bien hecha’ y ciencia ‘mal hecha’” [Olivé y Tamayo, 2005: 73]. En contra de lo que apunta Tamayo, hay que decir que la ciencia no sólo debe estar ‘sujeta a juicios éticos o morales’, sino que de hecho lo está. La ciencia en estos días es susceptible

reconocer que tal ha sido el grado de incidencia de la ciencia en los proyectos tecnocientíficos militares, que hoy es posible afirmar que no existe ejército que triunfe en los campos de batalla si no es con la ayuda de los científicos. Por supuesto, estas palabras no indican que toda la tecnociencia tenga implicaciones militares. En cambio, lo que se afirma es que existe una militarización parcial de la tecnociencia [Echeverría, 2003: 75], con la consiguiente impregnación parcial de los valores militares en la labor tecnocientífica. En consecuencia, hay que resaltar que una parte de la tecnociencia no sólo se dedica a la creación de nuevos artefactos de uso público, sino que también tiene entre sus fines la creación de aparatos cuya aplicación puede estar vinculada al campo bélico. En conclusión, es legítimo enunciar que al menos una parte de la tecnociencia se vincula directamente con la posibilidad del dominio y control por parte de una entidad, como una nación o una empresa, por sobre otras naciones o incluso por sobre la sociedad en general.⁵⁴

E) Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Así como hay acciones tecnocientíficas que se enfocan en el ámbito bélico, también hay acciones de esta índole que se promueven en tiempos de paz. Nuevamente el informe Bush vuelve a ser el ejemplo. Como se recordará, este informe tenía entre sus finalidades promover un sistema de ciencia y tecnología nacional. En este asunto Echeverría recuerda que la política de ciencia y tecnología tiene la función de promover, desarrollar y transformar el contexto de trabajo de los científicos y el contexto en el que los tecnólogos pueden innovar. Con este tipo de acción tecnocientífica no se pretende satisfacer una necesidad de conocimiento, sino lo que se busca es “crear las condiciones de posibilidad para la investigación, el desarrollo y la innovación” [Echeverría, 2003: 79]. Como apunta este filósofo, la existencia de la tecnociencia depende en gran medida del desarrollo de tales políticas. Su importancia radica en que permiten o limitan el tipo de trabajos tecnocientíficos –por ejemplo, norman el grado en que se puede experimentar con seres vivos o el impacto ambiental permisible

de ser un medio indispensable para la realización de ciertos fines extrínsecos a ella, lo cual implica que se deja guiar por los valores de los proyectos a los cuales ayuda. Ahora bien, estos proyectos tienen consecuencias que pueden ser juzgadas moral y éticamente. Por ejemplo, el proyecto Manhattan tuvo implicaciones que resultaron ser juzgadas bajo el epíteto de ‘lesa humanidad’, tal como la aniquilación de miles de ciudadanos japoneses inocentes.

⁵⁴ Juan Luis Cebrián [2004: 13-4] llama la atención sobre este punto: en nuestra época, en la que la ciencia ha progresado enormemente con respecto al pasado, muchos de los frutos del trabajo científico son puestos a la disposición de naciones, como los Estados Unidos, con el fin de lograr su dominio sobre otros países, tal y como sucedió con Irak.

para las nuevas tecnologías– promueven los recursos gubernamentales para el apoyo a la investigación u otorgan los permisos necesarios para que una empresa privada trabaje en un determinado ámbito como en la producción de medicamentos.

Con la emergencia de la tecnociencia, entonces, surgen las políticas científicas, sin las cuales no es posible su trabajo y desarrollo. Por ello no es sorprendente que en el ámbito tecnocientífico muchos científicos o tecnólogos, en lugar de ocuparse de sus áreas de especialidad, formen parte activa de los comités o agencias que controlan las políticas tecnocientíficas. De esta manera, los científicos y tecnólogos comenzaron a formar parte de la burocracia política. Desde un punto de vista axiológico, ello implica la inserción de los valores políticos y jurídicos en el ámbito de la tecnociencia, ya que estos determinan el marco de desarrollo de las investigaciones tecnocientíficas, así como la manera en las que éstas se llevarán a cabo y sus objetivos permisibles.

F) Pluralidad de agentes. Como se ha visto en los cinco puntos anteriormente desarrollados y en el apartado sobre el informe Bush, la tecnociencia no es desarrollada por *un* único sujeto/agente, sino que, por el contrario, está conformada por una pluralidad de sujetos o, como le gusta decir a Echeverría, el sujeto de la tecnociencia es plural. Ya dice este filósofo [Echeverría, 2010: 38] que “la ciencia moderna la han hecho las comunidades científicas. La tecnociencia contemporánea la hacen otro tipo de agentes, las empresas y agencias tecnocientíficas, en donde los científicos se limitan a ser *trabajadores del conocimiento* [...]” [Echeverría, 2010: 38].⁵⁵ Ahora bien, las empresas y agencias tecnocientíficas están conformadas por los empresarios, directivos, técnicos, abogados, científicos, publicistas, etc. La tecnociencia simple y sencillamente no puede carecer de un grupo amplio de colaboradores, pues para realizar sus proyectos requiere de equipamientos complejos que necesitan la ayuda de varios especialistas, como ingenieros y técnicos, de financiadores que los puedan costear y de los científicos que aporten los conocimientos necesarios para manipular la naturaleza a favor, por ejemplo, de los intereses empresariales.

⁵⁵ Subrayado añadido.

2.1. Ámbitos de impacto de la tecnociencia

Hasta el momento, se han destacado las características principales de la tecnociencia. Ha llegado la hora de tratar los diferentes ámbitos con los que se encuentra relacionada. La importancia de estudiar tales relaciones de la tecnociencia se debe a que complementan y ayudan a articular a esta actividad, si bien no tienen la impronta, por ejemplo, de sus agentes financieros sin los cuales la tecnociencia no podría existir –aunque ello no implica, por supuesto, que no sean relevantes e incluso indispensables para esta nueva forma de práctica científica y tecnológica.

A) Tecnociencia y medio ambiente. En primer lugar, conviene apuntar que algunas tecnociencias tienen consecuencias bastante notables y dañinas para con el medio ambiente. La energía nuclear, nuevamente, representa un caso paradigmático de esta situación: no se deben perder de vista las mutaciones y enfermedades cancerígenas que el estallido de las bombas nucleares provocó a muchas de sus víctimas. Asimismo, no hay que pasar por alto que en el caso de los accidentes nucleares, como el de Chernóbil, los territorios afectados se encuentran, literalmente hablando, inhabitables durante los próximos siglos. Como menciona Echeverría, en el caso de la tecnociencia no basta con tener en cuenta “los resultados inmediatos de la investigación en lo que se refiere a los logros científicos y las innovaciones tecnológicas”, pues también es menester considerar “las consecuencias medio-ambientales de dichas acciones, así como sus posibles riesgos” [2003: 84].⁵⁶

En efecto, con la emergencia de la tecnociencia no sólo el modo de vida de las sociedades humanas se ha visto modificado –ya sea por los nuevos avances médicos y tecnológicos, por los nuevos tipos de empresas de I+D+i, etc.– sino también el medio

⁵⁶ Como apunta Beck, “con la destrucción ambiental de los bienes ecológicos y naturales de la vida se pone en marcha una dinámica social y política de desarrollo histórico sin precedentes y que hasta ahora no ha sido comprendida, la cual nos obliga a repensar la relación entre naturaleza y sociedad” [2010: 113]. Actualmente, se ha demostrado que la invención de varios aparatos tecnocientíficos no sólo tiene repercusiones para la sociedad, sino que también las tiene para el medio ambiente. Por otra parte, hoy en día los desastres y algunos fenómenos ecológicos no sólo afectan a la naturaleza, sino que también son capaces de dañar, y de manera muy seria, el modo de vida de nuestra civilización. Por ejemplo, las explosiones solares tienen la capacidad para afectar nuestros satélites, dañando de igual forma a la telefonía celular. Esta situación lleva a Beck a la conclusión de que en nuestra época se llega al fin de la contraposición entre la naturaleza y la sociedad: lo que sucede en una esfera afecta a la otra y viceversa. Incluso se puede llegar a afirmar que nuestra sociedad, tan avanzada en los terrenos industriales y tecnocientíficos, integra a la naturaleza al resto de la civilización al depender de ella para su desarrollo. En este sentido, cabe decir que los riesgos desarrollados por la civilización son, igualmente, riesgos para la naturaleza y que los riesgos medioambientales representan una grave amenaza para la civilización.

ambiente en general al verse afectado por una gran cantidad de acciones tecnocientíficas que muchas veces lo perjudican.⁵⁷ En palabras de Hans Jonas [1995: 32], se podría decir que la naturaleza se encuentra en un estado de vulnerabilidad gracias al desenfrenado avance de la técnica moderna, la cual considera a la biósfera como un mero objeto susceptible de ser modificado y utilizado de acuerdo a sus propósitos.⁵⁸

Por ello no es sorprendente que algunos impactos de la tecnociencia sobre la biósfera tengan una clara oposición dentro de la sociedad, cuyos mejores ejemplos se pueden encontrar en los movimientos ecologistas, tales como *Greenpeace*. De esta forma, se incorporan nuevos agentes tecnocientíficos, a saber, los activistas que defienden los derechos de la naturaleza contra las consecuencias perniciosas de los avances de la tecnociencia, los cuales a su vez incluyen valores ecológicos en su quehacer. Así, la empresa tecnocientífica se ve impregnada de tales valores, aunque no directamente en su núcleo.

B) Tecnociencia y sociedad. En segundo lugar, hay que tener presentes las relaciones existentes entre la *tecnociencia y la sociedad*. Como señala Echeverría, uno de los rasgos distintivos de esta relación estriba en la “crisis de confianza de los ciudadanos con respecto a la investigación tecnocientífica y, en particular, respecto a los informes o evaluaciones de los expertos” [2003: 87]. A este respecto, apunta Innerarity [2011: 63] que uno de los rasgos más notables de nuestra sociedad, tan basada y dependiente de la ciencia y la tecnología, es su ignorancia e incertidumbre respecto de los riesgos y consecuencias de nuestras decisiones. La ciencia y la tecnología –junto con la tecnociencia– han demostrado ser herramientas susceptibles de tener fallas. Incluso, en lugar de dar seguridad, proporcionan inseguridad, flexibilidad en sus interpretaciones y no-saber. A veces, no se logran ver las dimensiones de los posibles riesgos y daños de las aplicaciones y aparatos

⁵⁷ Algunos autores, como es el caso de Paul Taylor, llegan a proponer una ética biocéntrica según la cual “tenemos obligaciones morales *prima facie* con respecto a las plantas y a los animales silvestres mismos en cuanto miembros de la comunidad biótica de la Tierra. Estamos moralmente obligados (*ceteris paribus*) a proteger o promover su bien por mor *de ellos mismos*” [2005: 10].

⁵⁸ Es necesario señalar que, debido al carácter de vulnerabilidad en el que se encuentra la naturaleza gracias a nuestro desarrollo tecnológico, Jonas hace hincapié en que una nueva ética que trate de ajustarse a nuestra realidad tecnológica debe tomar en cuenta a la biósfera ya que ésta pasa a ser parte de nuestra responsabilidad. En efecto, la biósfera es modificada por nosotros, por lo cual debemos considerar las formas en las que no la dañemos de una manera tal que lleguen a ser daños irreversibles, los cuales no sólo ocasionarían el colapso de las diversas especies animales y vegetales existentes, sino también el de nuestra especie.

que se crean gracias a estos sistemas, tal como el desarrollo de las tecnologías bélicas – recuérdese el proyecto Manhattan y el estallido de las bombas atómicas en Japón– o de artefactos que supuestamente beneficiarían a la sociedad, como el reactor de Chernóbil.

Por supuesto, no hay que olvidar que la sociedad actual se enfrenta día a día a nuevos riesgos potenciales producidos por las tecnociencias. Como apunta Linares, los riesgos no son daños producidos, sino la amenaza de la destrucción. Los riesgos implican la pérdida de seguridad y la confianza de la sociedad en la tecnociencia porque son el resultado, la mayoría de las veces, de las decisiones de los científicos, de los políticos o de los grupos de poder [Linares, 2008: 424], los cuales en pocas ocasiones toman en cuenta al público a la hora de implementar o desarrollar un nuevo proyecto tecnocientífico, el cual puede, aunque ello no esté planeado, ocasionar catástrofes sociales y naturales. En efecto, nunca se sabe a ciencia cierta cuándo es que un reactor nuclear, como sucedió con el de Chernóbil, pueda estallar dañando irremediablemente a la población cercana; asimismo, el desarrollo de algunas tecnociencias pueden ocasionar catástrofes naturales sin que ello sea su intención: por ejemplo, el uso de aerosoles contribuyó en gran medida al desgaste de la capa de ozono, promoviendo en una considerable medida el cambio climático que ahora experimentamos.

El riesgo, en consecuencia, se convierte en una situación normal en el nuevo mundo tecnológico. Ante esta situación, la sociedad se convierte en una nueva instancia de crítica de las tecnociencias.⁵⁹ Por ejemplo, durante los años 60's muchos jóvenes norteamericanos

⁵⁹ Por supuesto, habrá que ver hasta qué punto la sociedad puede ser crítica con respecto al desarrollo de las tecnociencias. Como apunta Marcuse [2010: 46], una de las características principales del mundo tecnológico actual es la creación de necesidades por parte del sistema dominante con la finalidad de mantener controlada a la población. Piénsese en la creación de nuevos *gadgets*, como los nuevos teléfonos inteligentes, que pueden tener el poder no sólo de enajenar a sus usuarios, sino también de promover la discriminación a aquellas personas que no cuenten con ellos. De esta manera, si alguien quiere estar “al día” y no ser discriminado por la carencia de los nuevos productos tecnológicos, debe conseguirlos a la mayor brevedad. Evidentemente, la importancia social de estos nuevos productos, en la mayoría de los casos, no es puesta en cuestión, lo cual asegura a las empresas de telefonía móvil tener fieles clientes potenciales, los cuales, aun cuando puedan ser críticos con respecto a otras empresas tecnocientíficas sobre todo si tienen que ver con la milicia, no pondrán en cuestión el daño ambiental producido, por ejemplo, por la pila de los teléfonos, ni a los nuevos estatus sociales que promueven. De esta forma, se puede afirmar que el hecho de que la población pueda ser crítica respecto de una determinada tecnociencia, no implica que lo sea en relación con otro tipo de empresa tecnocientífica. Finalmente, hay que tomar en cuenta que la ciudadanía no puede estar al pendiente de toda la información que se genera en torno a las innovaciones tecnocientíficas, pues ésta es abrumadora. Una posible vía de solución al problema del exceso de información, tan característico de nuestra sociedad actual, sería aprender a gestionarla. Como señala Innerarity [2011: 31], “la selectividad en la información es inevitable”, pero tal selección debe estar estructurada con sentido. En efecto, de nada sirve discriminar la información si esto nos conduce a la ignorancia de hechos que se requieren saber. Por tal motivo, hay que establecer parámetros que le den un cierto sentido a un proceso de selección de la información disponible, por ejemplo,

protestaron contra el nuevo sistema de ciencia y tecnología surgido durante la Segunda Guerra Mundial, el cual promovía la financiación gubernamental de la macrociencia militarizada. También hay que recordar las protestas sociales surgidas a partir de las propuestas de la clonación humana, la demanda social de productos de uso cotidiano –como los detergentes, pinturas, gasolinás, etc.– que generen menor impacto ambiental, etc.⁶⁰ En suma, hay que decir que la sociedad se convierte en un nuevo agente tecnocientífico capaz de incidir directamente en el rumbo de algunos proyectos tecnocientíficos, sobre todo si sus resultados son productos de comercialización pública, pues la aceptación social es un valor que las empresas tecnocientíficas deben tomar en cuenta si quieren tener éxito en el mercado.

Ahora bien, si la sociedad se convierte en un agente tecnocientífico, ello implica que la tecnociencia se vea permeada por valores sociales [Echeverría, 2003: 89]. Ahora cuestiones sociales como la paz, la libertad y la seguridad tienen incidencia en la labor tecnocientífica, si bien no son los valores últimos de la tecnociencia, sí son tomados en cuenta por ella, aunque sea en algunas ocasiones, en su toma de decisiones. Sería un error pasar por alto que la crítica social puede ser un factor determinante para frenar el avance de un determinado proyecto científico, y más si éste representa un grave riesgo para la sociedad.

C) Política internacional. Durante la guerra fría las investigaciones y resultados de la Macrociencia, en especial si eran de corte militar, pasaban a ser un secreto de Estado. Incluso podía ser considerado como un crimen de alta traición el hecho de que un científico norteamericano compartiera información macrocientífica con un científico ruso, y viceversa. De esta forma, la Macrociencia se veía involucrada en los conflictos políticos

sólo tomar aquella información que pueda advertir a la población sobre los beneficios, consecuencias, daños, riesgos, etc., de los nuevos artefactos de la tecnociencia.

⁶⁰ En este punto conviene recordar que filósofos como Linares [2008: 434] apuntan que no sólo a unos cuantos grupos le corresponde ser críticos y reflexivos para con el mundo tecnológico, sino a toda la sociedad, sobre todo porque dicho mundo representa riesgos –desastres naturales, nucleares, etc.– que conciernen a la sociedad entera y no sólo a unos cuantos sectores.

Por su parte, Olivé [2008: 105] menciona que en la evaluación de un sistema tecnológico no sólo deben participar los expertos, sino también la sociedad en general en cuanto que muchos de los resultados de tal sistema le afectarán. Finalmente, una sociedad democrática debe luchar contra la tecnocracia en la que únicamente la opinión de los expertos es la que cuenta. En este sentido, hay que decir que si los riesgos de un sistema tecnológico los comparte el público en general, éste también debe participar en los debates en torno a su evaluación y gestión, ya que participa de sus consecuencias.

internacionales, pues pasaba a tomar parte de las estrategias de seguridad de algunas naciones. Asimismo, se debe resaltar que la Macrocincia devino en moneda de cambio para lograr los objetivos estratégicos, políticos y económicos de algunos países, como los Estados Unidos y Rusia. La transferencia de tecnología a Israel permitió a los EEUU posicionar bases militares en medio oriente con la finalidad de controlar a determinadas naciones enemigas, como Irán. Como menciona Echeverría, “el poder de la ciencia y la tecnología” se muestra “como un instrumento para la diplomacia exterior” [2003: 92].

Con la emergencia de la Tecnociencia en los años 80’s la situación cambió, al menos en alguna medida. En efecto, la tecnociencia ya no sólo es un instrumento útil para la diplomacia internacional, sino que también crea ella misma políticas internacionales. Como se ha mencionado en este trabajo, uno de los rasgos principales de la empresa tecnocientífica es su financiación privada y su consiguiente internacionalización. Ahora bien, debido a estos rasgos, la tecnociencia privada crea sus políticas a aplicar según el caso de la nación en la que se sitúe. Por ejemplo, definirá los salarios de sus trabajadores en función de las naciones en las que tenga sucursales, el tipo de productos a vender, el tipo de propaganda a utilizar, etc.

De igual manera, la empresa tecnocientífica privada puede transferir “a otros países del mundo parte de los procesos de producción de nuevas tecnologías, aunque nunca la dirección y el diseño” [Echeverría, 2003: 93]. Es bien sabido que empresas como *Microsoft* tienen la tendencia a apoyar a naciones tercermundistas a equiparse tecnológicamente, disminuyendo así la brecha digital existente entre el primer y el tercer mundo. Por supuesto, esto no implica que tales empresas cedan sus patentes, pues ello implicaría una gran pérdida económica para ellas, aunque de alguna forma apoyan a las naciones que lo requieren.

D) La gestión tecnocientífica. En este trabajo ya se ha indicado, en la línea de Echeverría, que la tecnociencia no es llevada a cabo por un sujeto singular, sino por una multiplicidad de agentes, cada uno de los cuales realiza una determinada labor en un proyecto tecnocientífico. Por tal motivo, es indispensable que exista una organización de los recursos humanos y materiales disponibles, pues de lo contrario la actividad tecnocientífica caería en la dispersión, ocasionando el incumplimiento de sus proyectos. En consecuencia, se

requieren de personas responsables de tales proyectos, entre las cuales se pueden encontrar a científicos e ingenieros, los cuales deben abandonar sus respectivos campos de trabajos para convertirse en directores de las empresas tecnocientíficas.

Por supuesto, el hecho de que la tecnociencia requiera ser gestionada implica que el proceso de la producción, el control y la evaluación del conocimiento generen “una enorme burocracia, hasta el punto de que buena parte del tiempo se gasta redactando proyectos, informes y presupuestos” [Echeverría, 2003: 95] que satisfagan no sólo a los científicos e ingenieros involucrados, sino también a los directores, inversores, dueños, etc., de las empresas tecnocientíficas. Hay que recordar que si bien con la tecnociencia se busca el conocimiento y para lograr tal objetivo es indispensable la participación de los científicos, el saber es un medio para satisfacer otros fines y los científicos son trabajadores que a veces no se enteran plenamente de los objetivos de sus trabajos.

E) Tecnociencia y derecho. Como apunta Echeverría, “la actividad tecnocientífica está regulada jurídicamente en varias de sus fases” [2003: 97]. Por ejemplo, para que una empresa farmacéutica pueda empezar con la producción de nuevos medicamentos tiene que contar con los permisos de los órganos de salud de un determinado país; además, debe realizar los trámites para patentar sus productos y es susceptible de ser demandada en caso de que uno de sus medicamentos dañe a alguno de sus usuarios. En pocas palabras, para que la tecnociencia pueda realizar sus proyectos debe ajustarse a determinados lineamientos jurídicos ya sea que estos sean de carácter nacional o internacional.

Además de los controles jurídicos de la tecnociencia, ésta también se encuentra vinculada con el derecho debido a la gran cantidad de problemas legales en los que se ve imbuida. A modo de ejemplo, Echeverría menciona que uno de los problemas de corte legal de la tecnociencia es el de la propiedad del conocimiento, el cual se concreta a la hora de patentar las innovaciones. Por ejemplo, existen ciertas empresas que han tenido la oportunidad de patentar y comercializar ciertas variedades de maíz por el sólo hecho de haber modificado ligeramente una parte de su genoma, lo cual les da el “derecho” a restringir el libre acceso a ellas, pues pasan a ser consideradas como propiedad privada, orillando a los campesinos a tener que comprar las semillas a un elevado costo, a pesar de que tales plantas de maíz hubieron sido cultivadas por los mismos campesinos durante

generaciones. No hay que olvidar que la empresa tecnocientífica tiene entre una de sus principales finalidades el lucro económico, por lo cual empleará todos los medios legales necesarios para ganar la concesión de los derechos sobre un determinado producto que le pueda reportar ganancias.

F) Tecnociencia e informática. Una primera vía de conexión entre estos dos elementos se puede ver en el hecho de que la tecnociencia no trabaja con laboratorios aislados, sino que labora con laboratorios-red, lo cual requiere la conexión telemática entre los centros de investigación y desarrollo que se encargan de trabajar en un proyecto tecnocientífico. Como apunta Linares, los productos tecnocientíficos ya no son la invención genial de unos cuantos, sino “el resultado de investigaciones multidisciplinarias de equipos que trabajan en varias partes del mundo de manera coordinada” [2008: 375], para lo cual requieren de laboratorios equipados con conexiones a internet y con los aparatos necesarios para poder recibir y comunicar la información, tales como equipos de cómputo actualizados.

Ahora bien, además de la necesidad de los laboratorios tecnocientíficos y de contar con los equipos adecuados para poder comunicarse a escala mundial, la tecnociencia y la informática se relacionan desde el momento en el que varios de los proyectos tecnocientíficos requieren de la representación computacional de varios tipos de acciones [Echeverría, 2003: 100]. Piénsese, por ejemplo, en las simulaciones computacionales de las trayectorias de los misiles nucleares, en las representaciones del alcance de sus explosiones, los cálculos del número de víctimas provocadas, etc. Sin la ayuda de la informática tales representaciones no se podrían llevar a cabo en un escenario “real”, pues, dejando a un lado los costos de los materiales, sus efectos sobre el medio ambiente o las poblaciones serían inadmisibles, y más si se trata de meras pruebas.

La informática se convierte en una herramienta indispensable para la tecnociencia, pues no sólo le permite economizar recursos económicos y tiempo, sino porque también le permite llevar a cabo acciones que no podría realizar con algún otro instrumento. A este respecto, hay que apuntar que Echeverría enfatiza la importancia de la informática en la actividad tecnocientífica al decir que la primera “amplía enormemente el campo de las *acciones posibles* [...]. Modificando los parámetros y la programación, es posible simular muchas más acciones y procesos que con los modelos matemáticos” [2003: 102]. La

informática ofrece nuevas posibilidades de experimentación y de predicción sin la necesidad de trabajar empíricamente. Las simulaciones informáticas permiten analizar múltiples escenarios o estados posibles de diversas máquinas u objetos, dando la posibilidad de evaluar los diversos resultados antes de su puesta en escena en el mundo material.

En conclusión, se puede decir que si las matemáticas fueron el lenguaje en el que se escribió la ciencia moderna, la informática es el lenguaje en el que está escrita la tecnociencia contemporánea. En efecto, la informática da paso a nuevas representaciones del conocimiento mediante su digitalización, además de permitir diversos modos de su evaluación.

G) Sociedad de la información y del conocimiento. Para empezar, se requiere señalar que una sociedad de la información es aquella “donde la mayor parte de las relaciones e interacciones humanas se producen a distancia y en red, gracias a las TIC⁶¹ [Echeverría, 2009 (2): 27]. Ahora bien, si esto es así, se puede afirmar legítimamente que la tecnociencia encuentra relación con la sociedad de la información desde el momento en el que gran parte de su trabajo se encuentra íntimamente ligado con las tecnologías de la información y de la comunicación. Como se ha apuntado en este capítulo, una de las características más importantes de la tecnociencia es su relación con la informática. Para trabajar, los proyectos tecnocientíficos requieren contar con laboratorios-red, es decir, con laboratorios que se encuentren conectados entre sí mediante la red de internet. Además, no hay que perder de vista que los proyectos de la tecnociencia necesitan de la informática para poder desarrollarse, pues es mediante las tecnologías de la computación que tales proyectos pueden simularse antes de su puesta en escena en la realidad, se puede hacer un cálculo de sus consecuencias mediatas e inmediatas, se tiene la posibilidad de efectuar una simulación del funcionamiento de un determinado aparato científico-tecnológico en diversos escenarios, etc. En consecuencia, la tecnociencia no sólo necesita de las TIC para poder trabajar adecuadamente, sino que sin ellas no tendría la posibilidad de llevar a cabo sus proyectos.

⁶¹ TIC: Tecnologías de la información y de la comunicación.

Ahora bien, una vez que se ha visto que la tecnociencia está relacionada con la sociedad de la información hay que ver de qué forma se encuentra vinculada con la sociedad del conocimiento. En primer lugar, debe hacerse patente que la noción de “sociedad del conocimiento” ha quedado vinculada con el “nuevo *estatus* económico del conocimiento validado y contrastado, y en particular del conocimiento científico” [Echeverría, 2003: 105]. Como ya ha quedado claro en este capítulo, el conocimiento, y en especial aquel que proviene de la ciencia, ha pasado a ser una nueva fuente de riqueza y de poder. En este sentido, se explica que las empresas tecnocientíficas cultiven la ciencia y la tecnología, pues ellas son las condiciones de posibilidad de la realización de nuevos proyectos con una gran potencial mercantil.

Sin embargo, debe advertirse que la “sociedad del conocimiento” no debe ser reducida a la influencia del conocimiento en la economía [Suárez, 2009: 14]. Ante todo, también debe pensarse “en los mecanismos que permitan una distribución más justa y equitativa” del conocimiento [Suárez, 2009: 15]. Como menciona Linares, [2009: 179], la expansión de las tecnologías de la información (TIC) y de una economía basada en el flujo del saber da la apariencia de que se avanza hacia una ‘sociedad mundial del conocimiento’. No obstante, a pesar de esa apariencia, la realidad muestra una tendencia contraria, según la cual el conocimiento se convierte en un mecanismo de exclusión y de dominio. No debe perderse de vista que la creciente “privatización del conocimiento genera exclusión y por lo tanto injusticia” [Olivé, 2009: 89], ya que priva a la mayoría de la ciudadanía –con excepción del sector privado y del gobierno– de los beneficios del conocimiento, además de que esta exclusión entra en conflicto directo con una democracia participativa.

De esta forma, generar las condiciones necesarias para crear una sociedad del conocimiento democrática y plural se convierte en una tarea de suma importancia. A este respecto, es necesario resaltar las propuestas de algunos autores para lograr una distribución más justa y equitativa del conocimiento. En el caso de Echeverría, hay que recordar su propuesta de las “Repúblicas del conocimiento”, según la cual es menester “la instauración de principios republicanos en las sociedades de la información y del conocimiento” [2009 (2): 30]. Según los principios de esta clase de repúblicas, es necesario disminuir la brecha digital existente entre los países del primer y tercer mundo y entre las regiones norte y sur. De igual forma, la creación de una República del conocimiento implica la introducción de

principios republicanos en la actividad tecnocientífica, pues esta acción es la condición necesaria para su democratización.

Como apunta Echeverría [2009 (2): 51], ya existen algunas tecnociencias que avanzan en la dirección de las Repúblicas del conocimiento. Los ejemplos canónicos de este avance lo son Wikipedia y el software libre. En el caso de la Wikipedia destacan su carácter internacional, la diversidad de idiomas en la que sus artículos se encuentran escritos y la posibilidad de que sus usuarios la modifiquen, ya sea para corregir errores o para compartir nueva información. Respecto al software libre, se debe señalar que el solo hecho de compartirlo y, por ende, hacerlo accesible ha ayudado a miles de personas en sus actividades cotidianas, ya que tienen la posibilidad de descargar gratuitamente y, muchas de las veces, en sus idiomas programas que les son necesarios para desarrollar varias de sus labores, combatiendo así la privatización y el monopolio del software de las grandes compañías –como Microsoft.

En el caso de Olivé [2009: 89], resalta su propuesta de la creación de “contrapoderes” que combatan la privatización del conocimiento. El contrapoder que este filósofo resalta son las “redes sociales de innovación”, las cuales serían “redes de resolución de problemas” [Olivé, 2009: 99] capaces de incorporar nuevos conocimientos, así como producirlos, para la resolución de dificultades específicas, por ejemplo, de un determinado grupo o pueblo. Cabe señalar que tales redes están abiertas a la participación de una pluralidad de agentes, como los científicos, tecnólogos, empresarios, gestores, agricultores, miembros de las comunidades indígenas, entre otros.

Ahora bien, las condiciones relevantes que se deben satisfacer para la consolidación de estas redes sociales de innovación son que el fomento de la cultura científica y tecnológica se haga con una gran sensibilidad a la diversidad cultural, para evitar que en una determinada sociedad predomine por sobre las demás una cultura de corte científico-tecnológico o tecnocientífico. Asimismo, se debe hacer una revalorización de los saberes tradicionales, ya que estos pueden ser útiles para la resolución de problemas. Y, finalmente, se debe apuntar que una sociedad del conocimiento tendría que partir “del reconocimiento de la diversidad cultural y las diferencias entre pueblos y culturas” [Olivé, 2009, 107].

Tanto las propuestas de Echeverría como las de Olivé pueden ser vistas como esbozos para la creación de una verdadera sociedad del conocimiento basada en principios

democráticos y abierta a una pluralidad de agentes y de culturas. Sin embargo, no se debe perder de vista que la creación y consolidación de dicha sociedad tiene varios problemas de fondo. En primer lugar, hay que decir, junto con Innerarity, que la información no conduce necesariamente al conocimiento. En este sentido, es posible afirmar que aunque existan las tecnologías indispensables para transmitir la información a nivel mundial, ello no implica que aquellos que la reciban la transformarán en conocimiento. Como menciona Innerarity, “una información sólo se transforma en conocimiento cuando es convenientemente procesada, cuando se usa para hacer comparaciones, sacar consecuencias y establecer conexiones. El conocimiento puede entenderse como la información que es acompañada por experiencia, juicio, intuición y valores” [2011: 26-7]. De esta forma, para la existencia de una sociedad del conocimiento es necesario que la información sea procesada por aquellos que la reciben. Sin embargo, se requiere señalar que precisamente en este punto surge un grave problema, pues no todos los receptores de la información tienen las posibilidades de llevar a cabo dicho proceso, ya que podrían carecer de las herramientas necesarias –como una buena educación, el tiempo suficiente o incluso el mismo interés– para realizarlo. Así, la existencia de una sociedad del conocimiento se ve impedida, o al menos se dificulta, gracias a la imposibilidad de muchas personas para transformar a la información en genuino conocimiento.

Otra dificultad en torno a la existencia de las sociedades del conocimiento es la posibilidad de su democratización [Echeverría, 2009 (2): 48]. Como se ha visto en este trabajo, la tecnociencia es desarrollada principalmente por el sector privado y por el gobierno, motivo por el cual los conocimientos que desarrolla la mayoría de las veces pasan a ser propiedad privada o secretos –recuérdese el proyecto Manhattan, cuyos conocimientos obtenidos pasaban a ser secretos de Estado. En consecuencia, la creación de una sociedad del conocimiento con principios democráticos debe superar las barreras de la privatización del conocimiento y del acaparamiento de éste por parte del Estado, situación que se plantea como difícil de conseguir, si no es que utópica. En efecto, las tendencias actuales muestran que el conocimiento desarrollado por varias empresas tecnocientíficas seguirá siendo privado, pues no es mercantilmente rentable compartir algo que genera riquezas económicas. Además, en el caso del Estado hay que decir que éste tiene la obligación de compartir con el resto de los ciudadanos la información acerca de los proyectos

tecnocientíficos que desarrolla, sus costos, sus efectos o consecuencias, etc., pues, finalmente, su financiación depende de los impuestos de la gente, además de que los riesgos, consecuencias o beneficios de tales proyectos repercutirán sobre ella. Sin embargo, se debe mencionar que varios Estados no toman en consideración a sus ciudadanos a la hora de emprender un nuevo proyecto tecnocientífico, pues, por ejemplo, ocultan a su ciudadanía las verdaderas consecuencias de su implementación, sus fines y sus costos.

En consecuencia, la existencia democrática de una sociedad del conocimiento se dificulta e incluso se vuelve imposible. Como menciona el propio Echeverría, el concepto de “sociedad del conocimiento” tiene una función normativa, utópica “que debe conducir los esfuerzos hacia estados periféricos a los que el diagnóstico presenta” [2009 (2): 21]. Pero, a pesar del optimismo de Echeverría y de los autores que comparten ideas similares, la realización de una sociedad del conocimiento regida bajo principios democráticos es (casi) imposible, ya que hay que tener en consideración que una sociedad desinformada –o mal informada–, ignorante y con pocas posibilidades de revertir esta situación es mucho más conveniente tanto para el sector privado como para los gobiernos: una sociedad de este tipo es mucho más maleable que una que tenga acceso a la información y al conocimiento y que tenga la posibilidad de construir algo con este cúmulo de saber. Pero si esto es así, entonces es más conveniente para los Estados y para el sector privado no promover o dificultar la existencia de una sociedad del conocimiento, pues esto atentaría contra sus intereses. Por tanto, las problemáticas en torno a la consolidación de una sociedad de este tipo –tales como la introducción de principios democráticos, la reducción de la brecha digital, etc.- no sólo no serán solucionadas, sino que incluso se acentuarán.

3. La axiología de la tecnociencia

A lo largo de este escrito se ha mencionado, unas veces implícita y otras explícitamente, la relación de la tecnociencia con los valores. Ha llegado el momento de tratar el tema de los valores involucrados en la tecnociencia. Como menciona Echeverría [Echeverría, 2003: 16] al principio de *La revolución tecnocientífica*, una de sus tesis de partida, en contra de la neutralidad axiológica propugnada por los positivistas, es el pluralismo axiológico de la tecnociencia. Si las acciones están guiadas por valores, y si la revolución tecnocientífica se

caracteriza por ser un cambio en la práctica científica, entonces ello implica que también sufrirá una transformación en los valores que orientan a dicha actividad.

A partir de los rasgos que caracterizan a la empresa tecnocientífica, Echeverría condensa un listado de los principales tipos de valores involucrados en tal empresa. Tal listado de los sistemas de valores involucrados en la tecnociencia es obtenido gracias a un “criterio empírico, basado en la observación de la práctica tecnocientífica” [Echeverría, 2003: 237], y no en la pura especulación teórica, por lo cual es posible identificar dicha lista en la práctica tecnocientífica real. Ahora bien, nótese que al decir que Echeverría identifica empíricamente a los sistemas de valores que actúan en la práctica tecnocientífica se está hablando de sistemas axiológicos en plural y no en singular. A este respecto, este filósofo apunta que “desde la perspectiva axiológica, la tecnociencia se caracteriza por una mixtura de valores heterogéneos, puesto que surge una alianza estable entre agentes sociales diversos, cuyas acciones son guiadas por diferentes sistemas de valores” [Echeverría, 2003: 239].

Como ya se ha dicho en este trabajo, la tecnociencia no sólo se deja llevar por la búsqueda de la verdad o de los bienes epistémicos en general, sino también por otros valores, como los económicos, políticos y militares, los cuales en muchas ocasiones no son mutuamente excluyentes. Por ejemplo, el proyecto Manhattan se encontraba orientado por valores de tipo militar –secreto, disciplina, orden, entre otros– pero también por valores de tipo político, tal como el control de otras naciones, mismo que Estados Unidos logró obtener durante un cierto periodo de tiempo gracias al desarrollo de las “bombas A”.

A continuación, se enunciarán los sistemas de valores que se encuentran presentes en la empresa tecnocientífica. Conviene tener en cuenta, siguiendo el pensamiento de Echeverría, que “los valores de la tecnociencia no son consustanciales a ella, aunque siempre haya un núcleo axiológico compuesto por valores sin cuya significación mínima las propuestas y las acciones tecnocientíficas son lisa y llanamente rechazadas, al igual que sus resultados” [2003: 242-3]. Como se ve, este filósofo no opta por hacer una descripción de la esencia de la tecnociencia, sino que toma en cuenta que los valores pueden variar de un sistema tecnocientífico a otro, aunque la tecnociencia nunca sea axiológicamente neutral o libre de valores.

A) *Valores básicos*. Por valores básicos Echeverría [Echeverría, 2003: 243] entiende “aquellos que son comunes a los seres humanos, aunque en algunos casos pueda rastrearse el origen de dichos valores en el mundo animal”. Entre este tipo de valores se encuentran la vida, la supervivencia, la fuerza, la fortaleza, el gozo, la alegría, el amor, etc. Ahora bien, hay que mencionar que algunos de los valores básicos son relevantes para la tecnociencia, mientras que otros no. Por ejemplo, la vida y su preservación serán valores a considerar por muchas empresas tecnocientíficas, pues sus innovaciones tanto la pueden beneficiar así como destruir. En efecto, un proyecto farmacéutico, para poner un caso, que busque crear una nueva medicina que ayude a regular la presión arterial de una mejor manera que sus antecesoras promueve la preservación de la vida de los pacientes, sin perjuicio de que también busque un tipo de ganancia económica. Por el contrario, la creación de armas de destrucción masiva más potentes que la bomba atómica, como la bomba de hidrógeno, buscan medios más efectivos de aniquilación del enemigo, es decir, buscan la destrucción de la vida de sus adversarios, a veces sin importar que también se destruya a gente inocente.

Un ejemplo de valor irrelevante para la tecnociencia sería el amor. Parecería que a la empresa tecnocientífica no busca entre sus propósitos promover o ayudar al incremento del amor en el mundo, entre las personas o para con los animales. La tecnociencia tiene propósitos más “concretos”, como la ganancia de bienes económicos, el incremento del poder armamentístico de un país o la mejora de la calidad de vida de una población.

B) *Valores religiosos*. Entre este tipo de valores Echeverría destaca la autoridad, caridad, devoción, fe, jerarquía, salvación, obediencia, respecto a la tradición,⁶² [2003: 244; 2005: 14]. Aunque aparentemente no tengan nada o mucho que ver con la tecnociencia, tales valores pueden influir en su desarrollo. Efectivamente, en una sociedad donde el respeto a la tradición religiosa incluya la prohibición para experimentar o modificar a los seres vivos, en especial si son humanos, la biotecnología no podrá prosperar de forma adecuada. En cambio, en una sociedad sin este tipo de prejuicios tan arraigados, los experimentos de tipo biológico serán mucho más aceptados e incluso promovidos.

⁶² Como tal, Echeverría no menciona como un valor religioso a este último valor. El motivo de su inclusión estriba en que algunas religiones, como la católica, tienen como uno de sus ejes centrales el respeto a sus dogmas heredados por la tradición. En el caso del catolicismo, podemos encontrar la eucaristía, la confesión, la exclusión de las mujeres del sacerdocio, etc.

C) *Valores militares*. Entre estos valores se encuentran la obediencia, el patriotismo, la autoridad, el deber, la victoria, el secreto. Por el contrario, sus disvalores serán la traición, la derrota, las alianzas con los enemigos, la indisciplina, etc. Este tipo de valores son de suma importancia para la tecnociencia. Para poner un ejemplo, hay que recordar las primeras épocas de la Macrociencia, en especial los periodos de la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría. En estos tiempos, la milicia norteamericana y, en general, el gobierno norteamericano sometían a los trabajadores de los macroproyectos, como el Manhattan, a una disciplina (casi) militar, donde la obediencia a los superiores, la disciplina y la eficacia eran los requisitos para poder participar en tales empresas.

Por supuesto, en el fondo de los macroproyectos militares norteamericanos reposaba el patriotismo, mismo que incentivaba a sus participantes a redoblar esfuerzos para combatir la amenaza nazi y el avance del comunismo soviético. Evidentemente, dichos macroproyectos se consideraban secretos de Estado, y, en consecuencia, su divulgación a los enemigos era considerada una alta traición castigada severamente, incluso con la propia vida. En suma, los valores militares, en ciertas ocasiones, pueden llegar a subordinar a la actividad tecnocientífica a favor de sus fines, sin importar que estos tengan consecuencias perniciosas para el mundo entero.

D) *Valores morales*. Por ejemplo, la responsabilidad, la amistad, la autonomía, el bien, la generosidad, la prudencia, el respeto, entre otros [Echeverría, 2003: 244]. Puede ser que estos valores no tengan mucha presencia en la actividad tecnocientífica, sobre todo porque los económicos, políticos y militares parecen guiar a la gran mayoría de los proyectos tecnocientíficos. Sin embargo, no hay que olvidar que la tecnociencia está conformada por una pluralidad de agentes, algunos de los cuales luchan para que cuestiones como la autonomía y el respeto tengan alguna injerencia en la actividad realizada por la tecnociencia.

Por ejemplo, Bush afirmaba que para que la ciencia básica rindiera sus frutos había que respetar la autonomía de los científicos. Evidentemente, este ideal no pudo ser respetado por la tecnociencia –pues los científicos que trabajan para ésta se encuentran bajo la constante presión de entregar resultados rápida y eficazmente. Con todo, la autonomía

científica sigue siendo un valor por el que aún se lucha sobre todo si se trata de la ciencia desarrollada por las universidades o institutos.

En cuanto al respeto, no hay que pasar por alto que la tecnociencia no sólo genera conocimiento, sino que también es capaz de modificar al mundo y al medioambiente social en el que se encuentra. Algunos de sus proyectos pueden, y de hecho así ha sido, dañar a la naturaleza y a los humanos, por lo cual varios movimientos ecologistas piden a las empresas tecnocientíficas que a la hora de laborar respeten la biodiversidad existente, incluidos a los humanos que pueden resultar afectados por sus proyectos. Así, en cierta medida los valores morales tienen presencia en la tecnociencia.

E) *Valores estéticos*. Ejemplos de valores estéticos son la armonía, la belleza, la sencillez [Echeverría, 2003: 244]. Ahora bien, aunque Echeverría no menciona de forma explícita cómo es que estos valores interactúan con la empresa tecnocientífica, su incidencia en esta práctica puede notarse si se piensa que la tecnociencia, al verse involucrada con el sector empresarial, necesita hacer publicidad para poder vender sus productos al público consumidor. Como se comprenderá, la presentación de tales mercancías tiene que ser agradable a los consumidores para que llame su atención, motivo por el cual tienen que ser elegantes o, cuando menos, deben parecer “bonitas” a los ojos de los clientes. A este respecto, hay que ver que hasta un medicamento tiene una presentación agradable para sus usuarios.

F) *Valores sociales*. Entre algunos otros, hay que destacar dentro de este grupo a la igualdad, la paz, la privacidad, la seguridad, la solidaridad. Como se ha visto en este trabajo, la tecnociencia no sólo es una actividad que transforma al conocimiento, sino que también transforma al mundo, dentro del cual se incluye, por supuesto, a la naturaleza y a la sociedad. Hay que destacar que tales cambios producidos por la tecnociencia pueden ser benéficos o dañinos para sus receptores. En este punto es donde los valores sociales cobran importancia para la empresa tecnocientífica.

Para ilustrar la frase anterior sólo basta con recordar que algunas de las metas a alcanzar por el informe Bush [1999: 10] eran la seguridad social y nacional. En efecto, desde la perspectiva de este autor había que fomentar y apoyar a la investigación básica porque de

ella dependía, en gran medida, la seguridad nacional.⁶³ Pero, además, la ciencia básica podía fomentar la seguridad social al desarrollar nuevas armas para ganar la guerra contra la enfermedad, así como la creación de puestos de trabajo de mayor calidad que asegurarían el bienestar económico de la mayoría de la población norteamericana. Finalmente, la actividad macrocientífica cobra valor no sólo para los científicos y tecnólogos, sino para la sociedad en general en cuanto ella puede satisfacer sus necesidades debido a su desarrollo. Como se ve, la tecnociencia también puede estar guiada por los valores sociales, aunque ello no implica que así sea todo el tiempo.

Por otra parte, no se debe perder de vista que la tecnociencia no sólo se involucra con los valores sociales en tanto que busca satisfacerlos, sino porque muchas personas y grupos los utilizan como punto de partida para criticar varias de las consecuencias de las acciones tecnocientíficas. Como se ha visto en este trabajo, algunas de las aplicaciones de la tecnociencia representan un verdadero riesgo para la sociedad y para el mundo en general. Efectivamente, esta nueva forma de practicar la ciencia y la tecnología puede involucrar en su quehacer desastres no sólo naturales –como el debilitamiento de la capa de ozono– sino también sociales. La explosión del reactor de Chernóbil, por ejemplo, literalmente destruyó la vida de miles de seres humanos –sin contar, por supuesto, todo el daño medioambiental ocasionado– provocando una grave crisis en la Unión Soviética.

De ahí que si la tecnociencia ignora y vulnera varios de los valores relevantes para una sociedad, como la confianza, la seguridad y la paz, obtendrá una respuesta, a veces inmediata, por parte de ésta. Ahora bien, tal respuesta puede manifestarse en forma de rechazo hacia algunos de los proyectos tecnocientíficos, orillando a sus promotores a replantearlos o incluso a abandonarlos. Los valores sociales también pueden influir en el avance o estancamiento de alguna tecnociencia, por lo cual conviene considerarlos en su estudio.

G) *Valores políticos*. Entre esta clase de valores se encuentran la autonomía, la autoridad, el control, la hegemonía, el poder, el orden, entre otros [Echeverría, 2003: 244]. Para ejemplificar la injerencia de este sistema de valores en la práctica tecnocientífica hay que

⁶³ Recuérdese que la bomba atómica, los radares, las computadoras, etc., eran artefactos creados a partir de la ciencia básica y que desempeñaron un papel crucial durante la guerra.

recurrir, nuevamente, al informe Bush. Según este escrito, una de las razones para desarrollar e invertir en la ciencia básica estribaba en la necesidad de ya no depender de los aliados europeos [Bush, 1999: 15], es decir, lo que había que fomentar era la autonomía norteamericana respecto de los otros países, aunque estos fueran aliados. Si los sistemas de ciencia y tecnología se mostraban como piezas claves para la consecución de este ideal, entonces había que fomentar su desarrollo. Es más, había que considerarlos como prioridades nacionales, ya que el poder de la nación, en algún sentido, dependía de su éxito.

No sólo el poder económico, sanitario o social de los Estados Unidos dependía del desarrollo macrocientífico, sino también su hegemonía mundial. No hay que olvidar que la Guerra Fría se caracterizó, entre otras cosas, por una constante lucha de la Unión Soviética y los EEUU por contar con los mejores adelantos científicos y tecnológicos que pusieran a ambas naciones por encima de todos sus adversarios. Recuérdese a este respecto la carrera por poner en órbita a los primeros satélites y por llegar a la luna, el desarrollo de armas nucleares más potentes que las Bombas A lanzadas en territorio japonés y el desarrollo de misiles de alcance intercontinental.

Si bien es cierto que la tecnociencia puede usar los conocimientos científicos y tecnológicos como medios para satisfacer sus fines, de igual manera ella es susceptible de ser un medio para alcanzar metas como las políticas.

H) *Valores jurídicos*. Algunos de los valores de este sistema son la justicia, la legalidad, la seguridad, la universalidad, las garantías, la claridad, la autonomía. Como se dijo en las páginas precedentes, la tecnociencia se ve involucrada con el derecho, y en consecuencia con sus valores, debido a que tiene una parte empresarial. En este sentido, se ve en la necesidad de patentar sus productos para evitar plagio o seguir con los lineamientos legales de una nación para poder comerciar sus productos. Asimismo, hay que observar que muchas de las disputas tecnocientíficas no se resuelven, como en el caso de la ciencia, dentro de las mismas comunidades científicas, sino en los tribunales. Por ejemplo, las demandas en torno a la patente de un producto o los problemas legales que una empresa tecnocientífica tiene por dañar a terceros se dirimen en la corte, no en las oficinas o laboratorios de tal empresa.

I) *Valores económicos*. Ejemplos de estos valores son el beneficio, la comercialidad, la rentabilidad y la riqueza [Echeverría, 2003: 245]. Como se ha dicho en este trabajo, a partir de las reflexiones de Echeverría, el conocimiento científico no sólo forma parte de la riqueza de las naciones, sino que también puede formar parte de la riqueza de las empresas particulares. Éstas, en específico, se dejan guiar por varios valores económicos. En efecto, dado su carácter empresarial buscarán la riqueza económica mediante la venta, inversión o contratos que puedan tener a través de sus innovaciones tecnocientíficas. En este sentido, el conocimiento deja de ser un bien en sí mismo para devenir en un medio al servicio de valores económico-empresariales como el enriquecimiento material.

J) *Valores ecológicos*. Entre sus valores se encuentran la biodiversidad, la conservación, el equilibrio y la limpieza [Echeverría, 2003: 245]. Aunque este sistema de valores pueda ser catalogado como secundario para la actividad tecnocientífica, no hay que olvidar que tiene relación con tal actividad desde que ésta tiene el poder para modificar al medioambiente y a los seres que habitan en él, incluido al humano.⁶⁴ Los valores ecológicos salen a relucir principalmente como puntos de partida para elaborar críticas, sugerencias o advertencias para algunos de los proyectos tecnocientíficos que pueden llegar a tener alguna clase de impacto ambiental, principalmente si éste es negativo. De esta forma, ante la irresponsabilidad medioambiental de algunas empresas tecnocientíficas, como aquellas que usan componentes (como partículas de CO₂ o elementos radioactivos) dañinos para el ambiente de forma indiscriminada, varios grupos ecologistas exigen que se respete el equilibrio natural existente, la biodiversidad o la conservación de las especies y sus hábitats naturales. Los valores ecológicos pueden tener injerencia en la tecnociencia, sobre todo si ésta los pasa por alto para desarrollar sus actividades.

K) *Valores técnicos* Dentro de esta gama de valores, se destacan la eficiencia, la funcionalidad, la innovación, la rapidez, etc. Por supuesto, este sistema de valores es muy importante para la empresa tecnocientífica; no hay que pasar por alto que una de las

⁶⁴ A este respecto, Jonas [1995: 49] apunta que la necesidad de una nueva ética estriba, entre otros factores, precisamente en que el humano moderno ha logrado convertirse en objeto de la técnica –situación nunca antes vista en otras épocas– consiguiendo su propia modificación. Piénsese, por ejemplo, en los intentos de varios científicos por lograr la prolongación de la vida humana, el control de la conducta o la manipulación genética del hombre.

cualidades que debe tener un proyecto tecnocientífico para ser puesto en marcha es que tenga una gran capacidad de innovación, pues un proyecto que trabaje sobre cosas que, de hecho, ya se encuentran en el mercado no resultaría ser productivo ya que no generaría mucha atención del público consumidor.

Ahora bien, también hay que resaltar que cuestiones como la rapidez y la funcionalidad son altamente valoradas por la tecnociencia. Si ésta se caracteriza por tener una parte empresarial, no es de sorprender que la mayoría de sus proyectos trabajen bajo presión de tiempo, ya que en ellos se invierte dinero, capital humano y equipos de laboratorio, inversión que es preciso recuperar en la menor cantidad de tiempo posible para que la empresa tecnocientífica no vaya a la quiebra. De igual manera, la funcionalidad es importante para esta actividad ya que, debido a que sus proyectos van dirigidos al público, gobierno y/o empresas, estos deben dar resultados que sean “funcionales” para sus usuarios. Por ejemplo, lo que busca un ejército es un arma que destruya a los enemigos, es decir, lo que requiere es que se desarrolle un arma que sea funcional y efectiva a la hora de entrar en combate, como lo fue el caso de las bombas atómicas.

L) *Valores epistémicos*. Ejemplos de estos valores son la adecuación empírica, la claridad, la coherencia, la simplicidad, la fecundidad, entre otros [Echeverría, 2003: 245]. La tecnociencia, al involucrar en su actividad a la ciencia, involucra asimismo a estos valores. Aunque los proyectos tecno o macrocientíficos también tienen que ver con cuestiones técnicas, políticas o económicas, conllevan en su seno a la ciencia como uno de sus componentes fundamentales. El proyecto Hubble, por ejemplo, además de involucrar directamente a la astronomía, conlleva conocimientos sobre reflexión y difracción de los espejos y de comunicación del espacio exterior a la tierra, motivo por el cual debió considerar a los valores epistémicos a la hora de emprender su realización. En efecto, para que el proyecto fuera aprobado por la NASA –lo cual implicaba su consiguiente financiación– tuvo que demostrar, entre otras cosas, que el nivel de fidelidad de sus imágenes era superior a la de los telescopios situados en la tierra, es decir, tuvo que probar que sus imágenes tenían una adecuación superior a la de cualquier otro telescopio.

Los valores epistémicos influyen en la actividad tecnocientífica, al menos en cuanto que la ciencia sirve de plataforma para llevar a cabo sus proyectos. Hay que tener en cuenta,

una vez más, que si bien estos valores influyen en la tecnociencia, en la mayoría de los casos no son la finalidad de ésta. Como apunta Echeverría en varias ocasiones, la tecnociencia cultiva a la ciencia como un medio, no como un fin.

III. Contraposición entre las nociones de “Ciencia” y “Tecnociencia”

Hasta el momento, la presente tesis ha reconstruido, tanto en su capítulo primero como en el segundo, el modelo kuhniano del cambio científico y el concepto de ‘tecnociencia’ a partir del discurso de Javier Echeverría. Esta labor se hizo debido a que este trabajo es comparativo, pues pretende mostrar que el esquema de Kuhn sobre el cambio científico es insuficiente para explicar y describir el desarrollo actual de la tecnociencia. De modo que los capítulos anteriores servirán como las herramientas conceptuales necesarias para permitir esta contrastación.

Sin embargo, se debe advertir que dicha contrastación tiene que limitarse a unos cuantos aspectos, pues debido a cuestiones de tiempo, espacio, simplicidad y claridad no es posible hacer una contraposición íntegra siquiera de las fuentes principales que el presente trabajo toma en consideración, a saber, *ERC* y la *Revolución tecnocientífica*. Por tal razón, este capítulo se acotará a los siguientes tópicos:

1. Los efectos de la ciencia y de la tecnociencia en el mundo y en la sociedad.
2. El monismo axiológico de la comunidad científica versus la pluralidad axiológica de la tecnociencia.
3. La comunidad científica frente al sujeto plural de la actividad tecnocientífica.
4. La revolución científica y la revolución tecnocientífica.

Al juicio del presente trabajo, estos cinco puntos pueden reflejar, aunque de forma esquemática, los motivos por los cuales el trabajo de Kuhn en torno al cambio científico ya no es suficiente para explicar a la tecnociencia actual. Sin embargo, debe quedar claro que esto no implica que existan otras razones para demostrar dicha insuficiencia. Con todo, los cuatro puntos que ofrece este capítulo pueden ser un buen modelo para reflexionar en torno a la necesidad de nuevas guías filosóficas a la hora de tratar de entender a la tecnociencia.

Una última aclaración: para elaborar la contrastación entre los pensamientos de Kuhn y Echeverría este capítulo se centrará, primordialmente, en *ERC* de Kuhn y en la *Revolución tecnocientífica* de Echeverría. Por supuesto, también se tomarán en consideración otras obras tanto de los mismos autores como de otros que puedan servir a la articulación de este trabajo. No obstante, el núcleo del presente capítulo se encontrará en las obras ya mencionadas de Kuhn y Echeverría, sobre todo porque en éstas se han basado los dos

capítulos precedentes, motivo por el cual son la base de la comparación que se pretende elaborar.

1. Los efectos de la ciencia y la tecnociencia en el mundo y en la sociedad

Hacia el capítulo tercero de la *Revolución tecnocientífica*, Echeverría apunta que una de las diferencias entre la caracterización kuhniana de la ciencia y la tecnociencia es que ésta última modifica “el mundo social, no sólo la naturaleza”. Lo importante, continúa este filósofo español, es la transformación del mundo que lleva a cabo, “y en particular del mundo social” [Echeverría, 2003: 150]. Como se ve, uno de los rasgos distintivos entre la ciencia y la tecnociencia, según Echeverría, es la segunda tiene una gran capacidad de transformar al mundo y a la sociedad. La presente sección abordará algunas de las principales diferencias entre los efectos que produce tanto la ciencia como la tecnociencia. Para empezar, se verá que una de tales diferencias entre la ciencia y la tecnociencia se encuentra en que la actividad tecnocientífica tiene efectos que superan en magnitud a los de la ciencia básica.

En segundo lugar, se mostrará que una nota distintiva entre las consecuencias de la tecnociencia y las de la ciencia básica es que la evaluación de los efectos de la tecnociencia es realizada por agentes que sobrepasan a la comunidad científica. En tercer lugar, se hará patente que la tecnociencia tiene la capacidad para transformar tanto a su entorno como a sus agentes. En cuarto lugar, se mencionará que las consecuencias de la tecnociencia tienen la característica de que al afectar a la sociedad afectan a la naturaleza y viceversa. En quinto lugar, será tratado el tópico de los riesgos: la tecnociencia tiene como una nota distintiva el hecho de que genera riesgos a escala mundial. Finalmente, serán abordados algunos problemas en torno a la democratización de la actividad tecnocientífica.

Desde la perspectiva de Echeverría, se podría pensar que la ciencia básica no tiene la capacidad de transformar al mundo natural y social sin la mediación de otro tipo de agentes como los gubernamentales o sociales. Sin embargo, hay que advertir que tal perspectiva es problemática, sobre todo si se piensa que existen algunos ejemplos de la ciencia básica que pueden demostrar que, al menos en algún sentido, ésta tiene la capacidad de transformar a la esfera social y natural. Para empezar, se debe recordar que el trabajo que Copérnico realizó en su *De revolutionibus* no sólo respondía a la necesidad epistémica de dar una

imagen más fiel del movimiento de los astros, sino que también se encontraba estrechamente relacionado con la necesidad de la iglesia católica de reformar al calendario juliano, el cual presentaba varios problemas a la hora de fijar una fecha precisa, tal como la celebración de las pascuas. Finalmente, el trabajo del astrónomo polaco terminó por beneficiar a la sociedad, ya que el calendario que actualmente manejamos se debe, en gran medida, a la labor de este ilustre personaje.

Por otra parte, no debe olvidarse que en el *Novum organon* de Francis Bacon se propugnaba que el hombre, con la ayuda de la ciencia, debía dominar a la naturaleza mediante el conocimiento de la misma.⁶⁵ Finalmente, ya desde la época de este filósofo, si no es que antes, se pensaba en el potencial de la ciencia como un medio de dominio del mundo natural para satisfacer las necesidades del hombre. Aunque tampoco hay que perder de vista que la ciencia no sólo es vista como un nuevo instrumento para el dominio de la naturaleza, sino también para el dominio del hombre mismo. *Las pasiones del alma* de Descartes [2004: 159] trataban de dar una guía para el control de las pasiones del hombre, para que éste pudiera conducir su vida de una forma más adecuada.

Como se ha visto con los ejemplos mostrados, la ciencia también es susceptible de producir cambios en el mundo natural y en el social. Pero si esto es así, habría que preguntarse cuáles son los rasgos que distinguen a los efectos que tienen la ciencia y la tecnociencia en tales ámbitos. Como punto de partida, habría que pensar que los efectos de la tecnociencia tanto en la naturaleza como en la sociedad tienen la particularidad de su gran magnitud. En contraposición, se debe considerar que los efectos de la ciencia básica – aun cuando produzca cambios en la sociedad y en el mundo en general– llegan a un sector bastante reducido de la sociedad.

Como ha mostrado Kuhn, los resultados de las investigaciones científicas la mayoría de las veces son ininteligibles para una comunidad que no sea la científica. En el caso de Copérnico, este filósofo expresa que el astrónomo polaco “había escrito una obra ininteligible para todo el mundo, excepción hecha de los astrónomos eruditos de su época”

⁶⁵ Ya desde las primeras páginas del *Novum Organon*, Bacon apuntaba que “la ciencia del hombre es la medida de su potencia, porque ignorar la causa es no producir el efecto. No se triunfa sobre la naturaleza sino obedeciéndola, y lo que en la especulación lleva el nombre de causa conviértese en regla en la práctica” [1857: 7]. Con estas palabras, Bacon postulaba la naturaleza no sólo debía ser conocida debido a la mera finalidad de las obtención del conocimiento por el conocimiento mismo, sino que también debía ser dominada por el hombre. Ahora bien, la mejor forma de conseguir este dominio se daba por medio del conocimiento de sus leyes.

[Kuhn, 2008: 245]. Si bien es cierto que los efectos del *De revolutionibus* abarcaron terrenos que sobrepasaron a la comunidad de astrónomos de aquella época –pues esta obra tuvo la capacidad para cambiar la imagen del universo del *populum*– estos tardaron mucho tiempo en ser reconocidos y aceptados por la sociedad en general. La reforma del calendario, por ejemplo, fue un proceso lento y gradual que poco a poco fue asimilando la gente y las instituciones.

Por el contrario, hay que decir que las consecuencias de los proyectos tecnocientíficos repercuten inmediatamente en sectores que sobrepasan al conjunto de agentes que laboran directamente en ellos. A este respecto, sólo basta con recordar que el proyecto Manhattan no tuvo repercusiones exclusivamente en el gobierno norteamericano que pudo ganar una guerra gracias a su implementación, sino que también repercutió en el pueblo japonés que padeció sus devastadores efectos: muertes instantáneas, cientos de heridos, daños en la salud a corto y largo plazo, destrucción de la infraestructura de las zonas afectadas, etc. Por supuesto, sobra decir que no todas las consecuencias de los proyectos tecnocientíficos son negativas o perjudiciales para el mundo y la sociedad. Baste con pensar que el desarrollo de nuevos medicamentos, tecnologías computacionales e informacionales han permitido la cura de miles de pacientes, la maximización de las fuerzas laborales y el compartimiento de la información a través de todo el mundo.

El punto relevante es que la tecnociencia, dependiendo de los fines con los cuales construye sus innovaciones, puede beneficiar o puede dañar. Ahora bien, estos daños o beneficios afectan, literalmente hablando, no sólo a una determinada sociedad –como la norteamericana– sino a todo el mundo civilizado e incluso al no civilizado.⁶⁶ A diferencia de las innovaciones científicas de las que hablaba Kuhn, las innovaciones de la tecnociencia, junto con sus efectos y consecuencias, no sólo afectan a una gran cantidad de agentes externos a la ciencia, sino que también son conocidas por estos.

⁶⁶ Debe recordarse que la tecnociencia puede hacer, y en efecto lo ha hecho, un uso indiscriminado de los recursos naturales. Para ilustrar esta frase, sólo hay que recordar que en Latinoamérica muchos ríos han sido desviados de sus causas naturales para crear presas que sirven para la generación de energía eléctrica, dejando a miles de personas sin abastecimiento de agua potable. De igual manera, no debe perderse de vista que las pruebas nucleares, aun cuando se hayan realizado en territorios deshabitados, no dejan de representar un grave peligro no sólo para los territorios donde fueron arrojadas y para las especies animales y vegetales que allí habitan, sino también para los seres humanos en general: es bien sabido que los vientos pueden llevar la radiación a casi cualquier parte del mundo.

Ahora bien, hay que tomar en cuenta que en el caso de la tecnociencia se puede decir legítimamente que sus proyectos, en tanto sobrepasan la esfera de una determinada comunidad de especialistas, son susceptibles de ser evaluados, cuestionados, puestos a prueba, rechazados e incluso corregidos por la sociedad y por todo aquel sector que se vea beneficiado o afectado negativamente por ella. Frente al predominio de la comunidad científica de Kuhn como la única capaz de emitir juicios en torno a los trabajos científicos, la tecnociencia se muestra como una nueva forma de hacer ciencia que puede ser juzgada por agentes diferentes a los puramente científicos.

Autores como Linares [2008: 432] han visto esta propiedad de la tecnociencia –la de que sus efectos pueden ser incluso globales– como un motivo para promover el desarrollo de una sociedad democrática, que pueda ser reflexiva y autocrítica, que tenga la capacidad para debatir los riesgos y las consecuencias del desarrollo de ciertas tecnociencias, como las nucleares, pues finalmente tales efectos le incumben en tanto le pueden afectar. Como dice Olivé:

Para apoyar la tesis acerca de la necesidad de la participación pública en los mecanismos de detección y administración del riesgo, recordemos que incluso la evaluación de algo tan aparentemente técnico como la eficiencia de un sistema tecnológico no puede depender sólo del juicio de los expertos, ya que normalmente no hay una solución única al problema de qué tan eficiente es un sistema técnico sino que el resultado de la evaluación depende de quiénes la hacen, con qué intereses y fines, y cuáles son sus valores. Por esto, en la evaluación de la eficiencia de un sistema técnico deben participar quienes serán afectados por esa tecnología [2008: 105].

Posiblemente, Kuhn tenga razón al excluir a la sociedad como un agente que deba participar en la toma de decisiones concernientes a la ciencia básica, pues carece del conocimiento necesario y suficiente para dar una opinión relevante en los asuntos científicos. Sin embargo, en el caso de la tecnociencia esta postura kuhniana ya no puede sostenerse. La tecnociencia no sólo puede generar riesgos o beneficios sociales, sino que también tiene la capacidad para modificar no sólo a una sociedad, sino también a toda la raza humana en tanto especie o al mundo “natural” del cual depende.

La tecnociencia no sólo estudia al ser humano en tanto que es un ente biológico susceptible de ser analizado por disciplinas diferentes como la biología o la medicina, sino que también es capaz de modificar su estructura natural. A este respecto, conviene recordar

que el mismo Hans Jonas [1995: 49] ha destacado que, en nuestra actualidad, el hombre se vuelve objeto de la técnica. El ser humano se ha convertido en objeto de manipulaciones genéticas que, literalmente hablando, pueden modificar su estructura ‘natural’. Hoy en día, los fetos pueden ser intervenidos con la finalidad de modificar su color de ojos, evitar enfermedades hereditarias o deformidades congénitas. De igual forma, tampoco se debe perder de vista, como recuerda Jonas, que los avances científicos en el campo de la citología⁶⁷ “apuntan la posibilidad de contrarrestar en la práctica los procesos bioquímicos de envejecimiento y de aumentar así la duración de la vida humana y, quizás, de prolongarla por un espacio de tiempo indefinido” [1995: 50].

La actividad tecnocientífica, si tiene la capacidad de hacerlo, no sólo se transforma a sí misma, sino que también transforma a su entorno y a los actores que la producen. Como menciona Linares, la tecnociencia se guía bajo el imperativo tecnológico, según el cual debe hacerse “*todo lo que sea tecnológicamente posible*” [2008: 382], aunque muchas veces no se sepan los posibles beneficios o consecuencias negativas de la producción desenfrenada de nuevas innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, lograr, mediante la citología, que el ser humano logre tener más longevidad traería como consecuencia un posible problema demográfico, pues la gente tardaría más en morir, ocasionando que la población aumente de forma que las ciudades se encuentren más pobladas, que haya escasez de alimentos, de agua, etc.

Ahora bien, como se ha dicho en este trabajo, la tecnociencia no sólo transforma al mundo social o al hombre mismo en tanto que especie, sino que también transforma a la naturaleza que lo ‘rodea’. Como apunta Jonas [1995: 32], la naturaleza, con el tremendo despunte de nuestra tecnología, entra en un inevitable estado de vulnerabilidad. La naturaleza, con el desarrollo de la tecnociencia, deja de ser un objeto de contemplación para devenir en un objeto técnico susceptible de ser manipulado a nuestra ‘voluntad’. Con el auge de la tecnociencia no sólo se explotan bosques, ríos, mares y yacimientos de plutonio, sino que también se manipulan genéticamente a los vegetales y a los animales –piénsese en Alba, la coneja fluorescente.

⁶⁷ Aunque Jonas no lo menciona en su discurso, la *citología* –también conocida como biología celular– es una rama de la biología que se encarga del estudio de las células en aspectos como su estructura, sus funciones y la importancia de su complejidad en los seres vivos.

Se podría decir que hoy en día la naturaleza ya no se encuentra en un “estado puro”, sino que en muy buena medida se encuentra mediada por las acciones tecnocientíficas. Piénsese, por ejemplo, que hasta el agua natural que consumimos tiene que pasar por un proceso de purificación, donde, entre otras cosas, le quitan el sodio que ‘naturalmente’ puede contener. Pareciera que con el avance de la tecnociencia las fronteras entre lo natural y lo artificial, entre lo dado y lo producido, cada vez se difuminan más. A este respecto, Beck menciona que “la naturaleza ya no puede ser pensada *sin* la sociedad y la sociedad ya no puede ser pensada *sin* la naturaleza” [2010: 113].

Como vemos, en el caso de la tecnociencia las dos categorías –naturaleza y sociedad, respectivamente– ya no pueden dissociarse. Con la práctica tecnocientífica la relación entre la sociedad –o una comunidad, como la científica de Khun– y la naturaleza ya no se trata sólo de acrecentar o modificar el conocimiento que tenemos de ésta última, sino también se modifica al mundo natural y a los agentes que actúan en él. Ahora bien, dado que la modificación es mutua, las consecuencias en una esfera tendrán repercusiones que afecten a la otra y viceversa. En este sentido, es legítimo decir que los impactos sociales de la tecnociencia tendrán así mismo impactos en la naturaleza y que los impactos en la naturaleza tendrán consecuencias sociales.

Por supuesto, no debe perderse de vista que tales consecuencias no son unidireccionales, es decir, no sólo son negativas o positivas. Hay que tomar en cuenta que la tecnociencia tanto puede beneficiar al mundo como puede crear las condiciones propicias para su destrucción. Por ejemplo, con los nuevos avances médicos se han creado vacunas para enfermedades que tiempo atrás mermaron visiblemente a la población, como la viruela. Aunque también hay que decir, junto con Linares, que “la crisis más significativa que ha causado el despliegue ilimitado del poder tecnológico (y su conjunción con el desarrollo económico capitalista) se localiza en el ámbito medioambiental [2008: 419]”.

Se debe tomar en cuenta que hoy en día sufrimos de una crisis ecológica mundial sin precedentes. Entre las causas de esta crisis se encuentran el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad y su modificación mediante vías tecnológicas [Linares, 2008: 420]. Por supuesto, estos daños a la naturaleza repercuten directamente en el mundo social –mejor dicho, en la sociedad global– debido a que el calentamiento global no sólo daña a los grandes icebergs y a todas las criaturas que viven

en ellos, sino también a los humanos: piénsese en el cambio climático que afecta las cosechas de miles de campesinos, las posibles inundaciones, etc. De igual manera, la pérdida de la biodiversidad es un asunto que atañe a las sociedades, ya que, finalmente, los seres humanos nos encontramos inmersos en una cadena natural en la que las diversas especies animales y vegetales dependen una de otra para su subsistencia. De esta manera, la extinción de una de estas especies terminará por afectar a larga cadena de seres vivos, entre los cuales se encuentran los seres humanos.

En consecuencia, una de las características distintivas de la tecnociencia es su gran potencial de riesgos que representa no sólo para las sociedades que las desarrollan activamente, sino para todo el mundo –incluyendo, claro está, a los animales y a la naturaleza en general. Con los antiguos análisis sobre la ciencia básica, incluyendo al trabajo de Kuhn, no se tomó en cuenta el hecho de que la ciencia pudiera representar un peligro para la sociedad y el mundo en general, pues estos análisis tienen como una característica común su focalización en los aspectos internos de la ciencia.⁶⁸

Con la emergencia de la tecnociencia se puede decir que surge un nuevo tipo de preocupación que atañe a sus posibles consecuencias nocivas sobre el mundo. En consecuencia, el desarrollo de la tecnociencia implica riesgos. Como recuerda Linares “los riesgos [...] no son daños ya producidos, sino la amenaza de destrucción” [2008:424]. El calentamiento global, por ejemplo, amenaza constantemente con el derretimiento de los polos y con inundaciones, aun cuando los glaciares no se hayan derretido por completo y aun cuando las inundaciones por estas causas todavía se hagan esperar. De igual forma, el desarrollo de nuevas y más potentes armas de destrucción masiva representan una inminente amenaza de destrucción no sólo de la raza humana, sino de toda la vida –incluyendo la vegetal– sobre la tierra, aun cuando la gran mayoría de estas armas no hayan sido detonadas sobre un blanco civil o ecológico en específico.

Ahora bien, si los riesgos no son daños que de hecho ya hayan sido producidos, sino que son una amenaza constante de destrucción, se puede decir que esta amenaza termina por

⁶⁸ Por supuesto, en este punto se podría decir que Kuhn toma en cuenta aspectos de la ciencia que la filosofía de la ciencia tradicional –los positivistas y el racionalismo crítico– consideran como ‘externos’, tal como los valores o el papel de la comunidad científica en el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, no debe pasarse por alto que, a pesar de la gran diversidad de aspectos que retoma el trabajo de Kuhn, estos se centran en la actividad científica interna, pues factores como los sociales, políticos, económicos, medioambientales, entre otros, no son tratados por este filósofo.

convertirse en la regla, no en la excepción [Beck, 2010: 36]. Se podría decir que con la tecnociencia se consolida así mismo un estado de ‘normalización del riesgo’. Vivir bajo la amenaza de la destrucción inminente es hoy en día lo “normal” y lo esperado. Por supuesto, esta situación de normalidad que acompaña al riesgo requiere una condición, a saber, la conciencia y el conocimiento de que existen riesgos. Como apunta Olivé, “aquello que calificamos como riesgo sólo existe como tal si hay seres humanos que se percaten del mismo, es decir, si hay seres humanos que tengan buenas razones para considerar como posible el suceso que, sin embargo, no pueden predecir con certeza” [2008: 102].

Esta situación ha llevado a Beck a decir que hay una dependencia respecto del saber en la toma de conciencia de los riesgos de la modernización. Como dice este pensador, “mientras que los ingresos, la educación, etc., son para el individuo bienes consumibles, experimentables, la existencia y el reparto de peligros siempre están *mediados argumentativamente*” [Beck, 2010: 39]. En consecuencia, las afirmaciones sobre los peligros y los riesgos no se reducen a ser meras afirmaciones sobre los “hechos”, ya que siempre van a contener un elemento teórico [Beck, 2010: 40].⁶⁹

Ahora bien, si la toma de conciencia de los hechos es una cuestión que depende del conocimiento teórico, entonces habrá que preguntarse qué tipo de personas pueden tener acceso a este conocimiento, y si tal conocimiento no se encuentra manipulado por sectores como el gobierno, la milicia o algunas empresas privadas que pueden ver sus intereses afectados al develarse que sus proyectos entrañan consecuencias negativas potenciales. Es necesario recordar, una vez más, que el conocimiento –su difusión, su búsqueda, etc.–, al menos el que se desarrolla en la tecnociencia, no se encuentra libre de los valores de los agentes que lo desarrollan, lo producen y lo buscan. En este sentido, puede resultar inconveniente que los riesgos que desarrollan ciertos sectores, como el militar, sean conocidos por el público, pues éste puede protestar en contra de sus proyectos precisamente por el peligro que entrañarían.

Para que la ciudadanía se informe sobre los peligros de la tecnociencia debe pasar por este tipo de obstáculos. Sin embargo, como recuerda Linares [2003], la sociedad no es en su totalidad un ente pasivo que esté dispuesto a aceptar los riesgos tecnocientíficos sin más. La

⁶⁹ A este respecto, conviene recordar que ni siquiera los ‘simples’ hechos científicos son puros en el sentido de que no están “contaminados” por algún tipo de teoría. Para que un hecho sea considerado como científicamente relevante, es necesario que éste sea reconocido como importante por una teoría científica.

sola posibilidad de que los riesgos del mundo tecnológico se materialicen en catástrofes medioambientales y sociales hace que la sociedad, siquiera por el miedo, se vuelva más reflexiva y autocrítica con las innovaciones tecnocientíficas [Linares, 2008: 432].

Frente al desdén de Kuhn de la sociedad como un agente capaz de influir activamente en el desarrollo de la ciencia, la tecnociencia se devela como una actividad que no sólo toma en consideración a los aspectos sociales en su quehacer cotidiano, sino que sus proyectos se pueden ver considerablemente influenciados por ella. La sociedad también puede encontrar sus propios medios de información y conocimiento de los peligros que entrañan ciertos proyectos e innovaciones tecnocientíficas. Hay que ver que no sólo las comunidades científicas, gubernamentales y militares pueden ser las dueñas y gestoras del conocimiento de los riesgos de los trabajos de la tecnociencia. Se debe considerar que incluso estas entidades tienen la posibilidad de equivocarse en sus pronósticos sobre las consecuencias del desarrollo de ciertas tecnologías. Durante años se pensó que el uso de aerosoles era inofensivo para el ambiente, hasta que se demostró que estos de hecho ya habían provocado un gran agujero en la capa de ozono.

Como menciona Innerarity:

A pesar de que las ciencias han contribuido a ampliar enormemente la cantidad de saber seguro [...], cuando se trata de sistemas de alta complejidad, como el clima, el comportamiento humano, la economía o el medio ambiente, cada vez es más difícil obtener explicaciones causales o previsiones exactas, ya que el saber acumulado hace visible también el universo ilimitado del no-saber [2011: 64].

Se podría decir que la tecnociencia es una actividad demasiado importante como para dejarla en las manos de los tecnocientíficos, las empresas privadas, los gobiernos, etc.⁷⁰ En efecto, sus consecuencias, riesgos y problemas no sólo afectan a un país o región

⁷⁰ Como mencionan Natenzon y Funtowicz [2003: 55], “en realidad, la ciencia es incapaz de proporcionar interpretaciones unívocas y consensuadas cuando enfrenta cuestiones complejas sobre riesgo tecnológico y ambiental”. De igual forma, la democracia representativa experimenta una crisis de confianza gracias a los nuevos desafíos que surgen de los nuevos procesos técnicos, económicos y sociales productos de la modernidad tardía, ya que se muestra incapaz de equilibrar el ideal de la democracia con la cada vez más creciente especialización de las ciencias, la tecnología y la política. En consecuencia, no debe sorprender que “los ciudadanos se sienten cada vez más insatisfechos de delegar la evaluación y la gestión de los temas de salud y seguridad a grupos restringidos de expertos o administradores” [Natenzon y Funtowicz, 2003: 56]. Por consiguiente, debido a la inquietud, descontento y toma de conciencia de los ciudadanos de los riesgos, beneficios y demás implicaciones que conllevan los avances de la ciencia, tecnología y tecnociencia se vuelve necesaria la apertura de estos tres elementos hacia una vía democrática que contrarreste la tendencia actual a escuchar únicamente el juicio de los “expertos” y no de la gente que se ve afectada por sus decisiones.

determinados, sino que repercuten en todo el mundo, dentro del cual se encuentra, por supuesto, la naturaleza y todas sus criaturas. Frente a una tecnocracia donde los científicos, tecnólogos o sus agentes financiadores –como las empresas privadas o el gobierno– tengan el control exclusivo de las innovaciones científicas o tecnocientíficas, autores como Linares [2008: 434] han propuesto que el conocimiento científico y tecnocientífico se democratice, incluyendo a la sociedad como un agente activo que participe en los procesos de los desarrollos de las innovaciones tecnocientíficas.

Por supuesto, habría que ver que la tesis de la democratización de la tecnociencia enfrenta algunas dificultades.⁷¹ Para empezar, habría que ver que no toda la sociedad puede participar dentro de una democratización de la actividad tecnocientífica, pues somos millones de seres humanos, lo cual hace que, por ejemplo, un debate que tenga que ver con la aprobación del uso de una nueva tecnología se volvería imposible de realizar. Claro está, tal dificultad se vería resuelta si se piensa que la mayoría de nuestras democracias actuales son representativas, lo cual quiere decir que hay representantes populares, como los diputados, que tienen la función de expresar la voz del pueblo ante el gobierno.⁷²

Sin embargo, es menester decir que esta forma de ver las cosas peca de ingenuidad. En efecto, es bien sabido que “nuestros representantes”, al menos en nuestro país, no son precisamente las personas más honestas que puedan existir. Bajo esta perspectiva, nadie puede asegurar que estos representantes, en lugar de defender los intereses del pueblo, defiendan los intereses de las empresas privadas o de los gobernantes. Finalmente, se debe

⁷¹ La democratización de la ciencia y de la tecnociencia puede entenderse en tres sentidos. En primer lugar, democratización hace referencia “a la alfabetización científica-tecnológica” de la ciudadanía en general. En segundo lugar, la democratización tiene el sentido de “reorientar las políticas públicas de ciencia y tecnología hacia la demanda social, hacia las sensibilidades sociales”. Y, finalmente, la democratización quiere decir abrir “las políticas en materia de ciencia y tecnología a las opiniones y participaciones de los ciudadanos” [López, 2003: 16]. Cabe decir que, según la postura de López Cerezo, el modo más legítimo y mejor de la democratización de la ciencia y la tecnología sería el tercero, pues, además de lograr que las demandas sociales en torno a la mejora de los servicios públicos y medioambientales sean escuchadas por los científicos y políticos, se lograría que la imagen negativa que tiene de la ciencia la ciudadanía cambiara. Además, gracias a este tipo de democratización científica-tecnológica la ciudadanía en general tendría una verdadera oportunidad de aprender tales tópicos, ya que su conocimiento sería la condición de posibilidad para que los ciudadanos puedan opinar en torno a ellos.

⁷² De hecho, como menciona López [2003: 17], la representatividad es una de las condiciones necesarias para fundamentar una participación pública satisfactoria en materias de ciencia y tecnología. Además de esta condición, se debe señalar que otros elementos indispensables para la obtención de una participación pública adecuada sería que esta participación tuviera un carácter activo –es decir, que no se limitara sólo a una de las fases de los proyectos de innovación científico-tecnológico– un carácter igualitario para que no exista discriminación entre los grupos de expertos y los profanos, que haya transparencia y que exista un influjo en la toma de decisiones.

pensar que muchas de las veces las empresas tecnocientíficas sólo piensan en las personas en tanto que son consumidoras a la hora de hacer una innovación que tenga un gran potencial de ventas en el mercado.⁷³

Por este tipo de dificultades, entre otras, es que los proyectos de una democratización de la tecnociencia parecen utópicos. En efecto, los problemas que hay que resolver son muchos, las voluntades de los gobiernos y de las empresas tecnocientíficas se inclinan sobre sus propios intereses y las tendencias actuales indican que muchos proyectos tecnocientíficos de alto riesgo, como el desarrollo de nuevas armas de destrucción masiva, seguirán en pie y sin que sus resultados se hagan públicos. La democratización de la tecnociencia parece ser un buen ideal, pero uno imposible de alcanzar, por lo menos a corto plazo.⁷⁴

Como se ve, los problemas que atañen a la tecnociencia, a sus innovaciones y a los agentes que se ven involucrados con ella son de corte muy distinto a aquellos que caracterizan a la ciencia básica. El caso de los efectos de la tecnociencia sobre la sociedad y el mundo natural funciona como un buen ejemplo de lo dicho: las consecuencias de las innovaciones tecnocientíficas sobre el mundo social y el natural sobrepasan, y por mucho, a los estudios que se han hecho sobre la ciencia “pura”, entre los cuales se encuentra el de

⁷³ No debe perderse de vista que la ciencia y la tecnología durante el siglo pasado y lo que va del presente se han convertido en dos factores productivos muy importantes [Arocena, 2003: 32]. De esta manera, ambos factores se encuentran inmersos en una dinámica económica y política donde la competencia por el mercado y el dominio se convierten en los valores a seguir. Así, las cuestiones de la democratización del conocimiento y de la participación ciudadana en asuntos de la ciencia y la tecnología se vuelven incómodas, ya que, si el conocimiento científico y tecnológico es usado con fines de enriquecimiento y de dominio, no es conveniente ni para las empresas ni para los gobiernos su difusión y apertura al pública en general, pues perderían su monopolio sobre él.

⁷⁴ Se debe señalar, aunque sea brevemente, que en nuestra actualidad se toma a la democracia como la forma de gobierno que toda nación en el mundo debe ejercer. Sin embargo, habría que pensar si ésta es en realidad la mejor manera de gobernar que pueda existir. Finalmente, muchas veces la voz del pueblo no lleva a los mejores resultados; además, hay que resaltar que éste puede ser manipulable a favor de los intereses de la clase gobernante o del sector privado.

Por otra parte, es necesario indicar, junto con López [2003: 18], que la democratización traducida como una mayor participación del público en general en temas de ciencia, tecnología y tecnociencia no asegura la resolución de los problemas sociales, tal como el tratamiento del riesgo, relacionados con estas materias. Como dice López, incluso tal participación puede “dar lugar a una cooptación que anule la discusión social y el escrutinio público del que son objeto habitualmente las políticas gubernamentales al efecto”. Con esto no se quiere afirmar que la democratización de la ciencia, la tecnología y la tecnociencia no tengan ninguna ventaja en absoluto, pues dicha democratización, entre otras cosas, podría hacer que la resolución de los riesgos generados por los nuevos artefactos tecnocientíficos se volviera un asunto viable y con la aprobación de la sociedad en general al abrir un diálogo en el que múltiples opiniones tuvieran la oportunidad de ser escuchadas. Lo que se quiere decir, por el contrario, es que se deben pensar en otras alternativas distintas a la democracia, pues puede que ésta, a final de cuentas, no sea la mejor solución para resolver la gran variedad de problemas existentes entre la sociedad, la política, la economía, la ciencia y la tecnología.

Kuhn. Para sustentar esta última afirmación, habría que pensar que la tecnociencia, sus innovaciones y los efectos de éstas sobre la sociedad y el medio ambiente involucran aspectos que no son pensados por estudios sobre la ciencia tan amplios como el que llevó a cabo Kuhn.

Para empezar, los efectos de las innovaciones tecnocientíficas son susceptibles de ser valorados desde distintas perspectivas axiológicas que desbordan al estudio de los valores elaborado por el autor de *ERC*. En segundo lugar, se debe mencionar que la tecnociencia involucra a una pluralidad de agentes –diría Echeverría [2003: 34], un “sujeto plural”– que hace que la relaciones entre las empresas tecnocientíficas, sus efectos, la sociedad y el medio ambiente se complejicen. Bien es cierto que Kuhn destacó la impronta de la comunidad científica en el desarrollo y progreso de la ciencia básica. Sin embargo, este filósofo se limitó a considerar el papel de los sujetos en la ciencia desde una perspectiva interna, dejando a un lado a los factores extracientíficos, como los políticos económicos y tecnológicos. De esta forma, el trabajo de Kuhn en torno a la ciencia deviene insuficiente para explicar a la actividad tecnocientífica, pues ésta involucra nuevos elementos que la obra de este filósofo pasa por alto, incluso de manera explícita.

De antemano, se reconoce que el simple hecho de enunciar que el trabajo de Kuhn es insuficiente para analizar a la tecnociencia y sus efectos, ya que los valores y los agentes involucrados en ella sobrepasan a los estudiados por este filósofo, no es un argumento que pueda demostrar las carencias de la obra kuhniana. Por ello, para subsanar esta insuficiencia, las siguientes secciones de este capítulo se dedicarán a hacer una comparación entre la axiología plural de la tecnociencia y la axiología de la comunidad científica de Kuhn. Además, también se hará una comparación entre la pluralidad de agentes que intervienen en la actividad tecnocientífica y la comunidad científica de la que habla Kuhn. Finalmente, se elaborará una contrastación entre las nociones de “Revolución científica” y “Revolución tecnocientífica”.

2. El monismo axiológico de la comunidad científica *versus* la pluralidad axiológica de la tecnociencia.

Para comenzar esta sección, se tiene que decir que, a pesar de las cualidades del enfoque de Kuhn sobre los valores, éste se muestra insuficiente para el abordaje del nuevo andamiaje axiológico que surge con la actividad tecnocientífica. En primer lugar, se debe apuntar que el enfoque kuhniano de los valores –al menos el que desarrolla en *ERC* y trabajos afines– se centra en aquellos que son relevantes para la actividad científica, pasando por alto a todo sistema axiológico que no sea científico. Esta insuficiencia hace que el trabajo de Kuhn se torne incapaz para explicar la nueva pluralidad axiológica que surge con la emergencia de la tecnociencia. Como menciona Echeverría [2003: 16] en el prólogo a la *Revolución tecnocientífica*, una de las tesis de partida de su trabajo, en contra de la neutralidad axiológica de la ciencia y de la restricción a los valores epistémicos, es que la consolidación de la tecnociencia supone un pluralismo axiológico acompañado por los conflictos de valores.

La tecnociencia, como se ha mencionado en el capítulo segundo de esta tesis, tiene como una de sus características principales el hecho de que se ve permeada por una cantidad considerable de subsistemas axiológicos. A este respecto, conviene recordar que el mismo Echeverría llega a enunciar doce subsistemas de valores presentes en la actividad tecnocientífica: básicos, epistémicos, tecnológicos, económicos, militares, políticos, jurídicos, sociales, ecológicos, religiosos, estéticos, morales [2003: 238; 2005: 14]. En este momento, ya no se procederá a la explicación de cada uno de estos subsistemas axiológicos, pues esta labor fue realizada en el segundo capítulo de este trabajo.⁷⁵

En cambio, lo que debe destacarse es que la axiología de la actividad tecnocientífica rebasa, y por mucho, a la axiología de la ciencia que es tratada por Kuhn. Mientras que el pensador norteamericano sólo reconoce como relevantes a los valores epistémicos, el trabajo de Echeverría analiza a los doce subsistemas axiológicos ya enunciados. La necesidad de reconocer a estos subsistemas de valores dentro de la actividad tecnocientífica estriba en que ésta no sólo se encuentra permeada por elementos científicos, sino también por cuestiones políticas, económicas, tecnológicas, militares, entre otras.

La tecnociencia no sólo está conformada por la ciencia básica, sino también por una gran variedad de elementos que son indispensables para su desarrollo. En este sentido, la insuficiencia del enfoque kuhniano de los valores para explicar a la actividad

⁷⁵ V. la cuarta sección del capítulo segundo.

tecnocientífica reside en que este enfoque cierra a la actividad científica a varios elementos indispensables para el desarrollo de la actividad tecnocientífica. Como ya ha mencionado Echeverría [2003: 30], la tecnociencia para poder desarrollarse necesita estar conformada por equipos multidisciplinarios de gran tamaño, además de estar sustentada económicamente por algún tipo de agente, ya sea gubernamental o privado.

De esta forma, dentro de la tecnociencia no sólo se encuentran inmersos los valores de los científicos que trabajan en ella, sino también los valores de los equipos multidisciplinarios que trabajan en los proyectos tecnocientíficos, entre los cuales se encuentran los políticos, económicos y militares. De igual manera, no debe perderse de vista que la actividad tecnocientífica, a diferencia del enfoque kuhniano de los valores de la ciencia, también introduce dentro de su núcleo axiológico a los valores sociales.

La tecnociencia y sus proyectos no sólo repercuten en un determinado ámbito, como en el epistémico, sino que involucran una gran diversidad de factores. Se podría decir que la actividad tecnocientífica crea una gran telaraña de valores, los cuales muchas veces no conviven en “paz y armonía”, sino que se encuentran en conflicto. Así, los conflictos de valores no son ajenos a la tecnociencia, sino que forman una parte constitutiva de ella [Echeverría, 2005: 14]. En efecto, los valores involucrados en la tecnociencia muchas veces se encuentran contrapuestos entre sí, generando inevitablemente problemas entre los agentes que defienden núcleos axiológicos diferentes. Para poner un ejemplo, se debe resaltar la consolidación de varios movimientos ecologistas que protestan y denuncian los efectos de varias acciones tecnocientíficas, enalteciendo los valores ecológicos, humanitarios y sociales contra el predominio de los valores mercantiles, militares o económicos que a la postre podrían llevar al mundo a una situación grave de riesgo.

A diferencia de la postura de Kuhn ante los valores, para la tecnociencia los conflictos entre estos son algo ‘normal’, incluso cuando los agentes que defienden valores contrapuestos trabajan en un mismo proyecto tecnocientífico. Para justificar este último enunciado, hay que recordar que los valores para Kuhn funcionan aun cuando la ciencia normal está en periodos de crisis, ya que sirven como una vía de comunicación para los científicos que defienden paradigmas contrapuestos. Como menciona Pérez, “en los periodos críticos de una disciplina, la comunidad no deja de compartir un conjunto de valores como pueden ser precisión, alcance, simplicidad, consistencia, etc. Los valores de

la ciencia básica que trata Kuhn, lejos de entrar en conflicto entre sí, sirven como un lazo de unión para los científicos” [1999: 131].

Ahora bien, hay que notar que los valores de la ciencia básica que trata el discurso kuhniano son epistémicos o, como diría Pérez [1999: 131], metodológicos. Es decir, son valores que, en sentido estricto, no están contrapuestos entre sí, sino que se complementan. Con la emergencia de la tecnociencia las cosas cambian drásticamente. Los valores que la permean son muchos y no necesariamente se complementan, sino que también se excluyen. A diferencia de los valores que describe Kuhn, los valores tecnocientíficos no son un suelo firme que permite a sus actores entablar o restablecer la comunicación, ya que incluso llega a impedirla. En el núcleo mismo de la práctica tecnocientífica se pueden encontrar controversias sobre el rumbo que deben tomar las acciones tecnocientíficas. Los valores divergentes que se encuentran en sus múltiples finalidades, lejos de favorecer la comunicación entre los agentes, vuelven tales disputas en un ‘diálogo de sordos’.

En efecto, los proyectos tecnocientíficos pueden ser vistos y valorados desde muy diversas perspectivas. Ahora bien, tales perspectivas valorativas hacen que los agentes participantes en las empresas tecnocientíficas vean a los núcleos axiológicos que representan como las guías directrices fundamentales de tales empresas, generando muchas veces conflictos irresolubles entre sus miembros. Tales disputas pueden versar sobre cuál es la prioridad de los proyectos tecnocientíficos, cuánto capital se debe invertir en cada uno de los departamentos que trabajan en dichos proyectos, etc. De esta forma, tal como sucedió con el proyecto Manhattan, los científicos pueden pretender que sus valores primen en el proyecto, aunque, a pesar de estos hombres de ciencia, los valores militares y gubernamentales terminaron por ganar la partida.

Ahora bien, lo que debe quedar claro es que las disputas valorativas de la tecnociencia no impiden que sus proyectos se realicen, a pesar de las profundas diferencias entre sus miembros, las cuales no les permiten una comunicación plena. Para que los proyectos tecnocientíficos se lleven a cabo no es necesario que todos sus miembros se encuentren de acuerdo con ellos o que la tecnociencia se encuentre en un periodo “normal”, según el cual sus supuestos básicos y finalidades no estén puestas en cuestión. Por el contrario, lo que sucede es que con la tecnociencia, a pesar de las profundas diferencias existentes entre sus miembros, en sus proyectos prima una determinada finalidad dada por un agente

financiador o que encarga el proyecto. No hay que olvidar que una de las características de los proyectos tecnocientíficos es que son sustentados ya sea por alguna instancia gubernamental o privada [Echeverría, 2005: 10]. Se podría decir que la tecnociencia se hace por encargo, y que los científicos que trabajan en ella son precisamente eso, es decir, trabajadores del conocimiento [Echeverría, 2003: 95].⁷⁶

Como se ve, la tecnociencia se encuentra más allá del enfoque kuhniano de la ciencia. Efectivamente, pues los valores que la rigen son más diversos que los de la ciencia básica, además de que las relaciones entre estos son más complejas que aquellas que describe Kuhn en su trabajo. A este respecto, también habría que mencionar que la axiología de la tecnociencia y las relaciones entre sus diversos agentes se encuentran más allá de la forma en la que los científicos interactúan con los valores de la ciencia básica. Como ya se dijo en el capítulo primero de esta tesis y en las primeras páginas de esta sección, el enfoque kuhniano de los valores pone énfasis en que los científicos no aplican de igual manera los valores, sino que tal aplicación varía de individuo a individuo, ya que la forma en la que se da esta aplicación se ve afectada por los rasgos de las personalidades individuales de los científicos y por sus biografías [Kuhn, 1969: 318].

Ahora bien, con la emergencia de la tecnociencia el enfoque de Kuhn sobre los valores, a pesar de ser tan amplio, ya no puede describir la complejidad axiológica de la tecnociencia. En el caso específico de la variabilidad de la aplicación de los valores, hay que decir que con la tecnociencia no sólo la aplicación de los valores cambia de individuo a individuo, sino que también cambian los mismos valores que los agentes utilizan. Como ya ha dicho Echeverría, la tecnociencia se compone por una pluralidad de valores que superan, y con creces, a aquellos pertenecientes a la ciencia básica. Si esto es así, con la actividad tecnocientífica no sólo variará la forma en la que sus agentes aplican los valores, ya que también lo hará el número de subsistemas axiológicos involucrados. En suma, se puede decir que con la tecnociencia se tiene una doble complejidad respecto a la aplicación de los

⁷⁶ Convendría tener presente que otra de las diferencias entre la ciencia y la tecnociencia es que los científicos básicos tienen siempre presentes cuáles son las finalidades de sus trabajos, mientras que los científicos que trabajan en un proyecto tecnocientífico pueden carecer del conocimiento de los objetivos para los cuales laboran. Como menciona Echeverría, “un científico que trabaja en una empresa tecnocientífica puede ignorar el sentido último de las investigaciones que realiza. Adscrito a una cadena de producción de conocimiento, sólo conoce una pequeña parcela del proyecto de investigación en el que colabora [...]. Frente al científico clásico, que afrontaba unos problemas que conocía e intentaba resolver, el tecnocientífico desarrolla un trabajo investigador a cambio de una retribución económica, convirtiéndose en un asalariado más” [2003: 95].

valores: en primer lugar, no sólo hay una variación de individuo a individuo en la aplicación de los mismos, sino también en los sistemas axiológicos que se ven involucrados. En segundo lugar, con la pluralidad de los sistemas axiológicos existe, inevitablemente, una pluralidad de agentes que sobrepasan a los científicos. Si cada subsistema de valores presente en la tecnociencia es defendido y aplicado por un grupo de agentes específico, entonces la pluralidad de valores implicará una pluralidad de actores pertenecientes a diversos sectores, desde los económicos hasta los sociales.

3. La comunidad científica frente al sujeto plural de la actividad tecnocientífica

Como se ha visto en la sección anterior, los valores epistémicos de los que habla Kuhn son utilizados por un tipo de comunidad en específico, a saber, la científica. Ahora bien, a diferencia del enfoque kuhniano sobre la actividad científica, la tecnociencia no sólo involucra en su quehacer a los científicos, sino también a una gran variedad de agentes que van desde los económicos hasta los ecológicos. Como diría Echeverría, una de las características principales de la tecnociencia es la gran pluralidad de agentes que la conforman. Como le gusta decir a este filósofo español, el sujeto de la tecnociencia devino plural [Echeverría, 2003: 34].

Debido a la inmensa distancia existente entre la pluralidad de sujetos que conforman a la tecnociencia y la comunidad científica ‘cerrada’ de la que habla Kuhn,⁷⁷ se puede decir que la visión de la ciencia básica de este filósofo se torna insuficiente para explicar a la práctica tecnocientífica. En efecto, no es lo mismo describir el quehacer epistémico de un grupo de científicos que trabajar con equipos inmensos de agentes, cada uno de los cuales desempeña una función específica dentro de un proyecto tecnocientífico. Para sintetizar, es legítimo afirmar que la visión de Kuhn en torno a los sujetos de la ciencia es inconmensurable con el sujeto plural de la tecnociencia.

Ahora bien, si entre la descripción de Kuhn sobre los sujetos de la ciencia y la pluralidad de los agentes tecnocientíficos existe una enorme distancia, se debe elaborar, por lo menos, una breve justificación que dé cuenta de este enunciado taxativo. Para empezar, hay que

⁷⁷ A la comunidad científica de la que habla Kuhn se le podría dar el nombre de “cerrada” debido a que no admite, al menos no de forma explícita, la intervención ni de la sociedad ni de la política en el desarrollo de la ciencia, pues incluso este filósofo apunta que es una regla no escrita para la ciencia la prohibición a recurrir a este tipo de instancias [Kuhn, 2010: 293].

apuntar, aunque esquemáticamente,⁷⁸ algunos puntos relevantes en torno a la comunidad científica kuhniana. En primer lugar, es necesario resaltar un tópico que se ha venido remarcando desde el primer capítulo de esta tesis, a saber: que la ciencia, para Kuhn, no se entiende sin los sujetos que la realizan.

Se debe ver que cuestiones como la elección entre paradigmas rivales, la observación de los hechos relevantes, la articulación teórica de un paradigma, la invención de las teorías, etc. depende no de un conjunto de reglas metodológicas aplicables universal e inequívocamente, sino de una determinada comunidad científica, ubicada históricamente, que responde a unos compromisos compartidos específicos [Kuhn, 1969: 313].⁷⁹ La comunidad científica, aunque resulte tautológico, es la que hace la ciencia. Y viceversa, la ciencia no se hace sin la comunidad científica.⁸⁰ Sin embargo, es de notar que, si bien Kuhn no tiene ningún problema en reconocer la importancia de la comunidad de científicos en el desarrollo de la ciencia, restringe el avance científico a dicha comunidad.

Resulta indispensable apuntar, una vez más, que este filósofo e historiador de la ciencia excluye, por lo menos en *ERC* y en trabajos afines,⁸¹ explícitamente la participación de factores políticos y sociales dentro de la actividad científica [Kuhn, 2010: 293]. Esta posición de Kuhn se puede entender un poco mejor si se piensa que este filósofo hace una distinción tajante entre la ciencia básica y la ciencia aplicada. Según esta distinción, la ciencia básica es una “investigación realizada por quienes persiguen la meta inmediata de

⁷⁸ Pues muchas de las referencias en torno a la comunidad científica de la que habla Kuhn se encuentran en el primer capítulo de esta tesis y en la primera sección del presente capítulo.

⁷⁹ Los compromisos compartidos por una comunidad científica que destaca Kuhn son las generalizaciones simbólicas, los ejemplares, los valores y los compromisos metafísicos.

⁸⁰ La inclusión de los sujetos dentro de la caracterización kuhniana de la ciencia resulta especialmente relevante si se toma en cuenta la exclusión de los rasgos psicológicos o subjetivos por parte de la filosofía de la ciencia tradicional. Por ejemplo, para filósofos como Carnap la epistemología se reduce a “esclarecer por medio del análisis lógico del lenguaje el contenido de las proposiciones científicas” [1986: 66], excluyendo de esta rama de la filosofía, entre otras cosas, la participación de las creencias y de los valores de los científicos. Ante este tipo de posturas que pretendían eliminar a los sujetos del estudio de la ciencia se podría decir que “una epistemología sin sujeto sería una epistemología sin objeto, puesto que la oposición lógica (y gramatical) los hace indisolubles: no hay conocimiento de objeto alguno sin sujeto cognoscente que produzca dicho conocimiento” [Echeverría, 2009: 21]. En el caso de Kuhn, este comentario de Echeverría se ajusta perfectamente, ya que para el pensador norteamericano la participación de los sujetos es indisoluble de la actividad científica. Para justificar este enunciado, basta con pensar que la aceptación de una determinada matriz disciplinar, sin la cual la ciencia no podría desarrollarse, es un acto que lo lleva a cabo una comunidad de científicos, es decir, un conjunto de sujetos que se comprometen con un modo de practicar la ciencia.

⁸¹ Conviene tener en mente que en varias de sus obras posteriores a *ERC*, tal como la “Posdata 1969”, *El camino desde La estructura, ¿Qué son las revoluciones científicas?*, etc., Kuhn ni siquiera hace mención de los factores externos –como la política y la sociedad– en el desarrollo de la ciencia.

entender mejor y no de controlar la naturaleza” [Kuhn, 1959: 256]. Desde esta perspectiva, la ciencia aplicada se alejaría de la básica en el momento en el que la primera no tendría como una de sus principales finalidades la consecución de un bien epistémico, a saber, la comprensión de la naturaleza, sino el dominio de la misma.

Ahora bien, si la ciencia aplicada busca el dominio de la naturaleza, e incluso de otros campos como la sociedad, es porque sirve a otro tipo de intereses que van más allá de los epistémicos. Los problemas de los científicos aplicados se encuentran “determinados en gran parte por circunstancias sociales, económicas o militares que *son externas a las ciencias*”⁸² [Kuhn, 1959: 261]. Esta determinación de los problemas de los científicos aplicados hace que su libertad de investigación se pierda, ya que no pueden escoger los problemas que les interesen, pues estos vienen determinados por los ‘factores externos’. Por el contrario, los científicos básicos siempre “han sido relativamente libres de elegir sus propios problemas”. La ciencia básica, al verse desligada de los factores externos –y en consecuencia de los agentes externos que representan a la política, a la sociedad y a la milicia– deja a sus científicos elegir los problemas que le plazcan, tardarse el tiempo necesario para armar los rompecabezas, dejar que los científicos discutan con libertad las soluciones a los problemas, etc.

Al parecer, el panorama que pinta Kuhn sobre la ciencia básica y sus libertades es el ideal para favorecer la libre investigación, la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo y, en general, para la consecución de las metas epistémicas de la comunidad científica cualquiera que éstas sean. A este respecto, tampoco hay que olvidar que Bush, cuyo informe abrió paso a la instauración de la macrociencia, tenía una opinión similar a la de Kuhn respecto a la necesidad de que los científicos conservaran su libertad a la hora de emprender sus investigaciones. Como dice este científico-burócrata, la ciencia básica no trabaja eficazmente bajo la presión de una agencia o un departamento corporativo [Bush, 1999: 58], pues los resultados que quieren estos son inmediatos, y a la ciencia hay que darle tiempo para que madure.

Por supuesto, ambos enfoques –tanto el de Kuhn como el Bush– respecto a la libertad de la ciencia podrían pecar de idealismo y/o de abstraccionismo. En primer lugar, se debe considerar que la distinción entre los problemas de la ciencia y los problemas sociales,

⁸² Cursivas añadidas.

políticos y militares no siempre es tan clara.⁸³ En efecto, en algunas ocasiones los problemas epistémicos tienen que ver, por ejemplo, con los sociales y viceversa. A este respecto, no debe olvidarse que el mismo Copérnico [2009: 26] vio en su obra una posible solución al problema de la medición del año, el cual afectaba directamente a los calendarios establecidos. En este tenor, no debe pasarse por alto que el mismo Kuhn, en uno de sus trabajos anteriores a *ERC*, reconoce la impronta de los factores externos en el desarrollo de la revolución copernicana. Como dice este filósofo, “a principios del siglo XVI se pidió a Copérnico que aconsejara al papado sobre la reforma del calendario. Copérnico declinó la oferta y propuso que fuera pospuesta la reforma, pues opinaba que las teorías y las observaciones existentes aún no permitían establecer un calendario verdaderamente adecuado” [Kuhn, 2008, 174].

Ahora bien, si la ‘simple’ ciencia básica tiene de trasfondo la participación de sujetos distintos a los científicos, se puede decir legítimamente que la actividad científica no sólo la conforma la comunidad científica, sino todos aquellos agentes que de alguna forma tienen injerencia en ella.⁸⁴ El hecho de que se diga que los agentes políticos, económicos, sociales y militares son externos a la ciencia, no implica que en la práctica científica real de verdad lo sean. En este sentido, se puede decir que el trabajo de Kuhn concerniente a la participación de los sujetos en la ciencia es limitado, ya que excluye a una diversidad de actores que, de hecho, participan en ella. Pero si la perspectiva kuhniana en torno a los agentes de la ciencia se muestra limitada al describir esta actividad, entonces se verá aun

⁸³ Incluso cabría pensar que la “comunidad científica” no sólo se encuentra integrada por científicos, sino también por tecnócratas que delimitan las políticas científicas, por los políticos quienes, además de asignar fondos para la investigación, buscan resolver algunos de sus problemas –y más cuando estos son de corte económico o militar– por las empresas que tienen la capacidad de transformar el conocimiento científico en artefactos comerciables y por la “masa social” que puede ser receptora y crítica de los nuevos artefactos científico-tecnológicos [Zaldo, Araceli; Ugalde, Jesús, 2003: 77]. Ahora bien, si la comunidad que hace posible la ciencia es tan amplia, pues requiere todos estos agentes para poder trabajar de forma adecuada y eficaz, cabe pensar que los problemas de tales actores influirán, de forma directa, con el desarrollo de la ciencia. Por ejemplo, si en la actualidad una nación se encuentra en guerra, es factible suponer que reclutará a sus mejores científicos y tecnólogos para el desarrollo de nuevos tipos de armas y de defensas que les permitan protegerse de sus enemigos. De esta forma, un problema en apariencia exclusivamente militar se convierte en un problema que necesita de la ayuda de la ciencia para encontrar una posible solución. Se podría decir que en ocasiones la distinción entre un problema científico, militar y político es sólo formal, ya que en la práctica tal problema concierne a estos tres agentes por igual.

⁸⁴ La emergencia de la tecnociencia, como apunta Echeverría [2003: 11], supone un cambio en la práctica científica en cuanto tal, no sólo en la forma en la que los científicos ven e interactúan con el mundo. Por ejemplo, con la emergencia de la tecnociencia la ciencia básica se vuelve parte de un equipo [Busch, 1999: 14], lo cual hace que los científicos tengan la necesidad de interactuar con otro tipo de agentes no científicos, tal como los tecnólogos o los políticos.

más limitada a la hora de dar cuenta de la pluralidad de agentes que la tecnociencia involucra en su quehacer.

Para ilustrar este último enunciado, hay que recordar que uno de los puntos de similitud entre Bush y Kuhn, pese a sus grandes diferencias, era que ambos pensadores propugnaban que la ciencia básica debe conservar a toda costa sus libertades de investigación para que pueda rendir frutos [Kuhn, 1959: 261; Bush, 1999: 58]. La ciencia básica, bajo la perspectiva de estos autores, esté o no esté apoyada por algún actor externo a ella, debe seguir sus metas sin la coacción de ningún agente ajeno a ella. Sin embargo, se debe notar que una cosa es la teoría y los ideales, y otra muy distinta la práctica real. La tecnociencia ilustra muy bien este punto.

Con la emergencia de la actividad tecnocientífica la ciencia básica no sólo debe trabajar con otros tipos de agentes diferentes a los científicos, sino que también su libertad de investigación se ve, por decirlo de alguna forma, restringida y delimitada por ellos. Esta situación se explica si se piensa que con la tecnociencia el saber científico y el tecnológico son vistos como meros instrumentos al servicio de otros fines [Echeverría, 2003: 29]. A diferencia de las pretensiones de Kuhn en torno a la injerencia de otros agentes en la ciencia, la tecnociencia trabaja con y para otros agentes distintos a los científicos. Además, se debe mencionar que sin tales agentes los proyectos de la tecnociencia no se podrían realizar.

Si, como dijo Bush [1999: 14], la ciencia para ser exitosa y poder satisfacer las demandas de una nación, tiene que formar parte de un equipo, entonces tal equipo será la *conditio sine qua non* de su éxito y del logro de los fines para los cuales se le apoya. Ahora bien, si con la emergencia de la práctica tecnocientífica la ciencia básica se vuelve parte de un equipo mucho mayor, hay que preguntarse qué tipo de agentes lo constituyen. Ya se ha dicho que dentro de los principales agentes de la tecnociencia se encuentran tanto el gobierno como el sector privado [Echeverría, 2005: 10].

Con la tecnociencia, estos agentes, lejos de ser externos tal y como Kuhn hubiera querido, se vuelven una parte indispensable para su consolidación y desarrollo. En efecto, durante la década de los 50's la consolidación de un programa nacional de ciencia y tecnología en los Estados Unidos hizo posible que la tecnociencia se afianzara dentro de este país. Además, no hay que pasar por alto que, durante los 80's, el sector privado se hizo

cargo de, al menos en gran parte, la financiación de la tecnociencia. Sin el apoyo económico de las empresas tecnocientíficas privadas, muchos proyectos tecnocientíficos simple y sencillamente no hubieran contado con el presupuesto necesario para llevarse a cabo.⁸⁵ Así, la participación en la tecnociencia de los políticos y de los empresarios, lejos de ser algo externo a ella, se vuelve inherente.⁸⁶

Aunque la participación tanto de los agentes gubernamentales como del sector privado es fundamental para la tecnociencia, se debe advertir otro tipo de agentes que también son relevantes para ella. En primera instancia, se destaca a los agentes militares [Echeverría, 2003: 33]. Para alcanzar a notar, siquiera brevemente, la importancia de estos agentes, hay que ver que la milicia se encuentra presente en los proyectos tecnocientíficos desde los orígenes de la macrociencia. Se debe recordar que el proyecto Manhattan estuvo financiado, de forma primordial, por el sector militar de los Estados Unidos y que entre sus principales finalidades se encontraban aquellas que tenían que ver con la victoria militar de este país por sobre sus enemigos.

Pese a que Kuhn considerara que los agentes militares son externos a la actividad científica, para la tecnociencia estos han terminado por formar parte de ella. Si bien es cierto que, como apunta Echeverría [2003: 75], la militarización de la tecnociencia sólo es parcial, no hay que perder de vista que muchas empresas tecnocientíficas han encontrado en el sector bélico un gran mercado que le reditúa grandes ganancias económicas. En este sentido, se debe notar que algunas de las innovaciones tecnocientíficas tienen la capacidad para destruir. Pero si ello es así, entonces los proyectos tecnocientíficos militares encierran en su seno un gran potencial de riesgo [Linares 2008: 431].

⁸⁵ Si las empresas privadas y el gobierno funcionan como los principales promotores de la actividad tecnocientífica, es legítimo pensar que los fines epistémicos de la ciencia básica queden relegados a un segundo plano, ya que se vuelven los medios para la satisfacción de los agentes que invierten en la investigación científica. De este modo, si la finalidad de una investigación tecnocientífica es conseguir un nuevo medicamento que supere a uno existente en el mercado, los esfuerzos de la empresa tecnocientífica se centrarán en la ganancia económica y no en la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo, aunque, por supuesto, éste último aspecto no sea descuidado por los agentes tecnocientíficos.

⁸⁶ Habría que pensar que otra forma en la que el sector gubernamental o político interviene en la tecnociencia, aparte de invertir económicamente en ella, es mediante la utilización de ésta como un tipo de ideología legitimatoria de un determinado sistema político [Habermas: 2010: 84]. Por ejemplo, una determinada forma de gobierno con tendencias neoliberales puede usar a la tecnociencia y a sus innovaciones como un medio propagandístico que haga creer a la población que bajo su dirección se garantizará la seguridad social, las oportunidades de empleo, la salud, etc. En este sentido, no debe olvidarse que, finalmente, el informe Bush prometía todos estos puntos, siempre y cuando se implementara un programa nacional de ciencia y tecnología que propiciara las condiciones necesarias para el correcto desarrollo de la ciencia básica.

Asimismo hay que tener en cuenta que los proyectos tecnocientíficos militares, gubernamentales y privados no podrían realizarse sin la participación de un tipo de agentes indispensables para la empresa tecnocientífica, a saber, los tecnólogos. Como recuerda Echeverría, “en el caso de la tecnociencia la interdependencia entre ciencia y tecnología es prácticamente total” [2003: 66]. Sin la tecnología necesaria, los proyectos tecnocientíficos no se podrían realizar. Piénsese que para la construcción de la bomba atómica o el acelerador de adrones en Europa no sólo fueron necesarios los conocimientos científicos o la financiación gubernamental y privada, sino que también fue indispensable la participación de tecnólogos que pudieran construir las herramientas necesarias para la elaboración de tales proyectos, tal como los dispositivos de detonación de las bombas nucleares o la compleja red de túneles y toda la infraestructura indispensable que ocupa el CERN.

Como ya lo ha apuntado Bush, la tecnociencia tiene que ser parte de un equipo. Dentro de este equipo, la participación de los agentes tecnológicos es imprescindible: sin la tecnología, la tecnociencia probablemente sólo sería ciencia pura o básica. Ahora bien, es de destacar que sin los elementos tecnológicos, la tecnociencia no tendría los alcances y las consecuencias que de hecho tiene. En efecto, se debe pensar que sin la tecnología no existirían los recursos necesarios para la construcción de misiles de largo alcance, el combate contra las enfermedades degenerativas, la creación de nuevas tecnologías computacionales, etc. En consecuencia, se podría afirmar que, al menos en una parte considerable, la tecnología posibilita la gran eficacia de la tecnociencia, así como sus efectos y consecuencias sobre la naturaleza y la sociedad.

Por supuesto, no hay que perder de vista lo siguiente: si la ciencia básica, como lo ha remarcado Kuhn, no es axiológicamente neutral, la tecnociencia, debido a su pluralidad de agentes, tampoco lo es.⁸⁷ En este sentido, se debe decir que la forma en la que sean usados los proyectos y las innovaciones tecnocientíficas depende de los agentes que promuevan tales proyectos y de la forma en la que usen sus innovaciones. Sin embargo, se debe advertir, una vez más, que la forma en la que son usados los artefactos de la tecnociencia tienen repercusiones tanto en la sociedad como en el medio ambiente.⁸⁸

⁸⁷ El asunto de la axiología de la ciencia y de la tecnociencia fue tratado en la tercera sección de este capítulo.

⁸⁸ Se debe ver que algunos proyectos de corte militar, como el Manhattan, tienen profundas consecuencias en el ámbito social. Aunque estos proyectos tengan como fines la consecución de la derrota del enemigo militar

La tecnociencia tiene como a uno de sus agentes principales a la sociedad en tanto que la puede beneficiar o perjudicar. Sin embargo, es necesario destacar que la participación del sector social dentro de la tecnociencia no se limita al de ser un mero receptor de beneficios o consecuencias perniciosas. La sociedad puede tener un papel activo dentro de la actividad tecnocientífica, ya que tiene la capacidad de ser un agente –y no sólo un sujeto paciente– crítico respecto de las innovaciones provenientes de la tecnociencia. Como menciona Innerarity [2011: 90], la sociedad puede convertirse en un agente que pueda controlar el conocimiento, evitando así que éste se encuentre sólo en las manos de los científicos, los tecnólogos, los gobiernos y las empresas privadas. Finalmente, hay que tener en cuenta que los agentes sociales son susceptibles de tomar un rol cada vez más importante en la certificación y aprobación de nuevos productos farmacéuticos, en el desarrollo de nuevas tecnologías militares, etc.

De esta forma, la sociedad se puede convertir en un agente crítico de la tecnociencia y de sus proyectos. La sociedad no sólo es una consumidora de las innovaciones tecnocientíficas, sino que también puede ser una instancia crítica de la tecnociencia [Echeverría, 2003: 87]. Frente la comunidad científica de Kuhn, que veía como un agente externo a la sociedad, la tecnociencia incorpora en su núcleo de agentes a los sociales. Se puede decir que la tecnociencia también necesita a la sociedad para desarrollarse y que la sociedad, a pesar de sus riesgos, necesita a la tecnociencia para satisfacer varias de sus necesidades.

En suma, se debe decir que la actividad tecnocientífica no puede prescindir de los agentes sociales. De igual forma, hay que mencionar que la sociedad no es el único agente

de un determinado país –como fue el caso de los Estados Unidos contra Japón – terminan por destruir de igual manera a la población civil que se encuentra en medio del campo de batalla. De esta forma, la sociedad se ve involucrada en la actividad tecnocientífica, pues en varias ocasiones termina viviendo las consecuencias de sus proyectos. Por supuesto, tales consecuencias no se restringen única y exclusivamente al campo de la milicia, ya que existen otros sectores de la tecnociencia que afectan al sector social, ya sea para beneficiarlo o perjudicarlo. Hay que destacar que uno de los riesgos que hoy afectan a la sociedad en particular, y al medio ambiente en general, tiene que ver con el manejo de las sustancias nocivas [Beck, 2010: 38]. En efecto, los residuos tóxicos de las plantas nucleares, la contaminación por aerosoles o los desperdicios generados por los artefactos electrónicos son consecuencias que la ciencia y tecnología actuales producen en la sociedad – aunque no se debe perder de vista la polución que ha sido generada por la Revolución Industrial.

Claro está, no todo es negativo con la tecnociencia. Hoy en día muchas innovaciones tecnocientíficas benefician a la sociedad de una forma importante. Piénsese en las tecnologías computacionales desarrolladas en los últimos tiempos que, entre otras cosas, simplifican mucho del trabajo realizado por las personas; además, no deben perderse de vista los nuevos avances médicos que han mejorado el nivel de vida de varios pacientes: prótesis cada vez más funcionales, medicamentos más eficaces para el tratamiento de enfermedades como la diabetes o relacionadas con el corazón, etc.

relevante para la tecnociencia, pues dentro de ella también actúan los científicos, los tecnólogos, los políticos –entre los cuales hay que incluir a las agencias gubernamentales- y el sector privado. Pero no sólo estos agentes, pues la tecnociencia puede abarcar más sujetos tal como los abogados, diseñadores, expertos en mercadología, etc. [Echeverría, 2003: 13].⁸⁹

En la medida en que la tecnociencia es financiada por el sector privado [Echeverría, 2003: 63], implica que tendrá las características de una empresa privada y una empresa privada tiene relaciones con el derecho y con los abogados, ya que es susceptible de recibir demandas tanto por parte de los consumidores insatisfechos o perjudicados por sus productos, así como por otras empresas tecnocientíficas que peleen la patente de un determinado producto.

De igual manera, la tecnociencia tiene relaciones con los diseñadores y con los agentes de mercadotecnia en tanto que tiene la necesidad de vender sus productos. De esta forma, los diseñadores los pueden hacer presentables y atractivos al público consumidor, mientras que los expertos en marketing idean la publicidad requerida para su venta. Como se ve, la

⁸⁹ Con la emergencia de la tecnociencia se ha demostrado que el modelo lineal de la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad se muestra insuficiente para describir al nuevo modo de práctica científica. Según este modelo, “la ciencia básica se encuentra en la cúspide, y la investigación y desarrollo, así como la innovación tecnológica, en la base. El supuesto fundamental es que la interacción entre el sistema de ciencia u tecnología y la sociedad se da única o casi exclusivamente por medio de la base (innovación)”. [Olivé, 2008: 39]. Con la emergencia de la tecnociencia se ha puesto de manifiesto que las cosas no son tan “simples” como el modelo lineal –también llamado “el viejo contrato social de la ciencia”– supone. De acuerdo al modelo no lineal de la ciencia, la tecnología y la sociedad –conocido como “el nuevo contrato social”– hay “una interdependencia entre las ciencias básicas y aplicadas, la investigación y el desarrollo, de modo que el complejo de ciencia y tecnología sólo puede funcionar y crecer de manera integral [...] Pero además, la ciencia y la tecnología no están aisladas del resto de la sociedad; en realidad están inmersas en ella por lo que es imprescindible tomar en cuenta el papel de los funcionarios de Estado, de los industriales y empresarios así como de los ciudadanos en general” [Olivé, 2008: 40]. De esta manera, las decisiones de uno de los miembros de este complejo grupo que forma parte del nuevo contrato social entre la ciencia, la tecnología y la sociedad afecta a todo el conjunto. De ahí la necesidad de que cada uno de sus miembros, dentro de los cuales se encuentra la ciudadanía en general, tenga la oportunidad de participar en la toma de decisiones en torno a las innovaciones, riesgos, etc., de las nuevas aplicaciones y conocimientos de la ciencia y la tecnología. Por otra parte, hay que hacer mención, aunque de forma breve, que el nuevo contrato social de la ciencia, la tecnología y la sociedad puede tener algunos problemas que, por lo menos se deben enunciar. Como apunta Zaldo, si bien este nuevo contrato “se puede considerar como un intento de superar retóricas polarizadas, donde se ponía a los científicos en un lado y la ciudadanía en el contrario, ni los científicos como tales ni la ciudadanía pueden verse fácilmente identificados en dicha construcción conceptual” [2003: 81-2]. Pues de hecho no hay evidencia alguna de que algo parecido a este contrato exista. Si la idea de un contrato supone la existencia de individuos aislados e independientes que se unen para lograr conseguir un objetivo en común, entonces la idea de tal contrato peca de artificialidad, ya que “las características que nos hacen a los humanos diferentes de otras especies animales, tales como el lenguaje o la cultura, son creaciones sociales más que individuales” [Zaldo, 2003: 82]. Así, es legítimo afirmar que la ciencia y la tecnología no hacen un nuevo contrato con la sociedad, ya que se derivan de ella.

tecnociencia, sus proyectos y conflictos, rebasan por completo a los análisis hechos por la filosofía de la ciencia –incluyendo, por supuesto, al de Kuhn. En el caso de los agentes involucrados en ambas prácticas, la científica y la tecnocientífica, la diferencia es clara. Mientras que la ciencia básica descrita por Kuhn sólo contempla a los científicos básicos como los principales promotores de esta actividad, la tecnociencia, por el contrario, llega a contemplar incluso a la sociedad y a sus derivados⁹⁰ como relevantes para ella.

4. La revolución científica y la revolución tecnocientífica

Hasta el momento, el presente capítulo ha tratado de mostrar que la insuficiencia de la visión de Kuhn sobre la ciencia para explicar a la actividad tecnocientífica estriba en los siguientes aspectos: en primer lugar, se ha visto que los efectos de la tecnociencia sobre el mundo y la sociedad rebasan a las consecuencias de la ciencia básica. En segundo lugar, se ha explicado que la axiología de la actividad tecnocientífica es mucho más amplia que los valores epistémicos de los que habla Kuhn. Finalmente, se ha mostrado que los sujetos involucrados en la tecnociencia sobrepasan, y por mucho, a la comunidad científica de la que habla el filósofo de Harvard.

Ha llegado el momento de contraponer las nociones de “Revolución científica” y de “Revolución tecnocientífica” El propósito de esta contraposición es el de mostrar que la noción de revolución científica que trata Kuhn no puede explicar a la revolución tecnocientífica actual.

4.1. La alteración de la práctica científica-tecnológica

Para iniciar esta sección, hay que preguntar qué es una revolución tecnocientífica para diferenciarla de una científica. En primer lugar, es necesario recordar que una revolución tecnocientífica, según Echeverría [2003: 149], es un nuevo modo de hacer y practicar la ciencia. Se podría decir, siguiendo a este filósofo español, que las revoluciones tecnocientíficas no sólo alteran al conocimiento, sino a la práctica científica y tecnológica.

⁹⁰ Por ejemplo, los movimientos ecologistas y religiosos que se oponen a determinados proyectos tecnocientíficos que pueden dañar o afectar al medio ambiente o al ser humano, como es el caso de los proyectos militares que involucran la construcción de nuevos artefactos de destrucción masiva o la clonación humana.

Para empezar, se debe decir que la tecnociencia modifica a la práctica científica desde el momento en el que introduce una pluralidad de agentes en su quehacer. En efecto, como se ha visto en este capítulo, los proyectos tecnocientíficos, a diferencia de los de la ciencia básica de la que habla Kuhn, necesitan de una gran pluralidad de agentes que rebasan, y por mucho, a la comunidad científica. De igual manera, se debe resaltar que la introducción de una pluralidad de agentes dentro de la tecnociencia implica la introducción de una pluralidad de valores en esta actividad. Si la tecnociencia es capaz de transformar la práctica científica y tecnológica es porque ésta conlleva nuevos valores, aparte de los científicos de los que hablaba Kuhn, que la guían hacia finalidades y propósitos distintos a los de la ciencia básica.

De igual forma, debe verse que una revolución tecnocientífica, aparte de entrañar un cambio en la práctica científica y tecnológica, se caracteriza por el desarrollo de un nuevo instrumental científico y tecnológico cuyas aplicaciones y efectos se deben demostrar de manera inmediata. Como dice Echeverría [2003: 150], “si no generan desarrollo tecnológico e innovación, no son cambios tecnocientíficos, sino únicamente científicos”. Ejemplos de artefactos tecnocientíficos se pueden encontrar en las bombas atómicas o de hidrógeno, en los satélites, teléfonos celulares, telescopios espaciales, supercomputadoras, etc. Ahora bien, una de las características en común de todos estos artefactos es que son construidos para satisfacer las necesidades, muchas de ellas inmediatas, de sus posibles usuarios. Por ejemplo, en tiempos de la Segunda Guerra Mundial la construcción de las bombas atómicas fue considerada como una prioridad, pues de ella dependía la victoria del ejército norteamericano por sobre sus enemigos.

Se podría decir que los artefactos tecnocientíficos, además de modificar a la sociedad y a la naturaleza, también modifican a las acciones posibles de sus usuarios. Hay que pensar que sin ellos, muchas de las acciones de sus usuarios no se podrían llevar a cabo. Por ejemplo, las supercomputadoras dan la posibilidad a quienes las utilizan de desarrollar miles de operaciones matemáticas por segundo, de controlar toda una gran variedad de sistemas informáticos, de calcular la trayectoria real de los misiles nucleares, entre otras cosas.

A diferencia de la ciencia básica de la que habla Kuhn –cuyas revoluciones si bien pueden transformar la imagen del mundo de una comunidad científica o de toda una

sociedad, no pueden transformar las acciones posibles de sus usuarios debido a que sus cambios son de orden epistémico y no instrumental— las tecnociencias ofrecen al público nuevas herramientas con las cuales pueden desarrollar sus actividades de una forma más eficiente a la conocida antes de su aparición. Como menciona Linares [2008: 380], el fin de la racionalidad tecnocientífica no es la contemplación de la naturaleza, sino la creación de artefactos que puedan transformar al mundo y a los hombres. En suma, se debe decir que las revoluciones tecnocientíficas, en contraposición con las revoluciones científicas, pueden potenciar las acciones de sus usuarios, no sólo aumentar, corregir o transformar su conocimiento del mundo.

Ahora bien, hay que mencionar que, además de la modificación del mundo natural, social y de las acciones, la revolución tecnocientífica tiene otra característica que la deja fuera del concepto de revolución científica de Kuhn. Esta característica es que “las revoluciones tecnocientíficas conllevan un profundo cambio en el lenguaje científico y tecnológico, pero dicha transformación no atañe a las relaciones de significado entre el lenguaje y la naturaleza, que son las que le preocuparon a Kuhn” [Echeverría, 2003: 150]. Lo que sucede en el caso de las revoluciones tecnocientíficas es la emergencia de nuevos lenguajes, a saber, los informáticos. De una vez es necesario aclarar que, según la postura de Echeverría, estos nuevos lenguajes, aunque pueden referirse a cosas y objetos, tal función es secundaria ya que ante todo se refieren a acciones [2003:15].

Como se recordará, para Kuhn [2010: 64] una revolución científica queda caracterizada como los episodios destructores de la tradición que complementan a la actividad científica normal. En trabajos posteriores a *ERC*, este filósofo dice que la característica principal de las revoluciones científicas es “su alteración del conocimiento de la naturaleza intrínseco al lenguaje mismo, y por tanto anterior a todo lo que puede ser completamente describable como una descripción o una generalización, científica o de la vida diaria” [Kuhn, 1981: 92]. En pocas palabras, se puede afirmar que las revoluciones científicas se refieren a una alteración no acumulativa en el conocimiento de la naturaleza. Si tales revoluciones se refieren a acciones, no queda claro en el pensamiento kuhniano.⁹¹ En efecto, Kuhn se centra

⁹¹ Aunque debe pensarse que la alteración del lenguaje que caracteriza a una revolución científica es una *acción* que cambia la práctica científica en general, ya que, entre otras cosas, afecta la forma en la que una comunidad científica ve e interactúa con el mundo. Sin embargo, cabe aclarar que Kuhn no maneja este

en los cambios de paradigma, en cómo estos conllevan una alteración en los supuestos compartidos de la comunidad científica, en el cambio de relación de algunos conceptos –al igual que el cambio de su significado– que modifican el conocimiento del mundo existente, etc.

Ahora bien, si una de las características de la revolución tecnocientífica es la emergencia de infolenguajes informáticos que se refieren, de manera primordial, a acciones, se puede decir que la noción de revolución científica de Kuhn se muestra insuficiente para explicarla. Pues no es lo mismo describir el cambio en el conocimiento que el cambio en las posibilidades de la acción que conlleva la emergencia de una nueva forma de hacer ciencia. En el caso de los infolenguajes, su referencia a las acciones se da “cuando pulsamos un teclado de ordenador, un ratón o una pantalla táctil, ordenas que una máquina previamente programada ejecute una acción que queremos llevar a cabo” [Echeverría, 2003: 151]. Los infolenguajes ante todo posibilitan que las acciones digitales que los usuarios desean hacer en efecto se realicen. En este sentido, los lenguajes informáticos, más que referirse al conocimiento, se refieren al diseño, a la adecuación y a la corrección de las acciones previstas.

Los lenguajes informáticos, antes de su puesta en acción, son diseñados previamente de acuerdo a las necesidades que se requiera que satisfagan. Las acciones tecnocientíficas, al estar estrechamente vinculadas con la informática, requieren de tales acciones previas o de diseño para poder existir [Echeverría, 2003: 152].⁹² De ahí que la adecuación entre los lenguajes informáticos previamente diseñados y las acciones obtenidas a partir de ellos sea sumamente importante: no es lo mismo diseñar un programa de lanzamiento de misiles y simular en una computadora su recorrido, que llevar a la práctica real esta acción.

cambio en términos de un cambio de la práctica científica, por lo cual dicha transformación praxiológica queda implícita en su discurso.

⁹² Que una de las características de las acciones tecnocientíficas sea su necesidad de tener acciones de diseño para su existencia no implica que las acciones de la ciencia básica carezcan de tales acciones. Por ejemplo, Copérnico, antes de haber redactado el *De revolutionibus*, formuló sus primeros acercamientos sobre el heliocentrismo en su *Comentariolus*. De esta manera, el *De revolutionibus* no fue una obra sin antecedentes, pues antes de su formulación el astrónomo polaco tuvo la necesidad de ensayar una primera versión de su visión astronómica en su “pequeño comentario”.

La diferencia entre las acciones previas de la ciencia y las de la tecnociencia está en que las segundas necesitan de la mediación informática para existir, mientras que las primeras pueden ser realizadas sin la ayuda de las herramientas computacionales.

4.2. Los paradigmas científicos y tecnocientíficos

Con la emergencia de la tecnociencia, no sólo cambia la noción de revolución científica, sino también el concepto de lo que es un paradigma científico. Hay que recordar, aunque sea brevemente, que los paradigmas, según Kuhn [1969: 302], son los compromisos compartidos por una comunidad científica, pues son ‘propiedad’ de esta comunidad, motivo por el cual son una base sobre la cual los científicos logran acuerdos y una comunicación relativamente plena.

En el caso de la tecnociencia, las cosas son un poco más complicadas. Para empezar, es indispensable decir, junto con Echeverría, que las “tecnociencias no las hacen las comunidades científicas, sino entidades más complejas, las *empresas tecnocientíficas*” [2003: 156]. El punto relevante de este hecho es que los miembros de tales empresas comparten menos elementos que los miembros de una comunidad científica. Por ejemplo, muchas veces no comparten la misma profesión, lo mismos valores e intereses. Pero más importante que esto, no comparten los mismos lenguajes. Si tales miembros tienen profesiones distintas, entonces los vocabularios con los que están familiarizados para ejercer su profesión y actuar dentro de la empresa tecnocientífica han de ser distintos.

En segundo lugar, la tecnociencia, a diferencia del modelo kuhniano de la ciencia, puede trabajar con dos paradigmas opuestos con la finalidad de probar cuál de ellos produce mejores resultados [Echeverría, 2003: 156]. De esta forma, una empresa tecnocientífica tiene la posibilidad de trabajar con dos proyectos alternativos, cada uno de los cuales puede involucrar presupuestos distintos, diferentes herramientas, distintos métodos y equipos, etc. Sin embargo, se debe notar que para la empresa tecnocientífica lo que importa es alcanzar los objetivos de sus proyectos, no tanto los medios que se requieren para llegar a tales metas.

En tercer lugar, hay que mencionar que las disputas existentes entre dos empresas tecnocientíficas no se dirimen, como en el caso de la ciencia básica de la que habla Kuhn, recurriendo a las comunidades científicas, a sus miembros más relevantes o a sus supuestos comunes, sino recurriendo al agente tecnocientífico –ya sea éste militar, político o empresarial– que encargó y contrató la realización de una investigación [Echeverría, 2003: 157]. Finalmente, quien financia el proyecto tecnocientífico es quién decide quiénes y de qué forma será llevado a cabo.

En cuarto lugar, se debe hacer patente que “para que una empresa tecnocientífica desarrolle bien sus actividades es preciso dilucidar cuál es la organización más adecuada, asignando tareas, responsabilidades y funciones” [Echeverría, 2003: 158]. Como se ha dicho en las páginas precedentes, la empresa tecnocientífica requiere que se le gestione para que funcione adecuadamente. Por supuesto, esto no quiere decir que la ciencia básica no requiera de gestión alguna para su correcto funcionamiento. De hecho, se podría decir que es la comunidad científica quien organiza las actividades de la ciencia, pues ella puede dirimir las disputas entre los científicos, aceptar o rechazar un paradigma, hipótesis o leyes [Vid. Kuhn, 1969: 339; Pérez, 1999: 139-141].

Ahora bien, si la ciencia y la tecnociencia precisan de una gestión para su buen funcionamiento, hay que preguntar qué es lo que distingue la gestión de las empresas tecnocientíficas de la de la ciencia básica. Como menciona Echeverría, los paradigmas tecnocientíficos, en caso de que existieran, “han de ser muy distintos a los paradigmas kuhnianos, debido a que, por encima de la comunidades científicas, ha surgido una nueva modalidad de agente tecnocientífico, la empresa pública o privada de I+D+i” [2003: 158]. Ahora este nuevo tipo de empresa gestiona a la actividad tecnocientífica, para lo cual no es necesario que todos sus miembros compartan los mismos supuestos epistémicos o el mismo lenguaje, sino que hagan su parte para sacar adelante un determinado proyecto.

4.3. Los componentes de los paradigmas tecnocientíficos

Como se mencionó en la sección anterior, los paradigmas tecnocientíficos son muy distintos de los paradigmas científicos de los que habla Kuhn.⁹³ En el caso de la tecnociencia, sus paradigmas han de ser muy distintos a los científicos ya que “el sujeto de la tecnociencia es plural y los diversos agentes que la componen ni siquiera comparten los mismos sistemas de valores” [Echeverría, 2003: 164]. Este punto es de vital importancia para diferenciar a las actividades científicas de las tecnocientíficas, pues hay que recordar que los valores de la ciencia básica “contribuyen en gran medida a crear un sentimiento de comunidad de los científicos naturales como un todo” [Kuhn, 1969: 317].

⁹³ Dado que el tema de los componentes de los paradigmas científicos en el sentido kuhniano ya ha sido un tema recurrente de esta tesis, sólo se dirá que estos constan de los siguientes elementos: generalizaciones simbólicas, compromisos metafísicos, valores y ejemplares [Kuhn, 1969: 313].

Por el contrario, la tecnociencia, en caso de tener un paradigma o matriz disciplinaria, no tendría un sistema de valores comunes a todos sus miembros, por lo cual los conflictos de valores son inherentes a la actividad tecnocientífica. Dentro de esta actividad muchos de sus miembros no coinciden en la forma en la que valoran un determinado proyecto; además, ciertos agentes tecnocientíficos tratan de imponer sus valores sobre los demás, creando discusiones internas en la empresa tecnocientífica.

En el caso de los ejemplares, la situación entre la ciencia y la tecnociencia también es muy diferente. Para la ciencia básica que describe Kuhn, los ejemplares son “las soluciones de problemas concretos que se encuentran los estudiantes al comienzo de su educación científica, sea en los laboratorios, en los exámenes o al final de los capítulos de los libros de texto” [1969: 320]. Los ejemplares de la ciencia básica son modelos o ejemplos que guían la labor de resolución de problemas de una comunidad científica. Ahora bien, este tipo de ejemplares son de orden epistémico, pues ellos son la guía que ayuda a los científicos a ver y manipular la naturaleza desde una cierta perspectiva teórica [Pérez, 1999: 39].

Los ejemplares de la tecnociencia, en cambio, más allá de referirse a una perspectiva teórica, “tienen una concreción tecnológica” [Echeverría, 2003: 166], ya sea que ésta se manifieste en aparatos que mejoren la precisión de las observaciones o de las mediciones, algún algoritmo que tiene la capacidad de resolver un problema computacional, una nueva empresa que asume la estructura de la práctica científica, etc. La tecnociencia no sólo es ciencia básica, por lo cual sus ejemplares no sólo se toman como modelos para resolver problemas de corte epistémico, sino también para resolver dificultades técnicas. La investigación básica puede participar en la creación de un ejemplar tecnocientífico, pero sus conocimientos sólo serán un medio para la creación de un artefacto tecnológico.

Respecto a las “generalizaciones simbólicas”, Echeverría advierte que, con el avance de la tecnociencia, tales formalizaciones todavía existen. Hay que recordar que la ciencia, aun cuando pueda ser un instrumento tecnocientífico, sigue siendo desarrollada por las empresas tecnocientíficas. Sin embargo, a tales generalizaciones científicas “se les superpone una nueva modalidad de lenguajes, los tecnolenguajes o infolenguajes” [Echeverría, 2003: 166]. Como se ha visto en el presente apartado de este capítulo, una de las características de la tecnociencia es su mediación informática, por lo cual los lenguajes informáticos pasan a ser de gran importancia en este quehacer, ya que permiten la

representación digital de diversos escenarios, máquinas, etc., que en la realidad serían muy difíciles, costosos o imposibles de simular.

Además de los lenguajes informáticos, la tecnociencia conlleva en su seno otro tipo de generalizaciones simbólicas sin las cuales no podría trabajar, a saber, los formularios para solicitar proyectos de investigación, los informes de evaluación, las hojas de cálculo, los contratos de patentes, entre otras cosas [Echeverría, 2003: 166]. Como menciona Echeverría, la gestión y administración de las empresas tecnocientíficas dan lugar a nuevos tipos de generalizaciones simbólicas indispensables para su correcta organización y funcionamiento. Aunque estas nuevas generalizaciones la mayoría de los casos tengan que ver con la burocracia, no por ello pierden importancia. Efectivamente, la tecnociencia no sólo la hacen los científicos, sino también los gestores y administradores.

En cuanto a los compromisos metafísicos y los modelos teóricos,⁹⁴ se debe destacar que Echeverría apunta que con la emergencia de la tecnociencia “no hay grandes variaciones, salvo en algunas ciencias concretas como la cosmología o la biología [Echeverría, 2003: 168], en las cuales se han producido cambios revolucionarios en el sentido kuhniano del término. Además de esto, en lo referente al plano ontológico las tecnociencias que siguen un mismo paradigma o una misma forma de práctica, comparten una ontología básica. Lo que hay que destacar es que el principal cambio que trae consigo la tecnociencia es de índole praxiológica. En este sentido, pueden existir los llamados “modelos de buenas prácticas” implementados por una agencia tecnocientífica, los cuales tienen la posibilidad de ser un canon a seguir por el resto de las empresas tecnocientíficas.

4.4. La incompatibilidad entre sistemas tecnocientíficos

Además de las diferencias existentes entre los paradigmas y sus componentes, la tecnociencia y la ciencia básica también difieren en cuanto a la forma en la que sus paradigmas se encuentran separados. Dentro de la filosofía kuhniana, el concepto de “inconmensurabilidad” se aplica a aquellos paradigmas en los que no existe un lenguaje común en el que sus términos sean mutuamente traducibles sin pérdidas ni ganancias [Kuhn, 1989: 99]. Ahora bien, una de las características de una revolución científica es que la nueva teoría que se implanta dentro de una comunidad científica es inconmensurable con

⁹⁴ Sobre este tema, véase el primer capítulo de esta tesis.

su antecesora, lo cual quiere decir que en algún punto fundamental –como en las relaciones entre sus conceptos, su ontología básica, lo que cuenta como un ejemplar válido, etc. – difiere con ésta.

En el caso de las revoluciones tecnocientíficas, más que hablar de inconmensurabilidad entre dos teorías, habría que hablar de “*incompatibilidad entre sistemas tecnológicos*” [Echeverría, 2003: 173]. En efecto, la incompatibilidad existente entre dos sistemas tecnocientíficos tiene que ver sobre todo con las prácticas científico-tecnológicas, con el tipo de agentes que participan, con los instrumentos que van a utilizar para llevar a cabo sus proyectos, con los objetivos que tienen sus acciones y los resultados que se esperan de éstas. Así, la incompatibilidad existente entre dos empresas tecnocientíficas, más que teórica, es práctica.

Ahora bien, si en el caso de las revoluciones tecnocientíficas es más preciso hablar de incompatibilidad entre sistemas tecnológicos que de inconmensurabilidad teórica, ello es así porque las concepciones lingüísticas de las teorías como clases de modelos matemáticos o axiomáticos son imprescindibles para la tecnociencia. Como menciona Echeverría, no es que la actividad tecnocientífica no tenga ningún componente teórico. La situación es “que habitualmente se expresa en forma de modelos informáticos y artefactos tecnológicos” [Echeverría, 2003: 174]. La importancia de que las teorías utilizadas por la tecnociencia encuentren su expresión en la informática reside en que por más inconmensurables que éstas sean, pueden y de hecho son expresadas en el mismo lenguaje digital. Sin embargo, esto no implica que no exista una brecha entre las teorías por el sólo hecho de tener un lenguaje común, pues la brecha entre teorías científicas incompatibles va más allá de lo epistémico, ya que abarca el terreno de lo práctico. Como ya se dijo, el lenguaje informático expresa ante todo acciones, por lo cual dos infolenguajes diferentes expresarán acciones distintas.

4.5. Las disputas científicas y las contiendas tecnocientíficas

Cuando existen dos teorías científicas rivales generalmente, si no es que siempre, se dan controversias entre los científicos que defienden cada una de ellas. Tales controversias se originan debido a que los defensores de dos paradigmas contrapuestos parten de supuestos distintos, ya que pueden diferir en asuntos fundamentales como en su ontología, las

relaciones entre los vocabularios de sus paradigmas, etc. [Kuhn, 2010: 258]. Por ejemplo, los defensores de la teoría copernicana sostenían, a pesar de las creencias de los filósofos y astrónomos que postulaban el geocentrismo, el movimiento de la tierra, generando así múltiples discusiones en torno a tal movimiento, tal como el orden de los planetas en el cosmos, el lugar natural de los elementos, las dimensiones del universo, la función de la esfera de las estrellas fijas, entre otras cosas.

Si dentro de la ciencia básica existen controversias –aunque éstas sean de orden epistémico– habrá que preguntarse si dentro de la tecnociencia existen este tipo de conflictos. A este respecto, se ha dicho que si la tecnociencia tiene la capacidad para transformar al mundo y al hombre, entonces sus controversias versarán sobre las diversas formas que existen para lograr dicha transformación [Echeverría, 2003: 175; Linares, 2008: 382]. Ahora bien, dado que las contraposiciones existentes entre dos paradigmas tecnocientíficos diferentes no sólo son discusiones teóricas, puesto que pueden modificar al mundo mediante prácticas, “el término ‘controversia’ ha de ser reemplazado por el de ‘conflicto’ [Echeverría, 2003: 176]. En algunas situaciones tales conflictos no llegarán a sobrepasar el ámbito de la política científica. Pero en otros casos estas discusiones se extienden hasta el mercado, presentándose en forma de competencia entre empresas tecnocientíficas privadas. O más aún, los conflictos entre paradigmas tecnocientíficos rivales pueden llegar a tratar sobre la manera en la que cada uno de ellos puede beneficiar, o dañar, más a la sociedad y al medio ambiente.

Además de este tipo de conflictos, la tecnociencia puede llegar a tener otros. Por ejemplo, debido a que los paradigmas tecnocientíficos tienen la capacidad para transformar a la propia ciencia –para poner un caso, mediante nuevos instrumentos de medición– una de las contraposiciones más frecuentes entre dos paradigmas tecnocientíficos rivales consiste en mostrar que cada uno de ellos puede mejorar la práctica científica de forma radical y que, en ese sentido, tiene la capacidad para lograr avances en el terreno epistémico [Echeverría, 2003: 176]. Por otro lado, no hay que pasar por alto que la actividad tecnocientífica requiere de grandes y modernos equipamientos para poder desarrollarse, por lo cual algunas de sus controversias serán para decidir cuáles de tales equipos han de ser utilizados, construidos y financiados. Algunos de los miembros de una empresa

tecnocientífica pueden considerar que determinados aparatos pueden ser un desperdicio de tiempo, mientras que otros tendrán una opinión contraria.

A este respecto, se debe advertir que las controversias tecnocientíficas generalmente conllevan algún factor económico. Finalmente, una de las características de la tecnociencia es su financiación privada, motivo por el cual las empresas tecnocientíficas tratarán de proteger sus intereses económicos, principalmente de las malas inversiones que les provoquen pérdidas.

Otro de los factores relevantes de la disputas tecnocientíficas es que sus revoluciones no son llevadas por un agente singular,⁹⁵ sino que son llevadas a cabo por un conjunto de agentes sociales [Echeverría, 2003: 178].

Por supuesto, esta situación implica que las controversias tecnocientíficas siempre se encuentran permeadas por conflictos de valores, originados gracias a la pluralidad de agentes que participan en esta práctica. Por el momento, ya no se abundará sobre este tópico ya que ha sido tratado en páginas precedentes. En cambio, lo que debe retenerse es que una de las consecuencias de la pluralidad de agentes tecnocientíficos es que incluso el público desempeña un papel importante en los conflictos de las empresas tecnocientíficas [Echeverría, 2003: 179]. En efecto, no sólo la imagen de las empresas tecnocientíficas debe cuidarse ante el público consumidor para no generar desconfianza ante él, sino que también su opinión es relevante ya que él será el futuro usuario de las innovaciones tecnocientíficas, pudiendo así juzgar el resultado de tales innovaciones, dirimiendo incluso las controversias existentes entre dos empresas tecnocientíficas en torno a las bondades de sus productos.

⁹⁵ Por supuesto, habría que preguntarse si las revoluciones científicas en el sentido kuhniano del término son hechas por un agente singular.

Conclusión

Las páginas precedentes han tenido como objetivo mostrar que el modelo de la ciencia kuhniano se ha vuelto insuficiente para explicar y describir el desarrollo de la tecnociencia actual. Gracias al desarrollo de los tres capítulos anteriores se pueden llegar a las siguientes conclusiones.

En primer lugar, se debe poner énfasis en que el modelo de la ciencia de Kuhn no pierde su vigencia para explicar a la ciencia pura o básica. Una cosa es que ya no pueda describir una nueva forma de práctica científica que involucra en su seno diversos elementos tales como la economía, la política, la milicia, la sociedad en general, entre otros, y otra muy distinta es que haya perdido su capacidad para dar cuenta de la práctica científica tradicional. Para sustentar este último enunciado, debe verse, tal y como lo indica Echeverría, que el hecho de que a mediados del siglo pasado haya surgido un nuevo modo de hacer ciencia –a la sazón, la tecnociencia– no implica que la ciencia haya desaparecido, pues “las sociedades científicas y la ciencia académica siguen existiendo” [2003: 11].

De esta forma, se sostiene que el enfoque kuhniano de la ciencia básica aún tiene que aportar mucho al entendimiento de ésta. Por tal motivo, las tesis de Kuhn en torno al cambio científico, los componentes de los paradigmas, la inconmensurabilidad existente entre dos paradigmas separados por una revolución científica, entre otros tópicos, podrían seguir siendo aplicables al estudio de la ciencia básica. Por supuesto, esto no afirma que tales tesis kuhnianas sean incorregibles o que den la última palabra en el estudio de la ciencia. En cambio, lo que se quiere decir es que tales tesis tienen la capacidad para ser discutidas, corregidas, mejoradas o, según el caso, desechadas. En consecuencia, ignorarlas representaría un peligro para la filosofía de la ciencia, pues se le estaría privando de herramientas conceptuales que le son útiles y benéficas.

Una segunda conclusión es que si el modelo de la ciencia kuhniano es pertinente para la ciencia básica, pero no para la tecnociencia, entonces el estudio de la tecnociencia requiere de herramientas conceptuales distintas para su correcto abordaje. En efecto, si un estudio de la ciencia básica tan amplio como el de Kuhn es inadecuado para el estudio de la nueva práctica tecnocientífica, entonces se hace necesario el desarrollo de nuevos elementos teóricos que den cuenta de esta actividad, es decir, se hace necesaria una filosofía de la tecnociencia.

Para la tecnociencia ya no alcanza con postular que la ciencia no se entiende sin los sujetos que trabajan en ella o que depende de los valores, ideología y creencias de estos [Kuhn, 1975: 104], pues de antemano tal forma de práctica científica supone en su quehacer una multiplicidad de agentes [Echeverría, 2003: 82]. De esta forma, debido a que la tecnociencia representa una nueva forma de hacer y practicar la ciencia –y, por qué no, también un nuevo modo de práctica tecnológica– requiere de un metaestudio que se dedique a ella de manera exclusiva, así como la filosofía de la ciencia se ha dedicado, desde múltiples puntos de vista, al estudio de la ciencia básica.

Pero si se dice que la tecnociencia, al igual que la ciencia básica, requiere de un tratamiento independiente de ella, entonces habrá que dar alguna justificación para este requerimiento. Tal justificación no es difícil de ver si se toma en cuenta que la práctica tecnocientífica ha tenido una gran repercusión en nuestra sociedad actual. A partir de la última mitad del siglo pasado, si no es que un poco antes, los ejércitos más poderosos se han valido de los adelantos tecnocientíficos ya sea para usarlos en sus guerras o tenerlos como medios de persuasión para evitar posibles conflictos con otras naciones. De la misma manera, los nuevos artefactos tecnocientíficos se han vuelto indispensables para mucha gente de todo el mundo: hoy en día resulta casi impensable no contar con un teléfono celular o realizar un trabajo académico sin la ayuda de una computadora o de una tableta.

Con esto no se quiere afirmar que la tecnociencia haya abarcado cada uno de los rincones de la vida del hombre, pues tal afirmación sería un error.⁹⁶ Por el contrario, lo que se trata de decir es que esta nueva forma de práctica científica y tecnológica ha adquirido una relevancia tal para nuestra sociedad que ya no puede ignorarse o seguir siendo tratada con las herramientas conceptuales del pasado. La filosofía debe aterrizar sus reflexiones sobre los acontecimientos que suceden en el mundo actual. Y con más razón porque tales sucesos determinan las condiciones de su existencia. En consecuencia, si la tecnociencia se ha convertido en un factor determinante no sólo para una sociedad, sino también para el mundo en general, es menester de la filosofía estudiarla desde las distintas vertientes en las que se manifiesta para prevenir sus consecuencias y riesgos, apoyarla en el caso de que sea necesario, indagar en el tipo y la forma de conocimiento que produce, etc.

⁹⁶ No se debe desatender el hecho de que, además de la tecnociencia, siguen existiendo la ciencia básica y la tecnología. Tampoco debe olvidarse que, al menos en nuestro país, varios indígenas aún utilizan sus formas de producción tradicionales, como la siembra en chinampas.

De esta forma, se pone de manifiesto que una filosofía de la tecnociencia es un metaestudio de esta nueva forma de práctica científica que requiere estar adecuadamente contextualizada, ya que se encuentra relacionada con elementos concretos que determinan su existencia. A este respecto, conviene recordar, aun cuando sea un elemento que quedó anotado en las páginas precedentes de la presente tesis, que el mismo Echeverría [2003]⁹⁷ hace ver que la nueva práctica tecnocientífica se encuentra unida, aunque no de forma esencial, con varios sectores que anteriormente no resultaron tan relevantes para los estudiosos de la ciencia básica.

En consecuencia, una filosofía de la tecnociencia, en tanto que metaestudio de una nueva forma de práctica científica y tecnológica, deberá tomar en consideración la relación de ésta con la economía, la política, la ciencia básica, la sociedad, la tecnología, etc. Si bien es cierto que Echeverría ha adelantado algunos trabajos que dejan varias líneas de investigación sobre las relaciones de la tecnociencia con cada uno de estos sectores,⁹⁸ tales trabajos debe tomarse como introductorios, motivo por el cual se requieren de estudios más especializados al respecto.

La filosofía de la tecnociencia de ninguna manera deberá cerrarse a una sola perspectiva o punto de vista. En cambio, se afirma que una de sus características ha de ser la apertura a diferentes perspectivas, siempre y cuando éstas tengan un fundamento sólido sobre el cual apoyarse y aporten nuevos elementos que ayuden al entendimiento, crítica y discusión de esta forma de práctica científica y tecnológica. Es necesario tomar en cuenta que la apertura a la discusión es benéfica, ya que permite la crítica de diferentes posturas en torno a un mismo tema, así como la postulación de nuevas ideas que den una nueva perspectiva al campo que se estudia. Abrir a la tecnociencia a la reflexión filosófica conlleva dotarla de las herramientas conceptuales indispensables para que pueda abordar y tratar de encontrar una posible respuesta a los problemas que le atañen actualmente, tales como su democratización, el manejo de los riesgos o su uso para fines políticos-militares. Finalmente, se debe tomar en cuenta que la filosofía tiene la capacidad de hacer visibles las

⁹⁷ Debe tomarse en consideración que todo el capítulo dos de *La revolución tecnocientífica* de Echeverría está dedicado a mostrar la relación de la tecnociencia con diversos sectores, como con la milicia, la sociedad y las empresas privadas.

⁹⁸ V. El breve ensayo de Echeverría intitulado *La revolución tecnocientífica* [2005] y su trabajo llamado *De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia* [2010].

múltiples aristas de un problema, así como sus soluciones, por lo cual puede dotar a la tecnociencia de una visión más amplia de sus problemas y de sus soluciones.

Por ende, una filosofía de la tecnociencia podrá ser abordada desde una perspectiva ética, a la manera de Jonas [1995], desde un punto de vista político-ideológico, tal como lo hace Marcuse [2010] o desde un marco teórico que contemple los riesgos de la tecnociencia tal y como lo elabora Beck [2010], entre otros. Además de estos estudios de la tecnociencia, cabe la posibilidad de hacer otros más “especializados” que tomen en cuenta las relaciones de la tecnociencia con las diferentes ciencias. Como lo ha dejado ver Echeverría [2003: 106-47], existen diversas variedades de tecnociencias que van desde las tecnomatemáticas hasta la tecnofísica.

De esta manera, la especialización de los estudios de la tecnociencia se muestra como una vía para su abordaje. Sin embargo, no debe perderse de vista que la especialización conlleva un problema, a saber, el riesgo de la pérdida de comunicación: dado que entre dos especialistas existen vocabularios distintos, problemas diversos e intereses que muchas veces son contrapuestos, la comunicación se vuelve algo muy difícil de entablar [Popper, 2005: 99]. Así, este trabajo concluye que si bien los estudios especializados pueden ser muy útiles para la actividad tecnocientífica, estos no deben impedir que se elaboren otros que la aborden desde una perspectiva general.

Se debe señalar que ambos tipos de estudios de la tecnociencia –tanto los especializados como los generales– no se excluyen entre sí, ya que se pueden complementar. En efecto, una visión de conjunto de la tecnociencia tiene la capacidad de ofrecer un panorama general de sus problemas, de los agentes que involucra, de sus posibles riesgos o beneficios, entre otras cosas. Así, este tipo de estudio brinda la oportunidad de introducirse en el conocimiento de la actividad tecnocientífica. Por otra parte, los estudios especializados de la actividad tecnocientífica tienen la opción de abordar sus problemas específicos, de indagar sobre cuestiones concretas, de hablar y analizar la estructura de un determinado tipo de tecnociencia en específico, como las tecnomatemáticas. Por consiguiente, este tipo de estudios especializados suponen el conocimiento de la actividad tecnocientífica en general, pues sólo es posible hablar de los aspectos concretos de esta actividad cuando se cuenta con el conocimiento de su estructura general. De igual manera, un estudio general de la tecnociencia requiere de los estudios especializados, pues no tiene la capacidad de

abordar sus especificidades debido a que se encarga de mostrar las características comunes de la actividad tecnocientífica.

En síntesis, una mirada de conjunto de la tecnociencia es deseable para conocer y entender los problemas a los que se enfrenta, así como para dar cuenta de la relación entre estos. Si la tecnociencia es una actividad que se presenta a nivel global –aunque pueden variar sus objetivos, agentes, problemas, etc., de empresa a empresa– tendrá características en común que será necesario conocer para abordar sus particularidades, pues éstas sólo cobrarán sentido cuando se conozca el contexto dentro del cual se insertan. Además, los estudios particulares de la tecnociencia, complementándose de forma adecuada, tienen la capacidad para dar guías de solución a sus problemas generales, ya que de la unión de diversas perspectivas, de su discusión y de su crítica se puede llegar a una conclusión que pueda ser la respuesta a un determinado problema. En suma, se afirma que tanto los estudios especializados como los estudios generales de la tecnociencia son útiles, ya que usados debidamente se complementan.

Por último, se concluye que, aunque la filosofía de la tecnociencia se presente como una rama aparte de la filosofía de la ciencia o de cualquier otro tipo de filosofía, requiere mantenerse en contacto con las otras ramas de la filosofía; dada la gran cantidad de componentes de la tecnociencia, ésta mantiene relaciones con otras áreas de la filosofía que la pueden ayudar a elaborar sus reflexiones. El mismo Echeverría [2003: 13] destaca la importancia de la filosofía de la ciencia que elabora Kuhn para el desarrollo de sus reflexiones sobre la tecnociencia. La posición de Echeverría se entiende gracias a que el trabajo sobre las revoluciones científicas que elaboró el filósofo norteamericano le sirve como punto de comparación para llevar a cabo su trabajo. De ahí que el filósofo español contraponga, en la tercera sección de su *Revolución tecnocientífica*, ambos tipos de revolución, a saber, la científica y la tecnocientífica. Además, no hay que pasar por alto que aunque la tecnociencia sea una nueva forma de práctica científica y tecnológica, finalmente involucra en su quehacer a la ciencia, por lo cual un metaestudio sobre esta nueva práctica puede apoyarse en la filosofía de la ciencia para entender a uno de sus componentes fundamentales.

Ahora bien, una cosa similar puede decirse de otras ramas de la filosofía. En efecto, la tecnociencia al verse involucrada con la política, con los valores, con el medio ambiente,

entre otros sectores [Echeverría, 2003: 61-106], tendrá la necesidad de valerse de la ayuda de otras ramas de la filosofía, como lo son la ética, la bioética, la filosofía política, etc., pues sus enfoques tienen la capacidad de hacerle entender las situaciones a las que se enfrenta. De esta manera, la filosofía de la tecnociencia, por ejemplo, se apoyará en la ética ante una problemática que involucre poner en riesgo la vida de seres humanos.

Finalmente, la filosofía de la tecnociencia, aunque tenga un campo de estudio propio, sigue siendo filosofía. En consecuencia, requiere del apoyo de las otras ramas de la filosofía con más antigüedad que ella. Y esta situación es así no por porque la ética, la filosofía de la ciencia u otras ramas sean más antiguas, sino porque ya tienen un bagaje conceptual elaborado que le puede resultar útil a la filosofía tecnocientífica. La filosofía de la tecnociencia no parte de cero, sino que ya cuenta con una base conceptual heredada por la tradición, en la cual podrá apoyarse, discutir, dialogar, criticar y modificar.

Se debe admitir que la filosofía de la tecnociencia todavía es una rama de la filosofía con un tiempo relativamente corto de existencia. A estas fechas, los trabajos que la han abordado necesitan perfeccionarse y actualizarse debido a que la tecnociencia se encuentra en constante movimiento y, por consiguiente, en constante cambio. De esta manera, la filosofía de la tecnociencia, como tantos otros temas de la filosofía, se convierte en una empresa sin fin que requiere de constantes y nuevas reflexiones y discusiones. Así, una filosofía tecnocientífica es un proyecto, por lo cual sólo hay aproximaciones en torno a él y no un trabajo definitivo que haya dado la última palabra.

Por consiguiente, la filosofía de la tecnociencia se muestra como un campo fructífero que tiene la posibilidad de ser la sede de numeras reflexiones en torno a él. Esta tesis se dará por bien servida si ha conseguido despertar el interés de sus lectores por la tecnociencia, además de haber renovado su curiosidad por la filosofía de la ciencia en general, y por el pensamiento kuhniano en particular. Aún queda mucho trabajo por hacer en los campos de la ciencia y de la tecnociencia, por lo cual es menester seguir indagando con un pensamiento crítico y reflexivo en torno a ellos.

Bibliografía

1. Básica

- Bush, Vannevar 1999. Ciencia, la frontera sin fin. *Redes 14*, num. 14: 8-68.
- Echeverría, Javier 2003. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- _____ 2005. La revolución tecnocientífica, *Confines*, 1/2 Agosto-Diciembre: 9-15.
- _____ 2009. Los sujetos de las ciencias. En *La ciencia y sus sujetos: ¿Quiénes hacen la ciencia en el siglo XXI?*, coord. Fernando Broncano y Ana Rosa Pérez Ransanz, 19-26. México: UNAM/Siglo XXI.
- _____ 2009 (2). Las repúblicas del conocimiento. En *Sociedad del conocimiento. Propuestas para una agenda conceptual*, coord. Rodolfo Suárez, 27-62. México: UNAM.
- _____ 2010. De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia. *Διαμων. Revista internacional de filosofía*, num.50: 31-41.
- Kuhn, Thomas 1959. La tensión esencial: Tradición e innovación en la investigación científica. En *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición en el ámbito de la ciencia*, 248-262, México: FCE.
- _____ 1962. La estructura histórica del descubrimiento científico. En *La tensión esencial*, 189-201. México: FCE.
- _____ 1968. La historia de la ciencia. En *La tensión esencial*, 129-150. México: FCE.
- _____ 1969. Epílogo. En *La estructura de las revoluciones científicas*, 301-353, México: FCE.
- _____, 1973. Objetividad, juicios de valor y elección de teoría. En *La tensión esencial*, 344-364. México: FCE.
- _____ 1974. Algo más sobre paradigmas. En *La tensión esencial*, 317-343. México: FCE.
- _____ 1975. ¿Lógica del descubrimiento o psicología de la investigación? En *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (1975), eds. Imre Lakatos y Alan Musgrave, 81-115. México: Grijalbo.
- _____ 1981. ¿Qué son las revoluciones científicas? En *¿Qué son las*

- *revoluciones científicas? Y otros ensayos* (2007), 55-93. Barcelona: Paidós.
- _____ 1982. Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad. En *¿Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos*, 95-135. Barcelona: Paidós.
- _____ 1990. El camino desde la *Estructura*. En *El camino desde la Estructura*, 113-129. Barcelona: Paidós.
- _____ 2008. *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento*. Barcelona: Ariel.
- _____ 2010. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.

2. Complementaria

- Aristóteles 2008. *Acerca del cielo/ Meteorológicos*. Madrid: Gredos.
- Arocena, Rodrigo 2003. Sobre la democratización de la ciencia y ciertos problemas de la política. En *La democratización del conocimiento*, ed. José A. López Cerezo, 25-49. España: EREIN.
- Bacon, Francis 1857. *Novum organon*. Paris: Libraire de L. Hachette et Cle.
- Beck, Ulrich 2010. *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Broncano, Fernando y Pérez Ransanz, Ana Rosa 2009. Tras el sujeto. A modo de introducción. En *La ciencia y sus sujetos. ¿Quiénes hacen la ciencia en siglo xxi?*, coord. Fernando Broncano y Ana Rosa Pérez Ransanz, 11-17. México: UNAM/Siglo XXI.
- Brooks, Harvey 1998. Understanding the Bush report. En *Science the endless frontier: learning from the past, designing for the future*, 12-22. New York: Columbia University.
- Bubner, Rüdiger 2010. *Acción y orden institucional. Ensayos de filosofía práctica y una reflexión sobre estética*. México: FCE.
- Carnap, Rudolf 1986. La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje. En *El positivismo Lógico*, comp. Ayer A.J., 66-87. México: FCE.
- _____ 2003. *The logical structure of the world*. Illinois: Open Court.
- Cebrián, Juan Luis 2004, *El Fundamentalismo Democrático*. España: Punto de

Lectura.

- Cole, Jonathan 1998. Understanding the Bush legacy. En *Science the endless frontier: learning from the past, designing for the future*, 4-11. New York: Columbia University.
- Copérnico, Nicolás 2009. *Sobre las revoluciones (de los orbes celestes)*. Madrid: Tecnos.
- De Ojeda, Jaime 2000. Estrategia Nuclear Hoy. *Política exterior* (14), num. 76: 47-52, 55-65.
- Descartes, René 2004. *Las pasiones del alma*. México: Ediciones Coyoacán.
- Duhem, Pierre 2003. *La teoría física. Su objeto y su estructura*. Barcelona: Herder.
- Estany, Anna 2003. Kuhn y el estudio interdisciplinar de la ciencia. Cap. 5 en *Popper/Kuhn. Ecos de un debate*, coord. Salvador López Arnal et al., 95-115. España: Montesinos.
- Gravroglu, Kostas et al. y Kuhn, Thomas, 1995. Una conversación con Thomas S. Kuhn. En *El camino desde la Estructura*, 301- 373. Barcelona: Paidós.
- Habermas, Jürgen 2010. *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos.
- Hanson, Norwood 1958. Observación. En *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, comp. León Olivé y Ana Rosa Pérez Ransanz, 216-252. México: Siglo XXI-UNAM.
- Horkheimer, Max 2010. *Crítica de la razón instrumental*. Madrid: Trotta.
- Innerarity, Daniel 2011. *La democracia del conocimiento. Por una sociedad inteligente*. Barcelona: Paidós.
- Jonas, Hans 1995. *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- Koyré, Alexandre 2008. *Del mundo cerrado al universo infinito*. México: Siglo XXI.
- Linares, Jorge Enrique 2008. *Ética y mundo tecnológico*. México: UNAM/FCE.
- _____ 2009. Problemas éticos en torno a la sociedad del conocimiento. En *Sociedad del conocimiento. Propuestas para una agenda conceptual*, coord. Rodolfo Suárez, 179-207. México: UNAM.
- López Cerezo, José 2003. Introducción: Las encrucijadas de la democratización de

- la ciencia. En *La democratización de la ciencia*, ed. José A. López Cerezo, 13-23. España: EREIN.
- Maffesoli, Michel 1982. *La violencia totalitaria*. Barcelona: Herder.
 - Marcuse, Herbert 2010. *El hombre unidimensional. Ensayo sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada*. Barcelona: Ariel.
 - Masternam, Margaret 1975. La naturaleza de los paradigmas. En *La crítica y el desarrollo del conocimiento (1975)*, eds. Imre Lakatos y Alan Musgrave, 159-291. México: Grijalbo.
 - Moreno Corral, Marco Arturo 2003. *La morada cósmica del hombre. Ideas e investigaciones sobre el lugar de la Tierra en el Universo*. México: FCE.
 - Natenzon, Claudia y Funtowicz, Silvio 2003. Ciencia, gobierno y participación ciudadana. En *La democratización de la ciencia*, ed. José A. López Cerezo, 51-76. España: EREIN.
 - Olivé, León 2008. *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. México: FCE.
 - _____ 2009. ¿A quién pertenece el conocimiento? Poder y contrapoderes en el camino hacia las sociedades del conocimiento. En *Sociedad del conocimiento. Propuestas para una agenda conceptual*, coord. Rodolfo Suárez, 89-198. México: UNAM.
 - _____ y Pérez Tamayo, Ruy 2011. *Temas de ética y epistemología de la ciencia*. Diálogos entre un filósofo y un científico. México: FCE, México.
 - Pérez Ransanz, Ana Rosa 1997. Cambio científico e inconmensurabilidad. Cap. 4 en *Racionalidad y cambio científico (1997)*, comp. Ambrosio Velasco Gómez. México: Paidós-UNAM.
 - _____ 1999. *Kuhn y el cambio científico*. México: FCE.
 - Platón 2008. *Diálogos VI: Filebo, Timeo, Critias*. Madrid: Gredos.
 - Popper, Karl, 1975. La ciencia normal y sus peligros. En *La crítica y el desarrollo del conocimiento (1975)*, eds. Imre Lakatos y Alan Musgrave (1975), 149-158. México: Grijalbo.
 - _____ 1983. Epistemología sin sujeto cognoscente. Cap. 3 en *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. Madrid: Tecnos.

- _____ 1991. *Conjeturas y refutaciones*. Barcelona: Paidós.
- _____ 2005. El mito del marco. Cap. 2 en *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad*. Barcelona: Paidós.
- _____ 2006. Los comienzos del racionalismo. Cap. 1 en *Popper: escritos selectos*, comp. David Miller, 25-31. México: FCE.
- _____ 2011. *La lógica de la investigación científica*, Madrid: Tecnos.
- Shapere, Dudley 1965. El problema de los términos teóricos. En *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, comp. León Olivé y Ana Rosa Pérez Ransanz, 47-69. México: Siglo XXI-UNAM.
- Suárez, Rodolfo, 2009. Introducción. En *Sociedad del conocimiento. Propuestas para una agenda conceptual*, coord. Rodolfo Suárez, 7-25. México: UNAM.
- Taylor, Paul W 2005. La ética del respeto a la naturaleza. *Cuadernos de Crítica*, num. 52: 46. México: UNAM.
- Zaldo, Araceli y Ugalde, Jesús 2003. El desafío de la democratización desde el punto de vista de la ciencia. En *La democratización de la ciencia*, ed. José A. López Cerezo, 77-99. España: EREIN.