

**La dimensión ética del progreso científico-tecnológico: Una reflexión desde Evandro
Agazzi.**

Juliana Rivera Lemos

Código: 201631000 - 3260

Universidad Del Valle

Facultad De Humanidades

Departamento De Filosofía

Santiago De Cali

2025

La dimensión ética del progreso científico-tecnológico: Una reflexión desde

Evandro Agazzi.

Juliana Rivera Lemos

Código: 201631000 - 3260

Trabajo Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De

Profesional En Filosofía

Director

Martin J. Urquijo, PhD

Universidad Del Valle

Facultad De Humanidades

Departamento De Filosofía

Santiago de Cali 2025

AGRADECIMIENTOS

La culminación de mi carrera profesional en filosofía, aunque es un logro personal, es también un logro de la familia, en particular, de ese núcleo familiar que, sin importar los altibajos que pudiese presentar a lo largo de estos ocho años extendidos de formación, siempre me alentaron a creer que sí podría conseguirlo. Especialmente, quiero agradecerle a mi madre, quién no solo ha cuidado de mí a lo largo de mi vida, sino que también cuidó y amó a mi hijo Samuel como su propio hijo para que yo pudiera lograr alcanzar este título universitario. Finalmente, quiero agradecer al cuerpo docente, especialmente al profesor Urquijo por su direccionamiento en todo mi proceso educativo en el área de filosofía.

Quiero igualmente dedicarle este logro, por un lado, a mi hijo Samuel, quien llegó a recordarme por qué no podía rendirme. Por otro lado, dedicarlo a mi persistencia y a la evolución que he tenido en mi vida gracias a la filosofía.

RESUMEN

Al centrar nuestra atención en la sociedad actual podemos evidenciar la relevancia que han adquirido los desarrollos de ciencia y tecnología, hasta incluso, invadir las tareas más cotidianas del ser humano. La sociedad actual parece medirse sobre la base de la utilidad tecnológica. Lo que nos lleva directamente a cuestionar lo que consideramos como *progreso científico-tecnológico*. Se hacen obvios los avances del desarrollo científico-tecnológico en campos como en la física, en la medicina, la biología y, así, en numerosos y nuevos campos a los que se ha logrado extender con éxito la ciencia y la tecnología. Sin embargo, de la mano de los logros alcanzados por la ciencia, se desprenden, ulteriormente, impactos éticos profundos. Por este motivo los esfuerzos del presente trabajo se centran en el análisis de la neutralidad axiológica de la ciencia y la tecnología a través de la contrastación de distintos autores como Dussel, Kuhn y Agazzi. Posteriormente nos centraremos en el análisis del caso concreto del Proyecto Manhattan y la creación de la Bomba Atómica con la intención de ver cuál es el papel de la ética en los desarrollos científicos tecnológicos.

PALABRAS CLAVES

- Ciencia
- Ética
- Tecnología
- Neutralidad
- Axiología
- Técnica
- Paradigma
- Epistemología

AUTORES

- Evandro Agazzi
- Thomas Kuhn
- Enrique Dussel
- Aristóteles

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I.	14
EL SISTEMA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO BAJO LA LUPA DE LA ÉTICA.	14
I.I. Introducción: Ciencia, Técnica y Tecnología.	14
I.I.I. Ciencia.....	16
I.I.II. Técnica.....	20
I.I.II.I. Tecnología.	23
I.II. Debate al respecto de la neutralidad de la Ciencia.	26
I.II.I. La verdad y la libertad como valores morales.	32
I.II.III. Los paradigmas kuhnianos como lentes que moldean el mundo.	39
CAPÍTULO II.	49
CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DE LA GUERRA: LA ÉTICA EN EL CONTEXTO DEL PROYECTO MANHATTAN.	49
II.I. La ciencia bajo el lente de la ética.	50
II.II. Acerca del juicio moral sobre los medios y los fines.	53
II. III. Sobre las consecuencias y la responsabilidad de los científicos.	60
II. IV. El problema de la eliminación del riesgo en el contexto del Proyecto Manhattan.	64
II. V. Conclusión: Hacia una ética para la ciencia y la tecnología.	66
III. CONCLUSIONES.	73
REFERENCIAS.	75

INTRODUCCIÓN

Al centrar nuestra atención en la sociedad actual podemos evidenciar la relevancia que han adquirido los desarrollos de ciencia y tecnología, hasta incluso, invadir las tareas más cotidianas del ser humano. La sociedad actual parece medirse sobre la base de la utilidad tecnológica. “Los productos de la tecnología han penetrado tan profundamente en nuestra vida cotidiana, hasta en los detalles más pequeños, que la condición natural del hombre moderno viene presentada por su mundo artificial” (Agazzi, 1996, pág. 55). Lo que nos lleva directamente a cuestionar lo que consideramos como *progreso científico-tecnológico*. Se hacen obvios los avances del desarrollo científico-tecnológico en campos como en la física, en la medicina, la biología y, así, en numerosos y nuevos campos a los que se ha logrado extender con éxito la ciencia y la tecnología. Sin embargo, de la mano de los logros alcanzados por la ciencia, se desprenden, ulteriormente, impactos éticos profundos. En este sentido, la neutralidad de la ciencia y la responsabilidad ética por parte de los científicos y técnicos cobra relevancia. Por tanto, esta monografía se centrará en responder a la pregunta: ¿Qué tensiones existen entre la pretensión de neutralidad de la ciencia pura y las implicaciones éticas de su aplicación? El análisis se hará a partir de las reflexiones que propone Evandro Agazzi en su libro *El bien, el mal y la ciencia: las dimensiones éticas del desarrollo científico-tecnológico*; donde considera que la ciencia debe distinguirse entre ciencia pura y ciencia aplicada; aun cuando la ciencia pura se centre en la consecución de un conocimiento verdadero, sus aplicaciones técnicas y tecnológicas la insertan, de antemano, en una dimensión ética. Aunque Agazzi es consciente que la neutralidad de la ciencia pura

es difícil¹, se inclina por salvaguardar una neutralidad axiológica, en tanto que la ciencia no busca ni expresa juicios de valor respecto a sus descubrimientos.

La neutralidad axiológica que defiende Agazzi puede ser susceptible a disputas cuando nos centramos en el análisis de la comprensión de los valores epistémicos que le atribuye a la ciencia (verdad y autonomía)² como valores que se insertan dentro de un marco ético que le es inherente al ser humano, en tanto que la ciencia como actividad humana puede ser orientada desde sus principios hasta sus fines. El comportamiento humano se guía o moldea por medio de intenciones (acciones que conducen a fines) y valores morales (verdad, libertad, justicia, honestidad, etc.); de ello se desprende que toda acción o actividad humana responde a fines y todo fin, ineludiblemente, trae consigo consecuencias que no pueden ser ignoradas. Por tanto, la verdad es una obligatoriedad moral y es un principio que guía las acciones humanas; asimismo, la verdad como valor epistémico es una obligatoriedad en la medida en que los científicos o la comunidad científica tiene la obligación de impartir conocimientos verdaderos. De esta forma, decimos que los científicos adquieren un compromiso con la honestidad, la transparencia y la precisión; este compromiso, de hecho, no es neutral en tanto que los valores morales no son objetivos, sino que dependen de contextos culturales e históricos, además de estar en consonancia con otros valores como la justicia, la

¹ La neutralidad de la ciencia, ya sea pura o como actividad es difícil, sin embargo, se hace el énfasis en la dificultad de la neutralidad de la ciencia pura en la medida en que Agazzi presenta una defensa de dicha neutralidad, es decir, que la ciencia pura debe aspirar a la neutralidad.; neutralidad que se garantiza por medio de la objetividad y el fin cognoscitivo. La ciencia como actividad, por el contrario, se enfrenta a una dificultad mayor en cuanto a la neutralidad, ya que este tipo de ciencia se refiere a la aplicación del conocimiento, aplicación que se encuentra cargada de intereses (acciones que conducen a fines), por tanto, la neutralidad de la ciencia como actividad queda ineludiblemente comprometida, mientras que, la neutralidad de la ciencia pura se defiende.

² Además de la verdad y la autonomía, existen otros valores epistémicos presentes en la ciencia, a saber, la objetividad, el rigor, las percepciones, la objetualidad y el saber parcial (tal como me lo indicó el profesor Carlos Rengifo), sin embargo, el análisis de esta monografía se centrará en el análisis de los valores como la verdad y la autonomía de la ciencia para mostrar que aunque son valores epistémicos parten de principios morales universales propios del ser humano, a saber, la libertad y la verdad.

empatía, etc. Sin embargo, es precisamente este compromiso el que permite la certeza y la confiabilidad en el conocimiento científico. Algo análogo ocurre con la autonomía entendida como libertad de investigación, pues es menester preguntarnos si en nombre de la ciencia se puede investigar y construir todo lo que se desea, o si, por el contrario, la autonomía debería entenderse como ya lo advertía Kant, como esa capacidad de actuar bajo principios racionales y morales, esto, en tanto que la completa libertad científica puede traer conflictos como lo ocurrido con la experimentación animal. Por tanto, la ciencia no puede ser completamente libre si de ello se desprende sufrimiento.

El análisis de un caso histórico como es el del Proyecto Manhattan y la creación de la bomba atómica, revela más ampliamente no solo la orientación de las teorías científicas como la de Einstein, que, inicialmente no tenían una aplicación práctica, terminó obedeciendo a fines políticos y militares dentro de un contexto de guerra. Si no, también, las consecuencias realmente preocupantes a causa de un déficit en la conciencia moral del ser humano, pues, al fin y al cabo, la ciencia es una actividad humana que responde netamente a su direccionamiento. Por lo tanto, los científicos no pueden ignorar las consecuencias de los usos para los que se disponen los conocimientos científicos. Así, la ciencia está lejos de ser neutral, en tanto se encuentra impregnada de valores y decisiones morales que tienen un impacto potencial en la sociedad y en el bienestar humano.

Esta monografía busca analizar, criticar y complementar las ideas que presenta Agazzi desde otros autores y desde mi propio análisis para abrir el debate acerca de la necesidad de implementar principios o criterios éticos al ámbito científico-tecnológico, con el fin de que este represente realmente un bienestar para la vida humana y la vida misma y no, como en algunos casos que ha estado destinada al poder y a la economía. En el primer

capítulo, se retomará la aclaración de los conceptos de ciencia, técnica y tecnología que propone Agazzi, complementándolas con las ideas de Aristóteles en aras de un breve recuento histórico de estos conceptos, para evidenciar, asimismo, sus relaciones y diferencias. Posteriormente, se abre el debate sobre la neutralidad de la ciencia al que traigo a Thomas Kuhn para determinar que la ciencia, ya sea aplicada o teórica, no puede ser neutral en tanto responde a contextos de valor dominantes (paradigmas). Por último, en este mismo capítulo se formulará una crítica respecto a la neutralidad axiológica de la ciencia que defiende Agazzi. La crítica parte de una tensión central, esto es, la pretendida neutralidad axiológica de la ciencia pura respecto a la ineludible dimensión ética de toda praxis humana desde la propuesta de Enrique Dussel en *14 Tesis de Ética* y *20 Tesis de Política*.

Agazzi, en su defensa de la neutralidad axiológica plantea que la ciencia debe mantenerse libre respecto a influencias externas a su fin cognoscitivo, preservando así, su objetividad, su búsqueda de la verdad y su autonomía. No obstante, esta visión idealizada - desde mi perspectiva- parte, en un principio, de reconocer que los conocimientos científicos pueden estar influenciados por ideologías, contextos históricos, sociales, culturales, además de intereses; se salvaguarda la neutralidad axiológica en tanto la presencia de dichos intereses son, propiamente, intereses cognoscitivos o valores epistémicos. La ciencia, entonces, garantiza su neutralidad y la objetividad mediante la validez del conocimiento en sí. Sin embargo, la propuesta de Agazzi ignora que el interés por alcanzar la verdad implica, de ante mano, la afirmación de ciertos valores morales. A partir el pensamiento de Enrique Dussel, se problematizará la neutralidad axiológica de la ciencia defendida por Agazzi. Para Dussel, el ser humano es, por su propia definición, un ser ético, ya que su praxis está siempre orientada a la producción, reproducción y desarrollo de la vida humana. De este modo, toda

acción humana, incluida la actividad científica, ya sea teórica o práctica, no puede desligarse de principios éticos fundamentales. Los valores epistémicos de la ciencia (rigor, verdad, autonomía, objetividad, entre otros) son concreciones de valores morales universales que el ser humano lleva consigo a los diversos campos de su praxis.

Desde la perspectiva de Dussel resulta insostenible afirmar una ciencia completamente neutral. Como toda praxis humana, la actividad o quehacer científico se encuentra ya anclada a la voluntad de vida, que impulsa al ser humano a investigar, conocer, y transformar el mundo. La ciencia, por tanto, debe de comprenderse como una mediación concreta de la vida humana que permite su afirmación y no como un ámbito externo a la valoración o reflexión ética. Desconocer lo anterior, sería olvidar el origen comunitario de la ciencia y su finalidad de promover la vida plena.

En el segundo capítulo tras determinar que la ciencia no puede ser completamente neutral -desde las propuestas de Kuhn y Dussel- nos arroja a analizar más de lleno no solo las consecuencias negativas, sino los fines y los medios para los que se disponen los conocimientos de ciencia y tecnología. Para ello, se tomará como referencia el contexto del Proyecto Manhattan, de manera que, podamos analizar el alcance devastador de un sistema científico-tecnológico que sobrepone la utilidad ante cualquier riesgo. Además, de poner de manifiesto el déficit de la ética, esto es, la reflexión y responsabilidad ética dentro del contexto de la Segunda Guerra Mundial. Se analizarán las ideas propuestas por Agazzi en la segunda parte de su libro, para aplicarlas al caso concreto del Proyecto Manhattan y resaltar la necesidad urgente de una ética que cobije el sistema científico-tecnológico y que haga de él, un sistema más afín a las necesidades de la humanidad. Finalizando, encontraremos una

tercera sección titulada *Conclusiones*, donde, se elaboran unas reflexiones finales a las que se llega a lo largo del presente escrito.

CAPÍTULO I

EL SISTEMA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO BAJO LA LUPA DE LA ÉTICA

I.I. Introducción: Ciencia, Técnica y Tecnología.

La ciencia, la técnica y la tecnología han desempeñado un papel fundamental y constitutivo en el desarrollo de la humanidad, determinando, en gran medida, su progreso social, económico y cultural. Por lo tanto, es importante entender cómo estos conceptos han ido desarrollándose y se han relacionado entre sí hasta constituir el sistema científico-tecnológico. Además, una adecuada comprensión de estos conceptos puede favorecer la reflexión ética. Si bien, aunque la ciencia aspira a ser un conocimiento puro y objetivo, su aplicación práctica a través de la técnica y la tecnología la insertan, ineludiblemente, dentro de un marco de valores y consecuencias éticas que no pueden ser ignoradas. Esto nos conduce a reflexionar sobre cómo la ciencia, la técnica y la tecnología se entrelazan y cómo sus interacciones requieren de una consideración ética más profunda, desembocando en la necesidad de establecer límites y criterios morales que orienten el desarrollo científico-tecnológico hacia la promoción del bienestar humano, mitigando así, los efectos negativos que de este se desprenden. Analizar estos conceptos no solo nos permite comprender sus roles y funciones, sino también, explorar cómo se insertan en un marco ético que va más allá de la mera consecución de un conocimiento verdadero.

Aunque este trabajo se centrará en las ideas que Agazzi presenta en su libro: *El bien, el mal y la ciencia: la dimensión ética del sistema científico-tecnológico* como fuente base de nuestro análisis, tomaré distancia de su pensamiento en tanto este presenta una concepción ideal frente a la ciencia, pues, aunque Agazzi reconocerá que la ciencia en su aplicación

práctica si tiene consideraciones éticas. La ciencia pura, es decir, ese esfuerzo por desentrañar las verdades del mundo, no debe, por el contrario, ser objeto de consideraciones morales. De aquí se desprende una cuestión ulterior, a saber, si esta ciencia pura que plantea Agazzi puede ser, en todo caso, neutral o no. La intención de este texto, por tanto, es defender la idea de que la ciencia, ya sea en su esfuerzo por conocer, o bien, desde su aplicación práctica se encuentra ya inmersa en un marco ético que le es inherente. Así, desde nuestra propia reflexión veremos cómo los valores científicos que Agazzi proporciona a la ciencia son valores morales en sí mismos. Además de complementar mi propuesta de valores epistémicos como valores morales con las ideas de Enrique Dussel en los libros *14 tesis de Ética* y *20 Tesis de Política*. Por otro lado, recurriremos a Thomas Kuhn y su libro: *Estructura de las revoluciones científicas* en lo que respecta a su análisis histórico y epistémico de la ciencia, para demostrar que ésta, en su proceso de construcción, se encuentra inmersa dentro de un marco de referencia (paradigmas) que estipula, de antemano, qué se investiga, así como sus métodos. Este marco de referencia contiene, a su vez, un conjunto de elementos compartidos que adopta la comunidad científica y que influyen en la comprensión y aceptación de las teorías científicas. Esta visión kuhniana, aunque no es propiamente una reflexión ética de la ciencia, nos permite desafiar las características que Agazzi le atribuye a la ciencia, a saber, la verdad, la objetividad y la autonomía. Al final de este texto llegaremos a la conclusión de que la ciencia, ni siquiera en su proceso de construcción del conocimiento puede ser completamente neutral, lo que conlleva a preguntarnos ¿qué criterios éticos son aplicables en el desarrollo de ciencia y tecnología a fin de proponer una empresa científico-tecnológica más responsable y afín al bienestar humano? Esta pregunta surge de contemplar los impactos negativos de un sistema científico-tecnológico que se ha desarrollado bajo una racionalidad instrumental y no propiamente contemplando el bienestar social.

I.I.I. Ciencia

A propósito de la discusión frente a la neutralidad de la ciencia constatada en el capítulo III: *¿Neutralidad de la ciencia?*³ -tema que se ampliará más adelante- Agazzi plantea un análisis de la ciencia bajo distintas perspectivas del concepto mismo de *neutralidad* con el fin de determinar si la ciencia es neutral o no. Parte, entonces, de considerar a la ciencia, no como una sola entidad abstracta, sino, como un cuerpo compuesto por un conjunto de conocimientos (saberes) y prácticas (actividades). Esta distinción nos servirá para ahondar en la dimensión ética que subyace a este respecto y es que inicialmente pareciera ser que la ciencia tiene un carácter neutral y objetivo, es decir, que no obedece a ningún tipo de interés o fin. Sin embargo, la ciencia aplicada nos revela cómo los intereses sociales, políticos, económicos, entre otros, influyen en el desarrollo de la ciencia, además de revelar la responsabilidad de los científicos en su práctica.

La ciencia -en términos generales- es una forma de conocimiento que busca comprender y explicar la realidad. A su vez, puede distinguirse en ciencia como *saber* y ciencia como *actividad*. La ciencia como saber o ciencia pura constituye un fin en sí mismo, es decir, el de conocer la realidad; es la esencia misma del conocimiento en la medida en que no requiere *necesariamente* ni busca soluciones prácticas inmediatas a determinados problemas, además de obedecer a características como la *objetividad* y el *rigor*⁴, que permiten la expresión de la racionalidad en la ciencia. Por otra parte, la ciencia como actividad o bien, la ciencia aplicada, puede decirse que, busca una transformación de la naturaleza, a saber, que tiene objetos prácticos concretos; se centra no solo en las teorías, sino que busca aplicar

³ Véase a Agazzi *El bien, el mal y la ciencia: las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, pp. 64 – 105.

⁴ Ibid., pág. 35.

ese conocimiento previo para dar respuestas o soluciones prácticas a problemas que surgen mediante la experimentación científica. Se dice, entonces, que el científico práctico, a diferencia del científico teórico más que comprender la realidad se interesa por la aplicación y consecuencias de dicho conocimiento.

Desde Aristóteles y su concepto de *episteme*⁵ o ciencia, se puede apreciar una distinción entre el conocimiento basado en la experiencia y el conocimiento verdadero. El primero se limita a la recopilación de datos mediante la observación empírica, mientras que el segundo busca entender las causas y principios subyacentes que explican esos datos.

(...) Y el conocer y el saber sin más fin que ellos mismos se dan principalmente en la ciencia de lo que es cognoscible en grado sumo, pues el que elige el saber por el saber elegirá preferentemente la ciencia por excelencia, es decir, la de lo cognoscible en grado sumo; lo cognoscible en grado sumo son los primeros principios y las causas, puesto que todo lo demás se conoce a través y a partir de ellos, pero ellos no son cognoscibles a través de sus consecuencias. (Aristóteles, 2019, p. 47)

El conocimiento por la experiencia puede verse reflejado en las observaciones celestes por parte de los astrónomos de la antigüedad. Estos podían ver y registrar movimientos planetarios; algunos que retroceden y que luego avanzan nuevamente en su órbita. Por otro lado, el conocimiento verdadero desde Aristóteles refleja esa necesidad de ir más allá de lo que se puede percibir por la experiencia. Para el estagirita no bastaba con describir únicamente los movimientos celestes, era necesario, entonces, comprender las

⁵ Del gr. ἐπιστήμη *epistēmē* 'conocimiento'. Conocimiento exacto.

causas que subyacen a esos movimientos.⁶ La ciencia, entonces, habría estado fuertemente influenciada por la visión aristotélica y el modelo geocéntrico ptolemaico⁷, desarrollándose bajo la observación, el análisis lógico y deductivo. Para Aristóteles la ciencia es demostrativa, no se trataba meramente de un ejercicio descriptivo, tenía como objeto, además, comprender las primeras causas y principios de las cosas. De manera que, el conocimiento verdadero corresponde a aquellos conocimientos que van más allá de las meras percepciones, es decir, de la experiencia (física). La ciencia (filosofía segunda), para Aristóteles, era en esencia metafísica (filosofía primera).

La revolución científica marcó una etapa fundamental en el desarrollo de la ciencia. La superación del modelo geocéntrico ptolemaico por la teoría heliocéntrica⁸ de Copérnico (1473-1543) determinó un cambio en la forma en cómo se comprendía el mundo. Asimismo, Galileo Galilei (1564-1642) sentó las bases fundamentales del método científico (observación y experimentación) por medio de la implementación del telescopio en observaciones astronómicas, brindando así, evidencia empírica que respalda la teoría heliocéntrica. Francis Bacon (1561–1626), planteó el método científico inductivo basado en la observación, experimentación y generalización de conclusiones, además de defender la idea de que todo conocimiento debe provenir de la experiencia, resaltando así, la importancia de los sentidos. Newton (1643-1727), por su parte, también promovió el método científico

⁶ En el modelo geocéntrico de Aristóteles plantea que la Tierra se encuentra en el centro del universo y los otros cuerpos celestes giran a su alrededor. Este posicionamiento se da gracias a que la Tierra es un cuerpo pesado y es el lugar hacia donde tienden a desplazarse los cuerpos naturalmente. Además, el movimiento de los cuerpos es circular, lo que simboliza la perfección y la eternidad del universo; estos cuerpos están conformados por una sustancia denominada éter. Véase a Aristóteles en *Acerca del cielo meteorológicos*, Libros I – IV.

⁷ En este modelo propuesto por Ptolomeo en el siglo II d.C., la tierra se concibe como una esfera estacionaria en el centro del universo rodeada por los demás cuerpos celestes.

⁸ Teoría que coloca al sol en el centro del universo y no la tierra como se pensaba en la antigüedad.

para la formulación de principios y leyes universales a partir de hechos particulares, tal como lo expresó con las *Leyes del Movimiento*, así como con la *Ley de Gravitación Universal*.

Estas influencias lograron, entre otras cosas, consolidar un método sistemático para la investigación científica, a saber, el método científico (observación, experimentación y verificación empírica). El tipo de razonamiento pasó de ser deductivo (partir de principios generales para llegar a conclusiones específicas) a inductivo (observación y generalización a partir de casos particulares; también, de universales a universales como de singulares a singulares) basado en la recopilación de datos. El empirismo, entonces, consolida las bases para lo que será la ciencia moderna ratificando, además, la importancia en la observación y la verificación empírica en las investigaciones científicas. Aquí, los sentidos jugarán un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia ya que el único conocimiento verdadero era aquel que debía ser constatado por la experiencia, añadiendo a la ciencia, un carácter riguroso y objetivo alejado de la metafísica.

Ya en el siglo XX, filósofos y científicos como Moritz Schlick (1882-1936), Rudolf Carnap (1891-1970), Philipp Frank (1884-1966) entre otros más que formaban parte del *Círculo de Viena*, en busca de una base sólida para el conocimiento, brindaron un aporte fundamental para la evolución de la ciencia y la filosofía de la ciencia. El *Positivismo lógico* estaba fuertemente influenciado por el empirismo además de incorporar la lógica formal. Esto supone la eliminación de todo intento metafísico para explicar los eventos del mundo. La ciencia se reduce a lo empírico, nuevamente, el único conocimiento válido para cualquier tipo de ciencia requiere, no solo de que exista verificación empírica (en un principio verificable, luego confirmable) que lo justifique, sino de un análisis lógico del lenguaje empleado con la intención de eliminar ambigüedades. Las ciencias (incluidas las ciencias

sociales) se unifican a través del lenguaje, de manera que, todas las proposiciones científicas sean expresadas de manera precisa.

Ya es bien sabido que el conocimiento científico no se basa solo en la creación de teorías que expliquen los fenómenos del mundo. El pensamiento científico, desde las bases aristotélicas hasta los fundamentos del método científico moderno, nos revela la evolución a lo largo de la historia de la ciencia. La relación inherente del conocimiento científico y su aplicación práctica nos conduce al análisis del concepto de *técnica*, en la medida en que será por medio de ésta que se aplicará el conocimiento científico a la resolución de problemas concretos, tal y como veremos a continuación.

I.I.II. Técnica

Una vez entendida la ciencia, damos paso a la comprensión de la técnica. La técnica también tiene una fundamentación en su raíz griega *Téchne*. Aristóteles, por su parte, hará una distinción entre la *Experiencia*, *Episteme* y *Téchne*; las primeras dos fueron tratadas en el apartado anterior. Ahora bien, *Téchne* era entendida como arte e implicaba un cierto tipo de habilidad, era un conocimiento que se orientaba más a la producción, no obstante, la técnica implicaba un conocimiento generalizado proveniente de la categorización y la similitud de múltiples conocimientos particulares (experiencia):

(...) el arte nace cuando a partir de varias nociones experimentales se forma una única idea general acerca de las cosas semejantes. Así pues, la idea de que cierto remedio funcionó para Calias al verse éste aquejado de cierta enfermedad, y para Sócrates y para otros múltiples casos entendidos individualmente, es producto de la experiencia. Pero la idea de que cierto remedio funcionó para una serie de sujetos agrupados en una misma categoría,

aquejados de la misma enfermedad, como los flemáticos o los biliosos o los abrasados por la fiebre, es arte. (Aristóteles, 2019, pp. 42-43)

Dentro de este contexto, tenemos que la *Téchne* o el arte implica una generalización de los conocimientos particulares. Es decir, el hecho mismo de identificar que un remedio no solo cura las aflicciones de un individuo particular, sino que, puede curar un grupo más amplio de individuos con las mismas dolencias⁹. En otras palabras, la *Téchne* parte del conocimiento experimental, pero requiere de un tipo de entendimiento orientado a las mismas prácticas a realizar en determinada actividad. Agazzi, por su parte, no discrepa mucho¹⁰ sobre la concepción aristotélica de la técnica, en la medida en que ésta representa un quehacer. La ciencia y la técnica se encuentran relacionadas entre sí y se diferencian, no por su objeto o finalidad, sino por medio de sus funciones y metas específicas:

La función específica y primaria de la ciencia es la adquisición del conocimiento, mientras la de la técnica es la realización de ciertos procedimientos o productos. La primera meta de la ciencia es la de conocer algo, la meta de la técnica es hacer algo. La ciencia es esencialmente una búsqueda de la verdad, la técnica consiste esencialmente en la ejecución de algo útil. (Agazzi, 1996, p. 93)

La ciencia se caracteriza por un saber, mientras que la técnica implica un saber hacer y se orienta a través de una lógica de la eficacia: “dentro del ámbito del hacer, podemos caracterizarla como el dominio del hacer eficaz, o sea, del hacer que no procede ya

⁹ Es decir, implica una caracterización, pasar de lo particular a lo general.

¹⁰ En el contexto de la antigua Grecia *téchne* implicaba un tipo de conocimiento que lo justificaba, tal y como lo mencionamos en párrafos anteriores, mientras que, en la modernidad y a causa del Renacimiento, este concepto es más bien visto como una mera habilidad práctica que no tiene justificación, se caracteriza más por su utilidad con relación al dominio del hombre sobre la naturaleza.

casualmente, o mediante simple ensayo y error, sino que ha descubierto reglas para alcanzar de modo correcto, preciso y satisfactorio, ciertos objetivos prácticos” (Agazzi, 1996, p. 95).

Hasta ahora hemos hecho una distinción entre la concepción de ciencia y técnica tal como se ha hecho tradicionalmente, sin embargo, y, paralelamente, guardan una estrecha relación en la medida en que la ciencia va a requerir de diferentes técnicas para dar solución a problemas específicos, por ejemplo, para la verificación misma de las teorías científicas y para llevar a cabo distintos tipos de experimentación. Asimismo, será necesario tener como base distintas teorías científicas sólidas para que sea posible un avance en la técnica, tanto en la creación de nuevos procedimientos como en la creación de herramientas. Se dice, entonces, que existe una relación simbiótica entre ciencia y técnica, que es cada vez más evidente dentro del contexto actual. Es decir, estamos en una era científico-tecnológica donde no es posible pensar un avance de la misma sin que la ciencia recurra a la técnica, por tanto, la relación entre ciencia y técnica es bidireccional; la técnica, además de brindar herramientas útiles para el desarrollo de ciencia, brinda nuevas preguntas y abre nuevos campos de investigación, por ejemplo, ante la imposibilidad de visualizar organismos indivisibles se potenció la invención del microscopio por Anton van Leeuwenhoek en 1590; como consecuencia de ello, se generaron avances indispensables en la microbiología. Del mismo modo, a partir de la ciencia se puede estimular la creación de nuevas técnicas como ocurrió con el *Modelo del ADN* presentado en 1953 por James Watson y Francis Crick y que precedió la *secuenciación del ADN*; técnica fundamental para el desarrollo de la genética y la medicina.

La técnica -en algunos casos- prescinde de la teoría (ciencia pura) para su ejecución, así, mientras un científico se ocupa de explorar, buscar y comprender las propiedades

químicas del agua, un ingeniero, por su parte, diseña un sistema para purificar el agua con el fin de que esta sea apta para el consumo humano y no precisamente para entender sus propiedades. Sin embargo, la técnica fue avanzando, si se quiere, a la par de las investigaciones científicas, pues, en cierto punto, bastaba con la habilidad práctica para ejecutar diferentes técnicas o artefactos con el fin de obtener una solución eficaz. No obstante, no debe entenderse a la técnica como meramente una extensión de la ciencia, ya que sus aplicaciones tienen un impacto dentro de la sociedad. En consecuencia, la técnica tiene también implicaciones éticas y, por tanto, requiere de su propio análisis ético.

Aunque la ciencia y la técnica se cimientan bajo un conocimiento sistemático, se diferencian entre sí en la medida en que la técnica se orienta hacia la utilidad y la producción, mientras que la ciencia proporciona los fundamentos teóricos que la técnica utiliza para resolver problemas concretos. La evolución de la ciencia y la técnica han dado origen a la *tecnología*, que representa la creación de herramientas como solución a distintos problemas que emergen dentro de la sociedad, impactando, a su vez, de manera más potente en ella.

I.II. II. Tecnología

De la técnica se va a desprender posteriormente la tecnología, siendo considerada esta como “una hábil aplicación de los descubrimientos científicos” (Agazzi, 1996, p. 93). No obstante, no hay que entender la tecnología como simple técnica en la medida en que la tecnología va a requerir y tiene una relación estrecha con la ciencia. Para ejemplificar lo anterior, podemos recurrir a la invención del telescopio, aunque este ha tenido aportes por parte de varios científicos a lo largo del tiempo, nos sirve para comprender que, por ejemplo, estos científicos no solo tenían una habilidad práctica (como la realización de diferentes lentes y técnicas), sino que, además, requerían la comprensión de los principios de la óptica.

La tecnología, entonces, se fundamenta en los conocimientos adquiridos por medio de la investigación científica, tanto teórica como aplicada.

Al hablar inicialmente de ciencia, distinguimos entre ciencia teórica y ciencia aplicada. Es menester volver a este punto con respecto a la tecnología, en la medida en que esta se nutre de ambos tipos de conocimientos:

La aplicación del conocimiento científico a la solución de un problema concreto consiste típicamente en el proyecto y construcción de un artefacto (esto es, de una máquina entendida en sentido lato), de la cual ya se sabe cómo y por qué funcionará, en cuanto ha sido proyectada utilizando conocimientos teóricos, más que prácticos, ya disponibles. En este paso consiste la fundación de la tecnología, como algo que, por un lado, se inscribe en el ámbito de la técnica, pero por otro se caracteriza por estas notas precisas y específicas. (Agazzi, 1996, p. 101)

La tecnología, por una parte, se nutre de la ciencia teórica en la medida en que es sobre este tipo de conocimiento que se fundamentan los desarrollos tecnológicos y, por otra parte, va a requerir de ciencia aplicada para la correcta aplicación de distintas técnicas que son necesarias a la hora de aplicar determinada tecnología o para su construcción. Aunque más adelante se retomará la creación de la bomba atómica para nuestro análisis ético, por ahora, nos limitaremos a utilizarlo para ejemplificar estas dos nociones (ciencia pura y ciencia aplicada) con respecto a la tecnología. La invención de la bomba atómica (1945) fue posible gracias tanto a la ciencia teórica como a la ciencia práctica. A propósito de la ciencia teórica, fue necesaria la ecuación propuesta por Einstein (1905) $E=MC_2$, que explica la equivalencia entre *masa* y *energía*, además de establecer que, “una cantidad pequeña de masa

puede convertirse en una gran cantidad de energía” (Cabrera, 2020, párr. 4). Así, dentro de los conocimientos teóricos presentes con respecto a la creación de la bomba atómica están: la mecánica cuántica y la física nuclear; hizo falta, entonces, comprender la estructura del átomo. La comprensión de esta teoría trajo consigo numerosos avances en la física moderna. Ahora bien, por parte de la ciencia práctica, la bomba atómica pasa a ser un artefacto de construcción tecnológica, en la medida en que se requirió que, dentro de los científicos que hacían parte del *Proyecto Manhattan* tuvieran conocimientos prácticos como en metalurgia (técnicas para crear y manejar correctamente ciertos materiales), radiación (técnicas de seguridad para evitar la contaminación por radiación) e ingeniería (diseño de armas).

Hasta aquí hemos podido identificar con mayor claridad los conceptos que serán fundamentales a lo largo de este trabajo. La ciencia, entonces, no opera como ente aislado al estar íntimamente relacionada con la técnica, pues ésta aplica el conocimiento a procesos específicos, que son, a su vez, orientados a la práctica. Asimismo, la integración entre ciencia y técnica da como resultado la tecnología, pues será por medio de ésta que se articulan los avances producto de la investigación científica, así como los avances en las diferentes técnicas para desarrollar herramientas que brindan soluciones a distintos problemas, generando así, una transformación en la sociedad. Todos estos avances representan, no solo un avance del desarrollo científico-tecnológico, sino, también, un impacto en la sociedad misma, algunos de los cuales tienen consideraciones éticas profundas. De aquí surge una cuestión que resulta bastante interesante respecto a la *neutralidad de la ciencia*, pues Agazzi plantea que, al menos la ciencia en su parte más pura debe mantener una *neutralidad axiológica*, es decir, libre de toda influencia externa a su fin epistemológico: el de *conocer* la realidad. Mientras que la ciencia aplicada evidencia su no-neutralidad al ser una práctica

orientada a fines específicos. La discusión frente a la neutralidad toma relevancia al preguntarnos si el conocimiento científico y su aplicación pueden llegar a ser completamente neutrales, en este caso, la discusión se centrará en mostrar que la ciencia no opera de manera aislada, que sea, por donde sea que se analice su supuesta neutralidad, la ciencia sí tiene implicaciones éticas, de manera que, la defensa que presenta Agazzi hacia la ciencia pura no es más que una utopía.

I.II. Debate al respecto de la neutralidad de la Ciencia

Una vez expuestos los conceptos de ciencia, técnica y tecnología y, con el propósito de ir introduciendo la dimensión ética, regresamos al tema de la *neutralidad* de la ciencia. Considero menester retomar la discusión apenas mencionada en la primera parte de este capítulo. La neutralidad de la ciencia permite evidenciar la relación existente entre ciencia y ética en aspectos fundamentales como la lucha de la ciencia por mantener su carácter imparcial y objetivo en la búsqueda del conocimiento, la orientación de los fines específicos que nacen al respecto de la actividad científica, la conciencia y responsabilidad por parte de los científicos en su práctica, así como las consecuencias que emergen del uso de la ciencia, entre otras cuestiones. Es importante considerar que la ciencia no puede solamente desligarse de cuestiones éticas y operar en un vacío. Es necesaria la integración de la ética en el ámbito científico-tecnológico. La neutralidad nos brinda los cimientos para dicha integración.

Pareciera ser que Agazzi tiene un enfoque un poco matizado respecto a la neutralidad de la ciencia. La distinción entre ciencia pura y ciencia aplicada, le permitirá analizar a la ciencia desde diferentes concepciones claves referentes a la neutralidad, a saber, “neutralidad entendida como «desinterés», como «independencia de prejuicios», como «no estar al servicio de intereses», como «libertad de condicionamientos», o como «indiferencia respecto

a fines»” (Agazzi, 1996, p. 68). Desde este análisis, la ciencia teórica o pura debe mantenerse libre de consideraciones morales, políticas, económicas, así como de intereses particulares o colectivos que surgen dentro de la misma comunidad científica, en la medida en que esta representa la esencia pura del conocimiento y, por tanto, debe conservar su libertad e independencia de influencias externas. La ciencia pura tiene, entonces, un fin cognoscitivo o epistemológico, es decir, la búsqueda del conocimiento verdadero y no, por el contrario, un fin moral. Sin embargo, la ciencia no siempre cumple con estos estándares de neutralidad en la medida en que el conocimiento puede ser orientado a otras prácticas o estar sujeto a condicionamientos externos:

(...) cualquiera podría observar que un científico considerado como individuo, o incluso la misma colectividad de los científicos tomada en bloque, podría ciertamente decidir atenerse a un rígido uso moral de no servir a intereses, pero con ello no podría evitar igualmente estar sujeto a los condicionamientos efectivos que tales intereses ejercen sobre la investigación científica, bajo forma de incentivos dados a ciertos tipos de investigación, o de financiamientos concedidos o denegados, o de obstáculos interpuestos al desarrollo de algunas ramas disciplinares o de ciertas teorías particulares. (Agazzi, 1996, pp. 76– 77)

La neutralidad entendida como *libertad de condicionamientos*¹¹ plantea la dificultad a la que se enfrenta la neutralidad de la ciencia más allá de su fin epistemológico. Pese a esto, Agazzi plantea que, aunque la ciencia puede estar bajo influencia de contextos de valor más amplios, esta debe mantenerse neutral de manera que no pierda su autonomía, es decir, su

¹¹ Véase a Agazzi en *El bien, el mal y la ciencia: las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*, pág. 76–77.

libertad para investigar sin estar subordinada a intereses externos. La autonomía, entendida como libertad, se presenta como una característica fundamental en la ciencia.

La ciencia aplicada, por su parte, no es neutral y trae consigo implícitamente decisiones que desembocan en una carga valorativa, en la medida en que toda actividad práctica científica está orientada a un determinado fin, esto es, qué investigar, cómo aplicar el conocimiento obtenido, además de gestionar las consecuencias emergentes. Por tanto, y, como los resultados de aplicaciones científicas prácticas pueden tener un impacto benéfico o perjudicial en la sociedad, Agazzi enfatiza que la técnica, la tecnología y la ciencia aplicada deben estar sujetas a consideraciones de índole moral, con la intención de que estas no solo representen un avance desmedido, sino que, obedezcan y propaguen los valores humanos. Cabe resaltar que, la ciencia aplicada debe estar orientada por valores morales debido a que esta tiene orientaciones prácticas específicas y se encuentra estrechamente relacionada con la tecnología. Tal como lo menciona Agazzi (1996) “he aquí entonces que, una vez admitida la competencia del juicio moral sobre la técnica, éste se extiende necesariamente también a la tecnología (...), y desde aquí igualmente a la ciencia, al menos a aquella parte que está directamente implicada en la tecnología y que constituye la ciencia aplicada” (p. 103). Adelanto, por tanto, un distanciamiento del pensamiento de Agazzi respecto a la supuesta neutralidad de la ciencia pura e independencia de valores.

Agazzi plantea una defensa de la neutralidad axiológica de la ciencia pura, presenta una concepción idealizada referente a la ciencia, pues pese a que admite que la ciencia aplicada puede estar influenciada por factores externos a ella, la ciencia pura, en contraste, debería mantenerse neutral. Así, la ciencia que plantea Agazzi, cumple con ciertas características que la hacen ser ciencia, a saber, que es objetiva, que busca la verdad y,

además debe tener autonomía, es decir, *libertad* para investigar. Asimismo, reconoce la influencia de factores ideológicos, culturales, históricos e intereses en la ciencia, sin embargo, postula la idea de que el interés por conocer la verdad o alcanzar un conocimiento verdadero garantiza la neutralidad y la objetividad de la ciencia, en la medida en que no se refiere a los fines externos y se enfoca en la validez del conocimiento en sí. “Si nos situamos en el punto de vista del interés por saber, todo conocimiento verdadero no puede sino satisfacerlo, de tal manera que la prosecución de tal interés salvaguarda siempre la neutralidad” (Agazzi, pág. 71). Se postula el interés intrínseco en la ciencia pura como un interés desinteresado cuyo objetivo es conocer la realidad por la mera idea de conocer, sin embargo, existen otros tipos de intereses instrumentales externos a la ciencia que pueden influir en la consecución de un conocimiento, así como en sus posibles usos y aplicaciones. En tal caso, la ciencia como actividad puede desarrollarse bajo intereses o fines externos a ella (como es el caso de la creación de la bomba atómica) y, la ciencia pura, debe mantenerse libre de tales intereses. En otras palabras, la ciencia pura, es decir, el conocimiento teórico, no debe depender de intereses como financiaciones, ni del por qué se investiga, así como de los beneficios que pueden generarse. Lo cual, desde mi interpretación se muestra como una concepción idealizada de la ciencia dado que, contextos como el Proyecto Manhattan y la creación de la Bomba Atómica reflejan justamente lo contrario, a saber, que el conocimiento, ya sea teórico o práctico se puede desarrollar bajo intereses externos al valor cognoscitivo de la ciencia. Así, los avances en física nuclear se gestaron no propiamente bajo la idea de conocer la realidad o de alcanzar un conocimiento verdadero, por el contrario, se desarrollaron bajo un contexto de guerra donde el fin que motivaba tales descubrimientos era específicamente ganar la guerra como sinónimo de mantener el poder político.

La crítica a la neutralidad de la ciencia puede también fundamentarse sobre la comprensión del ser humano como un ser de praxis comunitario¹² que actúa en múltiples campos prácticos. Dussel (2015) en su libro *14 Tesis de Ética*, plantea la ética como “la teoría general de todos los campos prácticos” (pág. 26). Además, sostiene en *20 Tesis de Política* que el ser humano “se hace presente en dichos campos situándose en cada uno de ellos funcionalmente de diversas maneras” (Dussel, 2010, pág. 16). Estos campos -científico, técnico, económico, político, entre otros- no son neutros moralmente, por el contrario, estos campos se encuentran permeados por valores, intenciones y finalidades. Para Dussel (2015) “el ser humano es inevitablemente y desde siempre ético” (pág. 22). Por tanto, la ética no es algo añadido externamente a la acción humana, si no aquello que lo constituye. De esta manera, el ser humano lleva consigo principios morales universales que, al interactuar en los diversos campos, se constituyen en normas o valores prácticos propios. Tal es el caso de la ciencia, aquellos principios como la verdad, la libertad (autonomía), el rigor y la objetividad son, en primera instancia, valores morales en sí mismos, que, al interactuar en el campo específico de la ciencia pasan a ser valores epistémicos.

Desde la postura de Dussel, la ciencia no podría considerarse axiológicamente neutral, en la medida en que los principios éticos fundamentales o universales -respeto por la vida, la búsqueda de la verdad y la autonomía- se traducen en valores epistémicos y normas metodológicas. Por tanto, la ciencia pura o teórica (conocimiento científico) no puede ser independiente al deber ético de producir, reproducir y desarrollar la vida humana, dentro del cual, se da el horizonte fundamental de toda acción responsable. Esta idea se refleja en la

¹² El ser humano no es un ser aislado, se desarrolla, piensa, vive y actúa siempre en relación a otros. Por tanto, la ciencia, como toda praxis humana, esto es, acción consciente, intencionada y transformadora, se da siempre en relación con los otros.

tesis 2 de 20 *Tesis de Política* cuando Dussel (2010) afirma que “la *voluntad de vida* es la tendencia originaria de todos los seres humanos” (pág. 25). Es decir, que toda praxis humana es movida por la voluntad de vida, que impulsa, a su vez, la satisfacción de las necesidades vitales, así como la construcción de medios para preservar y desarrollar la vida humana. Asimismo, la ciencia está lejos de ser axiológicamente neutral, en la medida en que ésta surge como una mediación concreta de esa voluntad de vivir.

La acción humana es el empuñar (o realizar) las mediaciones como posibilidades del poder-ser (la posibilidad fundamental). Y siempre, aunque sea una teoría, es una mediación práctica; es decir, enderezada al cumplimiento de la vida humana plenamente realizada: (...): la vida buena. (Dussel, 2015, pág. 49)

En otras palabras, no se investiga únicamente por la adquisición de un conocimiento, se trata, a lo sumo, de investigar para vivir mejor; para enriquecer la existencia humana:

(...) una acción teórica (como la ciencia o la filosofía) queda enmarcada en última instancia como una mediación práctica de afirmación de la vida. ¿Para qué investiga el científico? ¿Para qué en último término piensa el filósofo? ¿No es acaso para conocer más acabadamente la realidad, pero para manejarla a fin de realizar el poder-ser propio o comunitario? Aún la teoría tiene un estatuto práctico. (Dussel, 2015, pág. 50)

Esta concepción encuentra su fundamento ético en la tesis 5 de 14 *Tesis de Ética* cuando Dussel (2015) afirma que “la vida humana, siendo el fin de los fines es el contenido último de todo acto humano. De manera que el contenido final de todo acto es la afirmación de la vida humana misma” (pág. 72). Por tanto, los valores epistémicos que dirigen el quehacer científico no se desvinculan de la vida, son de hecho, mediaciones de la vida humana, tal como lo mencionamos en párrafos precedentes. Así, las teorías científicas como

quehacer humano encuentran su valor autentico en cuanto son medios para la afirmación de la vida humana. Tal como lo expresa Dussel (2015) “(...) la vida, como modo de realidad del ser humano, es el origen abismal de todos los principios; es el momento último de fundamentación aún teórico o epistemológico de la moral (y de la ética), de la filosofía y de todas las ciencias y las técnicas” (pág. 86).

En consecuencia, desde la perspectiva de Enrique Dussel, la pretensión de una ciencia axiológicamente neutral resulta insostenible. La ciencia, como toda praxis humana, requiere de la producción, reproducción y desarrollo de la vida humana. El hecho de no reconocer la dimensión ética en la ciencia nos puede llevar a una concepción fetichista y abstracta del conocimiento científico, algo análogo como lo acontecido en la economía, a saber, el valor propio que se le atribuye a los productos (mercancía), olvidando, en tal caso, que dicho valor se da por medio del trabajo humano. En la ciencia, por su parte, se trata del hecho de atribuirle autonomía o, si se quiere, “vida propia”, teniendo en cuenta que la ciencia no es una entidad abstracta, si no que depende enteramente de los seres humanos.

I.II.I. La verdad y la libertad como valores morales.

Entendida la tesis principal de Agazzi respecto a la neutralidad axiológica, más aún, la concepción dusseliana, podemos notar que se le está concediendo a la ciencia valores humanos como: la *verdad*, en la medida en que la ciencia no busca conocimientos falsos, de ser así, no podría alcanzar un conocimiento objetivo. La ciencia, entonces, en su aspecto más puro, se centra en la búsqueda de un conocimiento verdadero. La autonomía de la ciencia, por su parte, se refiere a la *libertad* para explorar diferentes investigaciones sin restricciones; la falta de autonomía desembocaría en una limitación de la ciencia, haciendo que esta pierda su fin epistemológico al decidir qué cosas se pueden investigar y cuáles no. Al Agazzi querer

mantener a la ciencia pura libre de valores y juicios morales, cae en una aparente contradicción en la medida en que la verdad y la libertad constituyen valores esenciales del ser humano.

La ciencia, entonces, se inscribe como una actividad que desarrolla el ser humano. Al ser una actividad humana, ésta se orienta (desde sus principios hasta sus fines) a través de las acciones del hombre; propiamente desde sus intereses y valores. Es por ello que, ante la pregunta de por qué orientar la ciencia desde la ética o por qué suscribirla dentro de un marco ético, la respuesta nos arroja justamente a la tarea de la ética, que busca la orientación de la acción humana. De esta manera, la ciencia pura no puede desentenderse de las implicaciones éticas. Aun cuando se puede confundir entre el *contexto de justificación* y el *contexto de descubrimiento*. Está claro, por un lado, que un conocimiento como el de $2 + 2 = 4$ no tiene una implicación moral. Sin embargo, no es lo mismo afirmar que no exista tal implicación desde un contexto de descubrimiento, donde se toman en consideración las diferentes influencias (como factores psicológicos, históricos, culturales, políticos) o intereses que persiguen los científicos a la hora de investigar y de descubrir una teoría, determinando, a su vez, los fines y principios de las investigaciones científicas. Por otro lado, toda acción humana es intencional, esto es, acciones que conducen a fines, por tanto, los científicos impregnan de esas intenciones (actos cargados hacia fines) a la ciencia, es decir, los científicos hacen ciencia para acercarse más a la verdad o para tener un conocimiento certero, pero también hacen ciencia para desarrollar maquinaria armamentística o para desarrollar herramientas y técnicas que potencien la medicina. En todo caso, la ciencia como actividad humana se ve permeada por la acción humana (cargada de intencionalidad), lo que justifica, a la vez, la presencia de valores en el desarrollo del conocimiento científico. La

intencionalidad, entonces, hace que toda acción humana tenga, innegablemente, consecuencias. Consecuencias que van a requerir de reflexión ética.

Pareciera ser que la ciencia realmente no opera en un vacío ético, por el contrario, opera dentro de un marco moral que le es inherente. Por tanto, es válido preguntarnos ¿cómo puede decirse que la ciencia, a este respecto, es libre de valores? Está claro que para Agazzi la ciencia teórica, el conocer que se busca solo por la mera idea de conocer, es neutral en tanto que un *saber* no puede generar un mal, mientras que un *hacer* sí. En consecuencia, la libertad y la verdad, valores que están presentes en la ciencia pura, la sitúan dentro de un marco ético en la medida en que estos valores no son neutrales y tienen una carga moral.

Ya habíamos mencionado en párrafos precedentes que la ciencia tiene como objetivo una búsqueda de la verdad. Aunque aquí se hace referencia a la verdad como un valor cognoscitivo implícito en las investigaciones científicas, la realidad es que se puede pensar esta desde una perspectiva moral. La verdad es un valor fundamental para el desarrollo de las relaciones sociales; la comunicación cimentada en la honestidad permite la confiabilidad fortaleciendo las relaciones entre personas e instituciones. Una vez comprometida la verdad se ocasionan conflictos, generando, incluso, disoluciones en los diferentes tipos de relaciones. En consecuencia, la verdad es una obligatoriedad moral; se espera que los individuos y las instituciones tengan la responsabilidad de decir la verdad y actuar conforme a ella, de lo contrario, las relaciones basadas en información distorsionada conducirán innegablemente a conflictos. Es por ello que la verdad es un valor que guía las acciones humanas.

Algo análogo ocurre con la verdad en la ciencia, pues este valor guía la investigación científica. La verdad en el conocimiento científico se asocia generalmente con la

correspondencia entre las teorías y los fenómenos de la naturaleza; su importancia radica en que el conocimiento además de ser útil, es fiable y certero, a fin de cuentas, la verdad permite que el conocimiento sea objetivo independientemente de posiciones subjetivas. Ahora bien, la verdad como un valor epistémico puede evaluarse paralelamente como un valor moral, en primera instancia, porque la comunidad de científicos tiene la obligación de impartir conocimientos imparciales, es decir, los científicos deben reportar los conocimientos obtenidos de manera fiable y sin ser manipulados. La búsqueda de la verdad implica un compromiso con la transparencia, la honestidad y la precisión. En consecuencia, en los científicos recae la responsabilidad no solo de brindar conocimientos verdaderos, sino en detenerse en las consecuencias de la aplicación de dichos conocimientos. Es aquí donde se interceptan estos valores, pues la investigación científica al estar orientada hacia la verdad, asume, ineludiblemente una responsabilidad ética de ser fiel a la naturaleza de los fenómenos que estudia, de manera que los conocimientos que se presentan como fiables permitan, a su vez, la confianza de la sociedad en la empresa científica. Este compromiso, de hecho, no es neutral en la medida en que está cargado de valores morales. La verdad, dentro de estos dos ámbitos, se refuerzan entre sí para permitir que el conocimiento científico y la actividad humana contribuyan al bienestar social.

La libertad, como ya lo hemos visto, es un valor que está presente en el proceso de hacer ciencia. La libertad no debe entenderse meramente como un estado de independencia, es decir, como la capacidad de hacer lo que se desea, ya que la libertad también implica la capacidad de actuar acorde a principios morales y racionales como ya lo advertía Kant¹³.

¹³ Kant en *Fundamentación de la metafísica de las costumbres* introduce el concepto de *autonomía*, el cual expresa que la libertad no se trata simplemente del hecho de hacer lo que se desea hacer; la libertad implica, por el contrario, la capacidad de actuar acorde a una ley moral que se da así mismo. Por otra parte, en *Crítica*

Además, a propósito de la ciencia, la libertad es un valor que promueve la autonomía de los científicos para investigar, cuestionar, descubrir teorías sin restricciones y, de asumir la responsabilidad frente a las decisiones que se tomen. Esta autonomía desemboca en la responsabilidad ética que deben asumir los científicos en su práctica, en la medida en que dicha libertad no debe sobrepasar los límites morales, de manera que la ciencia represente un bienestar y no se convierta en un instrumento dañino para la sociedad. Estos valores que Agazzi defiende como fundamentales en la ciencia son en sí mismos valores morales. Estos no son ni absolutos ni universales dado que están mediados por el contexto social, cultural, histórico, entre otros; además, están en consonancia con otros valores como la justicia. En consecuencia, si la ciencia opera de la mano de estos valores, está operando, a su vez, dentro de un marco ético que le es inherente a su práctica y que orienta qué investigar, cómo interpretar los datos, además de, cómo aplicar dichos conocimientos.

Lo anterior nos indica que la ciencia siempre está contextualizada dentro de una red de valores y que, por tanto, no puede simplemente negar su responsabilidad ética. A este respecto, podemos decir que la ciencia no puede ser axiológicamente neutral si opera de la mano de valores morales. Sin embargo, el análisis expuesto más arriba, también se muestra como un ideal al decir que la ciencia opera de manera autónoma y encaminada a la verdad, pues como ya se dijo, estos valores no son absolutos y están permeados por diferentes contextos que dejan entre dicho cómo es el proceso de hacer ciencia. Esto puede verse reflejado en el clásico ejemplo de lo acontecido con la defensa de la teoría heliocéntrica por parte de Galileo, donde la búsqueda de la verdad científica entró en conflicto con los valores,

de la razón pura, se profundiza sobre la idea de que la libertad es necesaria para la acción moral y, que, además, es la base sobre la cual se fundamenta la dignidad humana.

principalmente dentro del contexto de la Iglesia Católica como máxima autoridad de poder en el siglo XVII. Galileo (1564-1642) se encontró en medio de una contienda entre dos tipos de verdad, a saber, la verdad científica basada en la observación empírica y el razonamiento deductivo versus la verdad basada en la interpretación literal de las escrituras por parte de la Iglesia Católica. Al Galileo exponer sus ideas a favor del heliocentrismo por medio de observaciones astronómicas gracias a la implementación del telescopio, puso en jaque toda la visión teológica que mantenía el orden tanto social como político de dicha época contradiciendo las enseñanzas de la Iglesia que correspondían a la visión geocéntrica del universo. Este evento fue percibido como una herejía, en la medida en que se atentaba contra la autoridad de la Iglesia; Galileo se enfrentó a un dilema ético, en tanto que fue obligado a retractarse en público sobre sus ideas, debía entonces, decidir entre mantenerse fiel a los conocimientos que había obtenido por medio de sus investigaciones o, por el contrario, retractarse de tal manera que pudiera evitar su persecución. Este dilema no solo muestra un conflicto con la verdad en la ciencia, en la medida en que es idílico pensar que la ciencia está encaminada a una verdad desinteresada. La verdad, como ejemplificamos aquí, también puede ser obstaculizada por factores externos a ella; teniendo, además, implicaciones en la autonomía de la ciencia, en la medida en que se ve coaccionada, no por motivos justificables, sino como vimos en el caso de Galileo, por motivos de poder.

Aunque el dilema al que se enfrentó Galileo muestra que la búsqueda de la verdad y la autonomía en la ciencia pueden estar limitadas por factores externos a ella, también existe un dilema que muestra la cara opuesta a dicha limitación; la libertad científica y la experimentación con animales. En el siglo XX la comunidad científica se enfrentaba a un debate frente a la implementación de animales en las investigaciones científicas; la creciente

conciencia a favor del bienestar animal produjo numerosos movimientos que promovían los derechos de los animales. La crítica fue sustancial en contra de la instrumentalización de los animales en laboratorios para distintas experimentaciones. Los animales usados dentro de la experimentación científica sufrían a manos de procesos extremadamente dolorosos como sucedió con la prueba de Draize utilizada para evaluar la irritación en los ojos a causa de la exposición a diferentes productos cosméticos; los conejos eran amarrados y se les aplicaba distintos tipos de sustancias tóxicas directamente en sus ojos causándoles irritaciones, dolores intensos y hasta pérdida de la visión¹⁴. La exposición de estos y muchos otros casos de instrumentalización, experimentación y maltrato animal desembocaron en preocupaciones éticas que cobraron tanta relevancia que se gestaron movimientos activistas. Peter Singer (1946-), por ejemplo, en su libro *Liberación Animal* (1975) promueve los derechos de los animales; libro que ha sido relevante para los debates en torno a la experimentación científica contra los animales. Todos estos debates y movimientos activistas han acontecido, sin lugar a dudas, dentro de un marco ético que terminó por reglamentar, hasta el punto de prohibirse la experimentación científica con animales dentro de laboratorios. Frente a esto, podemos decir, que pese a que la ciencia, según Agazzi, debe reivindicar su autonomía; esta no puede ser completamente libre si por medio de la investigación se imparte sufrimiento y explotación a otros seres vivos.

Hemos visto hasta ahora que los valores que están presentes en la ciencia son valores morales en sí mismos y que, además, estos valores no garantizan un operar de la ciencia desinteresado, por un lado, porque la verdad puede no ser valorada como tal si se contrapone a visiones del mundo ya establecidas y, por otro lado, porque la libertad debe ir de la mano

¹⁴ Para ampliar esto, véase Humane Society International. (2021). Save Ralph [Cortometraje].

de la dimensión ética para asegurar que las investigaciones científicas no excedan los límites éticos. Ahora bien, si lo presentado hasta aquí no es suficiente argumento para decir que la ciencia no puede, por menos, aspirar a una completa neutralidad, bastará entonces con analizar este ideal desde la perspectiva kuhniana acerca de cómo se construye el conocimiento científico.

I.II.II. Los paradigmas kuhnianos como lentes que moldean el mundo

Si bien, Tomas Kuhn (1922-1996) en su libro *Estructura de las revoluciones científicas* no analiza la construcción del conocimiento científico desde una esfera moral; el concepto de *paradigma* tiene implicaciones que pueden ayudarnos a contrariar nuevamente la neutralidad de la ciencia pura como la concibe Agazzi, al evidenciar cómo un paradigma dominante influye en la construcción de lo que se considera como verdad en el conocimiento científico. Así, una primera etapa del desarrollo de la ciencia se caracteriza por su naturaleza competitiva y plural entre distintos modos de comprender el mundo. Según Kuhn (2004):

Las observaciones y la experiencia pueden restringir y han de restringir drásticamente el abanico de creencias científicas admisibles, pues de lo contrario no habría ciencia. Más por sí solas no pueden determinar un cuerpo particular de tales creencias. Hay siempre un elemento aparentemente arbitrario, compuesto de casualidades personales e históricas, que constituye una parte componente de las creencias abrazadas por una comunidad científica dada en un momento dado. (p. 28)

Para Kuhn no basta simplemente con la observación y la experiencia para determinar cuáles creencias serán adoptadas por una comunidad científica en un determinado momento, sugiere, por tanto, la presencia de subjetividades producto del contexto histórico y personal que influyen en dicha determinación. Esta perspectiva revela la presencia de factores

contingentes en el proceso científico. Estas contingencias, aunque no están estrictamente relacionadas con la evidencia empírica, afectan el desarrollo y la aceptación de las teorías científicas. La presencia de estas arbitrariedades en la construcción del conocimiento científico demuestra cómo los paradigmas influenciados por creencias personales e históricas desempeñan un papel fundamental en la ciencia. Así pues, aunque la ciencia se base en métodos racionales, también se encuentra permeada por el contexto en el que se desarrolla, cuestionando así la posibilidad de una ciencia completamente neutral y objetiva.

Agazzi plantea la objetividad como una característica fundamental de la ciencia. Esta objetividad es posible gracias a la intersubjetividad, es decir, a la capacidad de los individuos para establecer acuerdos en el uso de conceptos, metodologías y procedimientos independientemente de las visiones personales o individuales:

(...) el acuerdo intersubjetivo a propósito de una cierta noción, ya sea concreta o abstracta, viene del hecho de que los sujetos interesados disponen de un cierto número de operaciones, ya compartidas comúnmente, las cuales permiten verificar el uso uniforme que ellos hacen de ésta: tal cosa puede acaecer ya a nivel de la experiencia cotidiana, pero resulta aún más evidente en el caso de la intersubjetividad científica, la cual está siempre ligada al uso de procedimientos standard, aceptados y compartidos. (Agazzi, 1996, p. 40)

Estos acuerdos no serán, en todo caso, producto de una decisión *arbitraria*¹⁵, tal vez en el sentido kuhniano mencionado en párrafos precedentes, por el contrario, Agazzi (1996)

¹⁵ Las decisiones científicas se encuentran atravesadas, en parte, por elecciones humanas y no, únicamente por aspectos racionales y neutros. Es decir, la ciencia no es meramente un ejercicio de deducción a partir de hechos. La ciencia también se desarrolla teniendo en cuenta valores, intereses, cultura, así como el contexto histórico de cada época.

sostendrá que “no se trata de que, en un cierto momento, los científicos se pongan de acuerdo para hacer o decir ciertas cosas, para usar o rechazar ciertos instrumentos; sino que, mucho más simplemente, tal acuerdo se produce de hecho de un modo que no podría ser predeterminado a priori (p. 44). En otras palabras, los acuerdos surgen de manera natural, producto de las circunstancias históricas. Aunque Agazzi reconoce que la ciencia, así como sus herramientas y metodologías se desarrollan dentro de un contexto histórico, prioriza la objetividad desde la noción de intersubjetividad. Agazzi expresa que la objetividad, va a requerir, además, de lo que él denomina *neutralización del sujeto*,¹⁶ es decir, la mínima influencia del sujeto, en tanto su particularidad, no influya en la validez de los conocimientos científicos, reflejando así, su necesidad de liberar a la ciencia de factores axiológicos. Sin embargo, como veremos más adelante, Kuhn nos ofrece otra perspectiva sobre este asunto, por ahora, me enfocaré en analizar, al respecto de la objetividad, como esta puede ser susceptible a disputas.

Agazzi sostiene que la ciencia establece los objetos de su investigación mediante *predicados base*¹⁷ que sirven como herramientas para clasificar y evaluar los fenómenos de manera objetiva. Los predicados base resultan ser fundamentales a la hora de definir los objetos de estudio en la ciencia. Agazzi afirma que los fenómenos existen con independencia de las teorías que se puedan formular para comprenderlos. La tarea de la ciencia, por tanto, es observar, seleccionar y clasificar los objetos por medio de estos predicados base como

¹⁶ Ibid., p. 43.

¹⁷ (...) Así la mecánica, por ejemplo, considera las cosas desde el punto de vista de conceptos tales como la masa, la distancia espacial, o la duración temporal; la historiografía las considera desde el punto de vista de los resultados documentales, y así sucesivamente. En consecuencia, cada ciencia recorta dentro de las cosas los objetos propios, aplicando a ellas sus propios predicados específicos, de tal manera que tales objetos resultan en definitiva los referentes de estructuras particulares de predicados. (Agazzi, 1996, pp. 41-42)

herramientas conceptuales. En consecuencia, los fenómenos u objetos no necesitan de la teoría para existir; la teoría dentro de esta concepción se desempeña como una herramienta que permite el análisis y la organización de los fenómenos de manera coherente y garantizando su objetividad. Sin embargo, esta objetividad pasa a ser una objetividad relativa a un paradigma establecido desde la visión de Kuhn. A continuación, veremos por qué.

Para Kuhn, en contraste, la construcción del conocimiento científico se da gracias al proceso de cambio de un paradigma por otro. Los paradigmas “(...) son logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales” (Kuhn, 2004, pp. 14 – 15). En esta concepción “los paradigmas guían la investigación mediante un modelado directo, así como mediante reglas abstractas” (Kuhn, 2004, p. 96). Esto sugiere que los fenómenos no existen en un vacío teórico, es decir, con independencia de la teoría.

En la visión de Kuhn la teoría precede a la selección y evaluación de los fenómenos en la ciencia. Los paradigmas ofrecen ese marco conceptual que direcciona las investigaciones científicas; dentro del paradigma se establecen los fenómenos a investigar. La teoría no solo organiza y selecciona los fenómenos, sino que los construye en cierto modo. Esta idea resulta interesante a este respecto ya que se puede identificar cómo la objetividad de la ciencia en Agazzi puede ponerse en tela de juicio, en la medida en que no es una objetividad que valga para todos los casos; la objetividad, vista desde la perspectiva kuhniana, puede ser dinámica o relativa al paradigma, es decir, lo que se considera objetivo dentro de un paradigma, puede no serlo en otro.¹⁸ Con todo, el desafío que presenta la

¹⁸ Resulta interesante, a este respecto, que las posturas aquí contrastadas corresponden a un antirrealismo por parte de Kuhn, en la medida en que realidad científica dependerá de los paradigmas, ya que un cambio de paradigma implica un cambio en la percepción de la realidad misma. Agazzi, por su parte, es un realista

objetividad científica, nos adentra, sin más, a la imposibilidad de una ciencia completamente neutral. Por un lado, porque dicha objetividad puede ser relativa dependiendo del paradigma que esté dominando, por otro lado, porque los paradigmas conforman un cuerpo de creencias, teorías, reglas y valores que guían lo que se investiga.

Cuando un paradigma es aceptado por una comunidad científica, este no solo brinda a grandes rasgos un marco conceptual que determina cómo se desarrollarán las investigaciones científicas, sino que, además, un paradigma contiene todos los elementos que comparte una comunidad científica, a saber, teorías, métodos, valores y modelos. Estos elementos compartidos permiten la comunicación y los acuerdos necesarios para que una comunidad científica se desarrolle bajo un conjunto común de compromisos. Los valores compartidos dentro de una comunidad científica funcionan como guías en la evaluación de teorías, así como en la resolución de problemas que puedan suscitar; entre los valores presentes se encuentran: *la plausibilidad, la precisión, la consistencia y la simplicidad*.

Lo anterior nos permite ver, a grandes rasgos, el carácter multifacético de los paradigmas científicos. Sin embargo, para el propósito de este texto, es menester referir nuestra atención a la manera cómo la presencia de estos valores compartidos dentro de una comunidad científica pone en cuestión la neutralidad de la ciencia. Para Agazzi es fundamental que se considere a la ciencia desde su valor meramente cognoscitivo, es decir, desde ese esfuerzo para expandir el conocimiento, de tal manera que “la prosecución de tal investigación debe ser considerada como un fin en sí mismo moralmente indiscutible, y los resultados a los que da lugar no pueden ser valorados (o sea, aceptados o rechazados) sobre

científico ya que considera que es posible acceder a la realidad misma tal cual es de manera progresiva por medio de la ciencia, a pesar de los intereses y contextos que pueden influenciar en ella.

la base de criterios morales” (Agazzi, 1996, p. 103). No obstante, como ya mencionamos, los paradigmas tienen también una carga valorativa. “[Los valores] normalmente los comparten distintas comunidades con más frecuencia de lo que ocurre con las generalizaciones simbólicas o los modelos, por lo que contribuyen en gran medida a crear un sentimiento de comunidad de los científicos naturales como un todo” (Kuhn, 2004, p. 307).

Estos valores, aunque pueden guiar qué teorías son aceptadas, no pueden, en todo caso, aplicarse de manera uniforme dada su naturaleza variable, es decir, los valores pueden variar en cada científico en su particularidad y en función de los contextos intrínsecos a cada comunidad científica. Pese a que estos valores son compartidos por una misma comunidad su aplicación puede variar; su naturaleza subjetiva proporciona a la ciencia una evolución y una adaptación frente a nuevas circunstancias: “aunque los valores sean ampliamente compartidos por los científicos y aunque el compromiso con ellos sea a la vez profundo y constitutivo de la ciencia, la aplicación de los valores se ve en ocasiones considerablemente afectada por los rasgos de las personalidades individuales y por las biografías que caracterizan a los miembros de un grupo” (Kuhn, 2004, pp. 308 – 309). Esto no deja solo entre dicho la neutralidad axiológica que defiende Agazzi, sino la imposibilidad de una objetividad que no sea relativa a un paradigma establecido en la ciencia.

Los valores adquieren una mayor relevancia en la ciencia en la medida en que pueden conducir a la identificación de una anomalía dentro de un paradigma. Una anomalía, según Kuhn (2004) es “un fenómeno para el que el paradigma no ha preparado al investigador” (p.111)., o, en otras palabras, una anomalía se refiere a un fenómeno o problema que no ha sido predicho por el paradigma dominante. Inicialmente, estas anomalías pueden ser minimizadas por la comunidad científica que las consideran como posibles errores en el proceso de experimentación, por tanto, es menester resaltar que en los periodos de ciencia

normal, donde una comunidad científica trabaja inmersa dentro del marco propuesto por el paradigma, no se busca exactamente la creación de nuevas teorías, sino, la resolución de dichos problemas dentro del mismo paradigma.

Para Kuhn, la ciencia se muestra conservadora dentro de lo que un paradigma define, los esfuerzos de los científicos se centran en articular las teorías dentro del paradigma, ignorando muchas veces, problemas que no han de poder resolverse dentro de tal. No obstante, aunque la concepción de autonomía de la ciencia que presenta Agazzi puede verse desafiada por la cohesión que determina un paradigma, para Kuhn esto no representa un problema o un defecto, pues “al centrar la atención en un rango pequeño de problemas relativamente esotéricos, el paradigma obliga a los científicos a investigar algunas partes de la naturaleza con un detalle y una profundidad que de otro modo sería inimaginable” (Kuhn, 2004, p. 59). Ahora bien, esto no quiere decir que para Kuhn los paradigmas sean inmutables, de hecho, pese a que los científicos tienden a ignorar las anomalías que subyacen dentro de un paradigma, la acumulación de estas desembocará en un cambio de paradigma, o bien, en una revolución científica. Aunque un cambio de paradigma puede darse, la comunidad científica que trabaja bajo un paradigma ya establecido no renuncia a él de manera inmediata, de hecho, es necesario que antes de que se haga efectivo un cambio, exista ya un candidato a paradigma que pueda sustituir el vigente. Sin embargo, pese a que esto es así, la acumulación de problemas o anomalías que no pueden ser resueltas dentro del paradigma desembocan en una ineludible revolución científica.¹⁹

¹⁹ La física newtoniana, por ejemplo, como paradigma dominante durante al menos dos siglos, parecía funcionar bien para explicar distintos fenómenos del mundo, no obstante, Einstein al proponer su teoría de la relatividad, planteaba nuevas formas de comprender los conceptos como espacio y tiempo. Estos cambios produjeron anomalías en aspectos como la constancia de la velocidad de la luz y la curvatura del espacio-tiempo que no podían ser resueltos dentro de la teoría de Newton. Aunque hubo gran resistencia hacia la teoría de Einstein, actualmente la teoría de la relatividad general, se puede decir, es el paradigma dominante en conjunto con la mecánica cuántica.

Una revolución científica, esto es, un cambio de paradigma, trae consigo cambios radicales en la configuración de un nuevo paradigma; los métodos, las reglas, los valores, las preguntas, los problemas y los modelos cambian, lo que sugiere también un cambio en la visión del mundo, es decir, los científicos no comprenden ni interpretan el mundo de la misma manera: “los cambios de paradigma hacen que los científicos vean de un modo distinto el mundo al que se aplica su investigación” (Kuhn, 2004, p. 193). Con un cambio de paradigma no solo se gestan nuevos conocimientos, sino que se hace necesaria la destrucción de ciertas creencias anteriores. Este proceso permite el desarrollo y la adopción de un nuevo paradigma que terminará por reestructurar el campo de investigación a manos de nuevas preguntas y problemas. Más aún, la adopción de un nuevo paradigma produce una transformación profunda en la comunidad científica, que no se trata simplemente de sustituir un paradigma por otro, este cambio, por el contrario, va de la mano con un cambio en la percepción. Esto sugiere que los científicos no es que vean las mismas cosas de manera distinta, sino, más bien, que ven cosas nuevas que antes no se podían ver justamente por la cohesión del paradigma.²⁰ Estos cambios en la percepción resultan ser tan radicales que se pueden entender de manera análoga a la experiencia de una persona que usa lentes inversores. Esta analogía la implementa Kuhn²¹ para ilustrar que, aunque una persona que tenga lentes inversores esté viendo los mismos objetos, su percepción de ellos cambia drásticamente

²⁰ Kuhn nos explica por medio del ejemplo del descubrimiento del oxígeno estos cambios en la percepción: Lavoisier, decíamos, vio oxígeno ahí donde Priestley había visto aire desflogistizado y donde otros no habían visto nada en absoluto. Con todo, al aprender a ver oxígeno, Lavoisier tenía que cambiar también su visión de muchas otras sustancias más familiares. Por ejemplo, tenía que ver un mineral compuesto allí donde Priestley y sus contemporáneos habían visto una tierra elemental, y se dieron además otros cambios semejantes. Como resultado del descubrimiento del oxígeno, Lavoisier vio la naturaleza como mínimo de manera diferente. Y, en ausencia de algún recurso a esa hipotética naturaleza fija que “vio de manera diferente”, el principio de economía nos incita a decir que tras descubrir el oxígeno Lavoisier trabajaba en un mundo distinto. (Kuhn, 2004, pp. 204 – 205)

²¹ Véase a Kuhn en *Revolución de las estructuras científicas* p. 210.

producto de la alteración que producen los lentes. Algo similar ocurre con los científicos; los fenómenos que una comunidad científica estudia pueden ser los mismos, pero vistos a través de los lentes que ofrece un nuevo paradigma, no pueden, por menos, percibirse y comprenderse de manera distinta.

Frente al propósito de este texto, no queda por menos, concluir que, aunque Agazzi divida a la ciencia en teórica y práctica con el fin de salvaguardar la objetividad y la autonomía de la ciencia pura en aras de una reivindicación de su neutralidad; la ciencia está intrínsecamente ligada y se desarrolla bajo contextos culturales, históricos y sociales. Además, los valores, las creencias y la educación influyen en la aceptación y en el desarrollo de los conocimientos científicos. La verdad en la ciencia no se valora únicamente desde la experiencia, Kuhn nos sugiere, por el contrario, que estos factores externos desempeñan, de hecho, un rol fundamental en su proceso constructivo. Por tanto, la ciencia no puede operar en un vacío ético ni siquiera en su parte más pura que es la construcción del conocimiento. La ciencia siempre se encuentra contextualizada y sujeta a influencias que desafían su reivindicación con la neutralidad.

La interrelación entre ciencia, técnica y tecnología constituye un entramado complejo que exige una comprensión profunda de sus implicaciones éticas. La ciencia pura neutralmente axiológica que defiende Agazzi, resulta insostenible ante la evidencia de que el quehacer científico está intrínsecamente influenciado por contextos sociales, culturales y valores compartidos, tal como señala Kuhn. Esta interacción revela que el conocimiento no se desarrolla en un vacío, sino en un marco permeado por consideraciones éticas y morales que moldean tanto los objetivos de la investigación como su aplicación. Por tanto, es imperativo reconocer la necesidad de establecer límites y criterios que orienten el avance científico-tecnológico hacia el bienestar humano, promoviendo así un desarrollo responsable

que contrarreste los impactos negativos del sistema científico-tecnológico actual. En última instancia, la búsqueda de la verdad y la libertad, al igual que los valores morales que deben acompañar estas aspiraciones, nos exhorta a reflexionar y actuar desde un lugar de mayor responsabilidad ética en nuestro compromiso con la ciencia y su contribución al progreso de la humanidad.

CAPÍTULO II

CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DE LA GUERRA: LA ÉTICA EN EL CONTEXTO DEL PROYECTO MANHATTAN

El desarrollo científico-tecnológico ha impactado profundamente en la vida humana en la medida en que ofrece soluciones prácticas, eficaces y progresivas en múltiples campos. No obstante, la historia nos recuerda ese trago amargo que puede parecer muchas veces el *progreso*, ya que este implícitamente se encuentra conectado con múltiples riesgos a los que se expone la humanidad; principalmente cuando el progreso científico-tecnológico se exime de toda reflexión ética. Así pues, dispondremos del contexto de la Segunda Guerra Mundial, más precisamente, del Proyecto Manhattan y la creación de la bomba atómica como un logro indiscutiblemente técnico, pero que puso de manifiesto la primacía de la reflexión ética en torno a las consecuencias tras su detonación. Es preciso preguntarnos, entonces, si lo que consideramos como progreso nos ha hecho involucionar moralmente. En todo caso, las consecuencias devastadoras que dieron fin a la guerra, nos lleva a cuestionar nuevamente la neutralidad de la ciencia, así como el papel de los científicos respecto a la responsabilidad moral de sus descubrimientos y aplicaciones tecnológicas.

Nos dispondremos a analizar en torno a las ideas que desarrolla Agazzi, las implicaciones éticas del Proyecto Manhattan. Primeramente, cuestionando una vez más la posibilidad de una ciencia axiológicamente neutral, teniendo en cuenta que, en un principio, la ciencia se presenta como una búsqueda del conocimiento verdadero que, posteriormente, se puede orientar para los fines de la guerra. Además de reflexionar sobre la responsabilidad moral de los científicos que, podría decirse, evitaron por completo. En el presente capítulo no solo nos centraremos en cuestionar los medios y los fines para los que se dispusieron los

conocimientos científicos y técnicos, sino en evidenciar la necesidad urgente de integrar principios éticos en el desarrollo científico-tecnológico.

II.I. La ciencia bajo el lente de la ética

En el capítulo anterior hablamos sobre el debate acerca de la neutralidad de la ciencia, pues este podría conducirnos a la relación entre ciencia y ética. Un punto fuerte en la propuesta de Agazzi es la distinción que hace de la ciencia pura y la ciencia aplicada²², admitiendo que, aunque esta separación es poco posible en la práctica, adquiere su relevancia en la comprensión y en la diferencia entre estas. Lo hace principalmente -según mi perspectiva- debido a su interés de salvaguardar una neutralidad en el desarrollo de la ciencia pura. Así pues, la ciencia pura es la búsqueda de un conocimiento verdadero, mientras que la ciencia aplicada se preocupa por la aplicación de dicho conocimiento. Por tanto, en concordancia con el planteamiento de Agazzi, en la práctica se desdibuja, más evidentemente, dicha distinción. En las investigaciones teóricas, aunque en principio no se tengan intenciones de usar los conocimientos obtenidos para un determinado fin; la realidad es que, en contextos como el de la Segunda Guerra Mundial, los descubrimientos en ciencia teórica fueron orientados para fines bélicos. La neutralidad de la ciencia, como bien esperábamos, nos conduce exactamente a preguntarnos por las consideraciones morales que

²² Desde mi perspectiva, lo considero un argumento fuerte en la propuesta de Agazzi, en la medida en que permite el debate frente a la neutralidad de la ciencia, no se discute como tal si la ciencia como actividad puede aspirar a ser neutral; se entiende que al menos esta “parte” de la ciencia es orientada y, por tanto, no es neutral. Por el contrario, la ciencia pura, aunque se enfrenta a tensiones sobre si es posible o no ser neutral, la discusión se centra en cómo la ciencia pura debería mantenerse neutral axiológicamente. Esto no quita que Agazzi le de valor a ambos tipos de quehacer científico, simplemente realza la necesidad de implementar principios éticos en la ciencia como actividad, la técnica y la tecnología, mientras que, la ciencia pura debe mantener su independencia de valores morales. Se admite entonces, que tanto la ciencia pura y la ciencia como actividad responden a valores epistémicos, sin embargo, mi postura, resalta la necesidad de implementar criterios morales a la ciencia ya sea práctica o teórica.

pasaron a un segundo plano²³ a lo largo del Proyecto Manhattan y el desarrollo de la bomba atómica. De hecho, la dificultad a la que se enfrenta la investigación científica que pretende ser neutral, se agota en la interferencia de factores externos; así pues, “al principio del Proyecto Manhattan, el gobierno presupuestó seis mil dólares. El coste final sobrepasaría los dos mil millones de dólares” (Strathern, P., 1998, p. 21)., además de ser puesto en marcha con gran prioridad, reuniendo así, toda una élite de los mejores científicos, ingenieros y técnicos. Como consecuencia de ello, todos los desarrollos en la física nuclear se dieron alrededor de un único objetivo claro: la creación de la mayor arma de destrucción masiva hasta entonces conocida; la bomba atómica. Lo que comenzó siendo un esfuerzo por entender el mundo, terminó siendo implementado sin titubeo alguno para los fines de la guerra o, en otras palabras, para la autodestrucción.

Independiente del hecho de que la ciencia en un principio sea un esfuerzo del hombre por conocer y comprender el mundo, no se exime que existe una responsabilidad ética que, aunque pretenda ser ignorada, es crucial para que los desarrollos en ciencia y tecnología giren en torno al bienestar humano y no al contrario. La ciencia pura y la ciencia aplicada, puede decirse, sufren una fusión donde no se puede separar con claridad una de la otra en la realidad. Durante el siglo XX en el contexto de la Segunda Guerra Mundial se desarrolló el *Proyecto Manhattan*, siendo este el mayor programa de investigación que ha existido a lo largo de la historia de la humanidad y cuyos esfuerzos se centraban en la construcción de la bomba atómica a contra reloj, pues en Alemania ya se habían gestado investigaciones que arrojaban la posibilidad tangible de crear una bomba atómica. Lo que comenzó siendo un esfuerzo por

²³ En la medida en que la responsabilidad científica por parte de los científicos se diluyó a través del logro científico, técnico y tecnológico de la creación patente de la bomba atómica. Los científicos se limitaron a llevar a cabo tal artefacto dejando la responsabilidad de su uso en manos del poder político.

desentrañar las verdades del mundo, esto es, los descubrimientos en física teórica, pasan a ser, posteriormente, usados con fines prácticos para la guerra. Ya habíamos mencionado con anterioridad que la fórmula propuesta por Einstein $E=mc^2$ que, en un principio fue parte de su teoría de *Relatividad Especial*, fue fundamental para la comprensión de la *fisión nuclear*²⁴, principio que es pilar en el desarrollo de la creación de la bomba atómica. Estos conocimientos, en principio, fueron descubrimientos sin miras a un fin o a una aplicación práctica. Sin embargo, la necesidad de tener el control sobre la mayor arma de destrucción masiva, era sinónimo de ganar la guerra y mantener el orden social y político. Así pues, todos los desarrollos en química y física pasaron a seguir un objetivo práctico y todo conocimiento teórico se vislumbró en aplicaciones técnicas que condujeron al desarrollo de este artefacto tecnológico.

Esta distinción de la ciencia pura y la ciencia aplicada que implica, de cierta forma, salvaguardar la neutralidad de la ciencia pura, se hace insostenible al analizar contextos como el del Proyecto Manhattan dado que los conocimientos científicos pueden ser rápidamente implementados para la creación de armas destructoras que ponen en riesgo toda la humanidad. En consecuencia, reafirmamos la idea de que ni siquiera la ciencia pura puede ignorar las consecuencias que se generan sobre su aplicación técnica en la medida en que los conocimientos teóricos pueden dar apertura a nuevas aplicaciones prácticas que acarrear dilemas o impactos éticos profundos. A este respecto podríamos preguntarnos, si en todo

²⁴La fisión nuclear es en esencia la partición de un núcleo atómico en dos mitades aproximadamente iguales, proceso que libera una enorme cantidad de energía. La base teórica para ello había sido adelantada en la primera década del siglo XX por Einstein, como resultado de su teoría especial de la relatividad. Esta reacción está implícita en su célebre fórmula: $e = mc^2$, en la que e es energía, m masa y c la velocidad de la luz. Siendo la velocidad de la luz de unos trescientos mil kilómetros por segundo, se puede apreciar que una cantidad minúscula de masa m libera una cantidad formidable de energía e . (Strathern, P., 1998, p. 17)

caso, la ciencia pura puede ser neutral aun cuando sus conocimientos pueden ser implementados para la destrucción. Ante esto, ya habíamos señalado a lo largo del debate de la neutralidad de la ciencia, que es menester la presencia de criterios morales en el desarrollo científico con el fin de mitigar los impactos devastadores como consecuencia del uso de la ciencia. El Proyecto Manhattan es un claro ejemplo de los usos que se le pueden dar a la ciencia más allá de la mera idea de conocer, debido principalmente a factores de poder político. La ciencia y la técnica como actividades humanas pueden ser orientadas. La detonación de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki causó la muerte de cientos de miles de civiles, además de ocasionar grandes problemas a largo plazo debido a la contaminación por radiación. Ante esta problemática se evidencia una clara vaguedad en lo que consideramos como progreso; es evidente el progreso en el desarrollo de ciencia y tecnología, pero más aún evidente es el empobrecimiento o bien, el retroceso moral de la humanidad.

II.II. Acerca del juicio moral sobre los medios y los fines

Nos centraremos ahora en el análisis de los juicios morales sobre los medios y los fines dentro del Proyecto Manhattan. En el sentido que más allá de determinar culpables, la ciencia, efectivamente puede ser implementada con fines contrarios al bienestar humano. Y son estas implementaciones las que tienen un impacto en la sociedad y en la vida en general; un impacto que requiere de nuestra atención, especialmente de la reafirmación de la instancia moral en la empresa científico-tecnológica. Es evidente, en todo caso, que la ciencia y la técnica en su desarrollo han hecho aportes importantes a la humanidad, gracias a ello, se ha desarrollado a la par, una sociedad que no puede ser pensada sin miras al desarrollo científico-tecnológico. Esto, sin duda, tiene que ver con lo que mencionamos en párrafos

precedentes acerca de lo que consideramos progreso, pues a ciencia cierta, es facultad del hombre poder hacer ciencia y es este quizás el rasgo más valorado sobre la racionalidad humana, lo que desencadena, a su vez, una elevación de la ciencia y la técnica, en muchas ocasiones, en base a su utilidad; en los logros conquistados por el hombre y en las mejoras en la calidad de vida humana. La tendencia a valorar los logros científicos-tecnológicos desde un enfoque instrumentalista se da gracias a la multiplicidad de tecnologías que hoy se han ido apoderando de la vida humana. Mientras que se restó importancia a su valor cognoscitivo, es decir, a la necesidad de conocer la verdad. La sociedad valora más la utilidad práctica de la ciencia, reduciéndola a una capacidad pragmática que le permita alcanzar determinados fines prácticos, en lugar de la consecución de un conocimiento objetivo. Un dilema claro que se encuentra aquí radica en la tensión evidente entre el valor cognoscitivo de la ciencia y su valor práctico.

Agazzi menciona, a su vez, los tipos de racionalidad, que resultan menester en esta cuestión. La racionalidad teórica se preocupa meramente por la descripción y comprensión de los fenómenos perceptibles, es decir, de cómo son las cosas y por qué son de tal manera. A esto se dedicaron en primera instancia los científicos pertenecientes al Proyecto Manhattan, algunos de los más influyentes fueron J. Robert Oppenheimer (1904 – 1967) como el director del proyecto y Enrico Fermi (1901 – 1954); un físico que llevó a cabo la primera reacción nuclear en cadena controlada. Los primeros esfuerzos para la creación de la bomba atómica fueron esencialmente teóricos, tal como lo menciona Agazzi (1996) “de conocer lo que es” (p.205). Lo cual, se hace visible en sus esfuerzos por comprender la estructura del átomo, así como la energía nuclear y, respectivamente, la liberación de esta. Todos estos conocimientos representaron, sin duda, una evolución de la física nuclear, no obstante, no

bastaba, dentro de ese contexto, con el descubrimiento o reafirmamiento de las teorías en torno a la energía nuclear, se procedió entonces, pasar de una racionalidad teórica a una racionalidad práctica y una racionalidad evaluativa, en la medida en que la guerra cada vez cobraba más relevancia, se trataba de una lucha a contrarreloj de qué nación lograba construir primero dicho artefacto. Así, fue necesario disponer de todos los conocimientos teóricos para las aplicaciones técnicas que, posteriormente, dieron como fruto patente la bomba atómica. El direccionamiento de estos conocimientos a aplicaciones técnicas consistieron en el deber ser producto de la razón práctica. Es paradójico tratar de separar estos dos tipos de racionalidad, pues como hemos visto, el Proyecto Manhattan muestra la elevación de una racionalidad práctica en el desarrollo de ciencia y tecnología. Una racionalidad que abre los horizontes de la utilidad de la ciencia para fines prácticos.

De esta cuestión surge la pregunta: ¿se justifica usar la ciencia para fines destructivos? Este es el dilema ético que subyace de los usos de la ciencia con fines prácticos sin tener en consideración las posibles consecuencias. Agazzi enfatiza en la necesidad de orientar la racionalidad práctica por medio de la moral, es decir, de establecer criterios morales que puedan regular las acciones a realizar, así como los fines y los medios para los que se dispone la aplicación práctica de la ciencia, pues de lo contrario, los efectos ocasionados pueden ser *moralmente* inaceptables; cuando no hay un adecuado análisis ético en la orientación de la ciencia, esta puede usarse con fines bélicos tal y como ocurrió con el Proyecto Manhattan. Ahora bien, Agazzi (1996) resalta que “la ciencia y la técnica son buenas, pero no incondicionalmente” (p. 17). Esta brecha entre el *son buenas, pero no incondicionalmente*, representa el riesgo existente entre la consecución de un conocimiento verdadero y un déficit en el uso de la razón práctica (que solo valora la utilidad), ignorando, por completo, las

consecuencias y el bienestar humano; centrándose, por el contrario, en los fines bélicos de la guerra. En consecuencia, no se puede valorar éticamente como válidos los desarrollos de ciencia y tecnología en base a su utilidad, es decir, en base a los aportes tanto al conocimiento como al desarrollo sin tener en cuenta los resultados y las consecuencias. Se debe, por el contrario, lograr un balance entre estos dos tipos de racionalidad en tanto que es innegable que la sociedad contemporánea es una sociedad tecnocientífica²⁵, por tanto, es válido y necesario pensar en la utilidad, ya que aquí no se trata de oscurecer la imagen de la ciencia, más bien, se trata de disponer de la capacidad de juicio crítico que también caracteriza la razón humana, de manera que, se puedan orientar los desarrollos tecnológicos al bienestar humano.

La cuestión de los fines y los medios de la creación de la bomba atómica expresan un juicio de valor moral, a saber, si el fin (terminar con la guerra) justifica el medio (la muerte de más de doscientas mil personas entre Nagasaki e Hiroshima). El propio Oppenheimer expresó lo siguiente: “(...) siento que tengo las manos manchadas de sangre”²⁶ después de la detonación de las dos bombas atómicas; una de Plutonio y otra de Uranio²⁷. De esta manera,

²⁵ Una sociedad tecnocientífica es una sociedad donde la ciencia y la tecnología (especialmente la tecnología) toman el mayor protagonismo en todos los aspectos del desarrollo de la vida humana.

²⁶ Citado en Strathern, 1998, p. 33.

²⁷ Una cita interesante al respecto es: Rengifo-Castañeda, (2024): “En esta configuración de un mundo artificial, emergen nuevos interrogantes, tales como ¿cómo se evalúa el obrar del científico? ¿Se le juzga como científico en virtud de una racionalidad epistémica, más no práctica? O ¿Se le juzga por su proceder tanto en virtud de una racionalidad epistémica como práctica? Tal podría ser el caso de Robert Oppenheimer, quien, en la mañana del 16 de julio de 1945 en los Álamos, Nuevo México, en el marco del proyecto Manhattan, esperaba que tuviera lugar el evento científico tecnológico más determinante de la época y que transformaría gran parte del mundo natural. En tal situación, se puede probablemente advertir de Oppenheimer, por una parte, una racionalidad epistémica (creencial) madura en correspondencia con las condiciones de rigor y objetividad, necesarias para el alcance de un objetivo trazado por una ciencia en particular. Pero, por otra, una racionalidad práctica inmadura, enmarcada por los dilemas morales que acompañaban al proyecto liderado por él, y que no le permitieron prever las implicaciones axiológicas de su logro científico, lo que le condujo, probablemente al arrepentimiento, a verse —según él— convertido en la muerte, en un destructor de mundos. Predicándose, en este caso, de un agente racional, dos tipos de racionalidad en correspondencia con un evento en particular, la bomba atómica. Se trata, en efecto, de reconocer con esto que la racionalidad opera según Rengifo (2024) en condiciones ontológicas, epistémicas y pragmáticas específicas, las cuales determinan el proceder

se presenta un dilema ético tan profundo que puede resultar irresoluble, tanto o más que el muy mencionado dilema del tranvía. La cuestión es la siguiente: ¿los científicos pueden justificar el uso práctico de la ciencia para la creación de un arma potencialmente destructiva aun cuando el fin que se persigue es la paz? Pese a que enunciamos este dilema aquí de manera tan evidente, no resultó ser así en el caso del desarrollo del Proyecto Manhattan, sino hasta finales de la investigación donde se pronunciaron algunas inconformidades de índole moral. Strathern (1998) menciona que “los que trabajaron en Los Álamos han dicho que la presión era tal que no había tiempo de reflexionar sobre lo que realmente estaban haciendo” (p. 28). Aun cuando se anunció la rendición de la Alemania Nazi y varios de los científicos aconsejaron no lanzar la bomba contemplando las consecuencias negativas que surgirían de dicha detonación, ciertamente, el entonces presidente Truman no titubeo en ordenar lanzar la bomba ahora contra los japoneses, decisión que fue acatada por Oppenheimer. Podemos decir, entonces, que estas decisiones implicaron una elevación de la razón técnica, la cual, “se ocupa de establecer cuáles deben ser los medios si se acepta perseguir el fin determinado que ha sido planteado” (Agazzi, 1996, p. 211)., sin preocuparse o detenerse a valorar si el fin va acorde al bienestar humano o si es moralmente correcto, por el contrario, se centra en la elección eficaz de los medios para alcanzar el fin propuesto.

Al respecto del Proyecto Manhattan la razón técnica se expresa en la elección más eficaz de los medios (la bomba y la muerte de civiles) absteniéndose de hacer juicios de valor sobre ellos, en la medida en que sopesa más la eficacia para garantizar el fin (dar por terminada la guerra). En base a ello, se podría determinar que el fin propuesto, el de acabar

epistemológico y práctico de los agentes racionales, así como las implicaciones de sus elecciones racionales” (pág. 26).

con la guerra, fue un logro indiscutible visto desde la razón técnica cuyo propósito es la eficacia de los medios, es decir, bajo esta racionalidad, se cumple la muy usada frase: *el fin justifica los medios*, en el sentido de que efectivamente, la detonación de las bombas atómicas no solo puso fin a la guerra, sino que, de alguna manera, mantuvo el orden social por mucho tiempo. Un aspecto igual de sobresaliente en la razón técnica tiene que ver con “*la realización de todos los posibles*” (Agazzi, 1996, p. 214). Es decir, construir todo lo que técnicamente sea posible debe hacerse en función de su eficacia. Una vez tangible la bomba atómica, podríamos preguntarnos: ¿por qué no usarla? Los desafíos técnicos fueron tantos en el proceso de creación de este armamento nuclear que, una vez detonada la primera bomba atómica de prueba denominada *Trinity*, Oppenheimer exclamó: “me he convertido en muerte, el destructor de mundos”²⁸, siendo consciente del gran poder destructor que había creado, pese a ello, no se contempló realmente la posibilidad de no detonarlas sobre Japón. Este, sin duda, se presenta como otro dilema ético, pues si efectivamente, se construye todo lo que sea técnicamente posible sin cuestionarse los medios y los fines, la humanidad corre un grave peligro de ser autodestruida. Sin embargo, si nos centramos no en la aplicación o bien, en la utilidad, las consecuencias devastadoras de la detonación de la bomba atómica nos lleva a repudiar las acciones dentro del Proyecto Manhattan.

La razón práctica -que se encontró en déficit a lo largo de este proyecto- “se refiere directamente a los fines, pues es la empresa que tiene como tarea el llevar la esfera de los fines al nivel de la consciencia, de la crítica, de la reflexión y de la justificación” (Agazzi, 1996, p. 211)., dada su naturaleza encaminada al deber ser. Desde aquí, es válida la pregunta: ¿debía construirse y detonarse la bomba atómica? Efectivamente, como se mencionó más

²⁸ Ibid., p. 32 – 33.

arriba, técnicamente la bomba atómica cumplió su fin de acabar rápidamente con la guerra, sin embargo, el fin mismo y los medios empleados para lograrlo resultan ser moralmente condenables al contemplar las consecuencias devastadoras y a largo plazo resultantes. Por tanto, el papel de la razón práctica nos exhorta a reflexionar si lanzar estas bombas, casi que contra la población civil es moralmente justificable o si, de lo contrario, podrían haber sido pensadas alternativas que culminaran en la rendición de los japoneses. Es justamente esta la esencia de la ética. En todo caso, es indiscutible que los desarrollos de ciencia y tecnología pueden disponer de medios eficaces en torno a un fin determinado, pero el dilema ético subyace al cuestionar si los fines o los medios son justificables o moralmente condenables. Ahora bien, desde esta perspectiva, la creación y la detonación de la bomba atómica no se justifican moralmente si ello implica las consecuencias negativas resultantes (la muerte de civiles, las consecuencias genéticas y a largo plazo a causa de la exposición a la radiación).

La elevación de una racionalidad puramente instrumental se evidencia claramente en el desarrollo del Proyecto Manhattan, desconectándose, por así decirlo, de todo juicio crítico o de valor referente a las acciones ahí gestionadas. Este déficit de la razón práctica que colinda con la ética se debe principalmente a que:

Se aprecian los hechos, pero se desconfía de los valores (que son considerados casi como una coloración emotiva de los hechos); se toman en serio los medios, pero se evita enjuiciar los fines (que se consideran en poder del juego de las opciones subjetivas), se explora lo posible, pero se deja en la sombra el deber (también éste reducido a los oscuros mecanismos del psiquismo). (Agazzi, 1996, p. 215)

La ética ha sido marginada por la lógica de la eficacia propia de la técnica, esto es, el camino predeterminado que emprende el científico y la sociedad frente al desarrollo

científico y tecnológico, anulando, incluso, su libertad para deliberar sobre la responsabilidad ética implícita en estos desarrollos. Lo que se pretende decir, entonces, es que es necesaria la integración de estos dos tipos de racionalidad; que la razón práctica dirija la razón técnica para que, por medio de ello, se contemplen las consecuencias resultantes del desarrollo científico-tecnológico mediante la libertad y los valores humanos y no, únicamente, desde la utilidad que termina por ser autoritaria y deshumanizadora. En palabras de Agazzi (1996) es necesaria “una resurrección de la filosofía práctica, de una filosofía que se ocupe de los fines y valores, del deber ser en el sentido radical y (que) lo haga con convicción” (p. 219).

II. III. Sobre las consecuencias y la responsabilidad de los científicos

Al referirnos al juicio moral sobre los fines y los medios para los que el hombre; ya sea científico o técnico dispone los desarrollos científicos-tecnológicos, implícitamente también nos referimos a la orientación de la acción, es decir, la ciencia (como un sistema de saberes) y la técnica (como un sistema de procedimientos eficaces) no solo deben ser valoradas como tal, sino como actividades que implican la acción y el direccionamiento humano. En consecuencia, siendo la ciencia y la técnica entidades abstractas, no pueden, en todo caso, ser completamente autónomas, estas son, por el contrario, actividades que se realizan a través de la labor del científico y respectivamente del técnico. En otras palabras, de la ciencia no puede decirse que tenga un fin, en la medida en que no es un agente sino meramente una entidad abstracta que es direccionada por las acciones del hombre. Agazzi (1996) menciona que “el juicio moral puede (y debe) referirse a tal tipo de actividad, que es justamente actividad de seres humanos” (p. 231). Tanto la ciencia como la técnica no son actividades que puedan considerarse como ilícitas, lo que debe valorarse, entonces, es la acción orientadora que ejercen los científicos hacia el obrar científico-tecnológico.

La responsabilidad ante los usos y las consecuencias que emergen de la orientación del hombre a los resultados de ciencia, técnica y tecnología, recae, en todo caso, en los científicos, sin embargo, la responsabilidad suele diluirse dentro del contexto de una comunidad científica. De hecho, la construcción de la bomba atómica es considerada uno de los mayores logros científico-tecnológicos de la historia de la humanidad, pero es justamente, sobre este hecho que se subsume la responsabilidad científica individual. El Proyecto Manhattan puede ser entendido como una comunidad científica cuyo objeto práctico concreto es la creación de la bomba atómica, no obstante, cada científico y cada técnico hicieron sus aportes individuales para que fuera posible la construcción de este artefacto, y no es ni siquiera sólido pensar que esta responsabilidad individual se desvanezca ante el hecho de cumplir meramente con su labor científica. Más aun, cuando dicha labor se desarrolla dentro de un programa con fines bélicos como es el caso concreto del Proyecto Manhattan. La responsabilidad por parte de cada científico como agente moral, debe poder asumir, cuestionar y gestionar los resultados de las investigaciones prácticas, aun cuando se actúa dentro de una comunidad, en mayor medida cuando estas consecuencias entran a impactar directamente en la sociedad.

Dentro del Proyecto Manhattan y una vez creada la bomba atómica, pareciera ser que tanto el grupo de científicos como de técnicos que contribuyeron a su creación, evadieron casi que por completo la responsabilidad ética que sobre sus manos recaía, salvo por uno que otro científico que trató de evitar detonarla sobre Japón. Es, entonces que, la responsabilidad por parte de los científicos terminó al llevar a cabo la bomba atómica (técnicamente hablando), pero las decisiones de qué hacer con ella pasaron directamente a manos del poder político y militar. Esta evasión se contrapone al planteamiento de Agazzi quien sostiene que

la responsabilidad no se detiene al tiempo que se culmina una investigación científica, de hecho, los científicos deben poder prever, asumir y gestionar de manera responsable las consecuencias que puedan emerger. “Es un principio moral obvio que cada cual es responsable de las consecuencias de sus propias acciones, y tiene por tanto el deber de tratar de preverlas en la mayor medida posible” (Agazzi, 1996, p. 24).

Una posición frente a este hecho también es analizada por el filósofo Hans Jonas (1903 – 1993) quien propone una ética de la responsabilidad que se preocupe primeramente por las generaciones futuras, de tal manera que se contemplen todas las posibles consecuencias negativas desde una heurística del temor;²⁹ en palabras de Jonas (1995) “la mera presencia del mal nos impone su conocimiento, mientras que lo bueno puede pasar desapercibido y quedar ignorado sin que hayamos reflexionado sobre ello” (p. 65). Esto sugiere que el temor debe ser el principio que gobierne las acciones morales, es decir, en el contexto del Proyecto Manhattan eran conocidos los efectos devastadores de detonar la bomba atómica, aunque estos fueron ignorados, el principio que debió guiar esta decisión debió basarse, por un lado, en el temor hacia los efectos irreversibles y, por otro lado, la consideración de las consecuencias para las futuras generaciones. En todo caso, desde la perspectiva que ofrece Jonas, los científicos debieron prever los efectos catastróficos y a largo plazo de la detonación de la bomba atómica. Por otra parte, desde la visión de Agazzi se podría complementar esto en la medida en que el conocimiento científico es eficazmente implementado para la solución de conflictos prácticos. Sin embargo, la cuestión ética que

²⁹ Se refiere a un cálculo de todos los posibles efectos negativos a los que se enfrenta la humanidad ante el desarrollo científico-tecnológico.

aquí radica es, propiamente, que estos desarrollos prácticos de la ciencia deben ser direccionados al bienestar y al desarrollo de la vida humana.

Cabe resaltar que aunque Agazzi menciona a lo largo de su libro el principio de responsabilidad, no concuerda con que el miedo sea el principio que gobierne las acciones morales, se trata, más bien, de ver que, efectivamente, nuestras acciones tienen una carga moral y que, dado que los hombres (científicos) son quienes disponen de los conocimientos teóricos a la resolución de problemas prácticos, se debe asumir una responsabilidad tanto individual como colectiva de las consecuencias tanto negativas como benéficas. Es decir, se tiene el deber de “no solo evitar las acciones de las cuales sean previsibles graves consecuencias negativas, sino también poner todo el esfuerzo del que se sea capaz al tratar de prever las inevitables consecuencias negativas de nuestras acciones” (Agazzi, 1996, p. 257). En consecuencia, los científicos y los técnicos no pueden actuar como agentes neutros ni reducir su labor netamente a la parte teórica, debido, principalmente, a las consecuencias de las aplicaciones prácticas que impactan la sociedad. El principio de responsabilidad ética frente al desarrollo de ciencia y tecnología puede abrir las fronteras, o al menos el debate sobre los criterios morales que deben guiar las decisiones dentro de este sistema. No pretendo decir con ello que la ética de la responsabilidad que propone Jonas, aunque pensada para una civilización tecnológica como la sociedad contemporánea y con mayor probabilidad de serlo en el futuro, sea la más adecuada, de hecho, podríamos entrar a analizar diversos discursos éticos, sin embargo, estaría excediendo los límites del presente trabajo.

II. IV. El problema de la eliminación del riesgo en el contexto del Proyecto

Manhattan

Agazzi plantea una crítica al control del riesgo como elemento sustancial para los análisis éticos de los desarrollos de ciencia y tecnología. Esto se traduce en el peligro y, respectivamente, del miedo a las consecuencias devastadoras que pueden suscitar. La eliminación del riesgo, por tanto, reduce el análisis ético a los riesgos que mediante la técnica se puedan eliminar. Podríamos pensar que la eliminación del riesgo dentro del contexto del desarrollo del Proyecto Manhattan se centró en los riesgos de perder la guerra, que, conduciría directamente a la dominación y la pérdida de poder de una de las dos naciones (EE. UU y Japón, aun cuando inicialmente todo era contra la Alemania Nazi), más que centrarse en los riesgos catastróficos producto de la detonación de las dos bombas atómicas. Técnicamente hablando, la meta de EE. UU era ganar la guerra evitando el riesgo de perder el poder político y social, no obstante, se introdujo un nuevo riesgo; un riesgo que no solo afectaba a las poblaciones de Hiroshima y Nagasaki, sino que se extendió como un riesgo potencial para la vida humana en general. Así, la eliminación del riesgo de poner fin a la guerra se tradujo más tarde en el mayor riesgo que enfrenta la humanidad hasta nuestros días; la autodestrucción masiva de la humanidad.

Aunque la técnica como sistema de procedimientos eficaces puede ser en todo sentido práctico, la realidad es que una razón técnica resulta ser insuficiente para el análisis ético. De hecho, la eliminación de un riesgo inmediato expuso a la humanidad a un riesgo permanente; pues no se trata solo del riesgo de lo ya ocurrido en la segunda Guerra Mundial, ni siquiera, del riesgo a los que se enfrentan los países afectados por el actual conflicto armado entre Ucrania y Rusia; donde el uso de la ciencia y la tecnología están enfocados a los fines del

conflicto interno (dejando como resultado hasta ahora una profunda crisis humanitaria), se trata, a lo sumo, de un potencial riesgo en la existencia humana. Ahora bien, Agazzi critica directamente este proceso de la eliminación del riesgo, en la medida en que el riesgo “es algo profundamente inherente a la naturaleza y a la acción humana” (Agazzi, 1996, p. 264)., por lo tanto, eliminar el riesgo no solo es un acto deshumanizante, sino que puede oscurecer o desplazar los problemas éticos al centrar solo la atención en la resolución técnica de un problema concreto. En consecuencia, la construcción de la bomba atómica no solo representaba la eliminación del riesgo introducido por la carrera a toda marcha de llevar a cabo este armamento, sino que, implicaba también el riesgo moral de la elección del fin y del medio (potencialmente destructivos). Incluso, después del éxito técnico de la bomba atómica que dio fin a la segunda Guerra Mundial, Rusia emprendió un proyecto que diera lugar a desarrollar una bomba con un poder destructivo más potente que las bombas de Uranio y Plutonio, esta es, la bomba de Hidrógeno (proyecto al que fue invitado a participar Oppenheimer y que, posteriormente rechazó).

Podría juzgarse sobre la base utilitarista las acciones acontecidas dentro del Proyecto Manhattan, es decir, sobre la relación de costo y beneficio de salvar al final más vidas que el número total de víctimas como moralmente aceptables. Desde esta ética consecuencialista se justifica el uso de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki en la medida en que, gracias a ello, la guerra se disolvió rápidamente con la rendición inmediata de Japón que, de lo contrario, pudo haber ocasionado un número mayor de muertes (más de 200.000) en el caso de que se prolongara la guerra. No obstante, la ética utilitarista tiende a valorar moralmente como aceptables los resultados, en lugar de los medios empleados para alcanzar dichos resultados, es por ello que, a través de esta ética se pueden aceptar medios (moralmente

condenables) en tanto que el resultado propuesto sea uno que se extienda a largo plazo (universalmente) y maximice el bienestar humano. Uno de los tantos problemas de ello, es que, ciertamente lo acontecido con la detonación de la bomba atómica, cuyo fin, más allá de terminar con la guerra, era alcanzar la paz, se vio limitado por un lapso de tiempo, cuando al margen de la Guerra Fría se inició una nueva carrera armamentística, ahora, con la intención de crear la ya mencionada bomba de Hidrógeno. Consecuentemente, puede justificarse desde esta perspectiva el uso de la bomba atómica con fines bélicos, en tanto minimizó el sufrimiento humano con la muerte de los civiles en comparación al número (probablemente) mayor de víctimas de continuar con el conflicto.

Traer el análisis desde la ética utilitarista al problema del riesgo nos permite evidenciar que es necesario una ética que no solo piense en la eliminación de los riesgos, sino que los tome como fuente de análisis que permita valorar moralmente (como correctos o incorrectos) tanto los fines como los medios para los que se disponen los desarrollos de ciencia y tecnología. Ya lo veníamos advirtiendo desde el inicio del presente escrito, la necesaria reafirmación o, si se quiere, resurrección de la filosofía práctica (ética) para el campo científico-tecnológico, con el fin de que este no represente un riesgo potencial de autodestrucción humana, sino que, por el contrario, contribuya realmente tanto al desarrollo como a la prolongación de la vida humana con las futuras generaciones.

II. V. Conclusión: Hacia una ética para la ciencia y la tecnología

El análisis presentado hacia el contexto del desarrollo del Proyecto Manhattan y la creación de la bomba atómica desde las ideas planteadas por Evandro Agazzi a la luz de una ética para el sistema científico-tecnológico, subraya la necesidad de implementar una ética que, haga de este, un sistema moralmente responsable por medio de los científicos y la

participación colectiva de la sociedad. Como ya lo advertimos, los científicos no pueden, simplemente, centrarse en la consecución de conocimientos sin estimar las consecuencias prácticas de su uso. Justamente, traer el análisis de lo acontecido tras el Proyecto Manhattan es evidenciar cómo los avances en ciencia, técnica y tecnología sitúan a la humanidad en un gran riesgo existencial, por tanto, es menester la integración de principios éticos en las investigaciones científicas; tanto teóricas como prácticas, así como en los procesos de creación de nuevas técnicas que posteriormente conllevan a la construcción de artefactos tecnológicos. En todo caso ¿cuál o cuáles serían esos principios que deben guiar al sistema científico-tecnológico?

Sería muy interesante entrar a debatir cuál o cuáles deberían ser los principios que guíen las investigaciones científico-tecnológicas. Sin embargo, reconozco la dificultad que conlleva hacerlo y dado el desarrollo de este texto, podría exceder, en todo caso, los límites de esta monografía. A pesar de ello, sí me gustaría bosquejar aquí, de manera breve, el principio ético que considero más acorde para la ciencia y la tecnología. Al hablar de una ética para la ciencia y la tecnología me hace pensar en los límites a los que se enfrenta la vida, no solo hablando desde la vida humana, sino, extendiéndola a la vida en general; al medio ambiente, principalmente, como una condición de posibilidad para la vida misma. Es decir, la existencia de la vida humana, así como la existencia de todas las especies que pueblan la Tierra son posibles gracias a toda una combinación de factores tanto físicos, químicos y biológicos. La naturaleza, entonces, es condición de posibilidad para la existencia de la vida humana en tanto que proporciona los elementos esenciales que sustentan su desarrollo y que, además, la hacen posible. Llegué a pensar que el desarrollo científico-tecnológico debe responder y empatizar justamente con el valor inconmensurable de la vida

en general, más que solo subordinarla a la vida humana como lo pareciera expresar el principio de la vida propuesto por Enrique Dussel, a saber, que, hablando propiamente de la ciencia, esta debería estar al servicio de la *producción, reproducción y desarrollo* de la vida humana. Sin embargo, al leer su libro: “*14 tesis de ética*”, noté precisamente ese aspecto de considerar, dentro de esta producción y desarrollo de la vida humana el, así mismo, cuidado a la naturaleza:

(...) El *valor* de cualquier realidad se mide en tanto mediación para la *vida*, toda vida, de todo lo viviente. Esto no quita que el ser humano es el fruto insigne de la misma vida, como única vida autoconsciente, y por ello, no solo el ser humano vive, sino, como indica Ernest Bloch al comienzo de *El principio Esperanza*, sabe que vive y es responsable de su vida y de la vida de todos los vivientes. La muerte de una especie es como la muerte de un órgano del cuerpo humano que anticipa su propia muerte como especie. Cuidar de la vida, de toda vida, en la Tierra, es cuidar también la vida humana. (Dussel, 2015, p. 24)

Desde esta perspectiva se busca establecer e implementar un marco ético crítico como sustento para una transformación social, que, permita, a su vez, la superación de las injusticias y que respondan, respectivamente, a las necesidades concretas de los seres humanos, en especial a aquellos que han sido oprimidos y excluidos, además de contemplar un compromiso hacia la naturaleza. Si se piensa, entonces, en la aplicación de los principios de la ética de la liberación al ámbito científico-tecnológico, es justamente hablar del direccionamiento que este debe obedecer, a saber, la promoción de la vida y las necesidades concretas que permitan mejorar la calidad de vida de los seres humanos y, más aún, de las poblaciones vulnerables. En este sentido, los desarrollos de ciencia y tecnología deben

enfocarse, por un lado, en implementar la sostenibilidad; de manera que sea posible la reducción de los impactos negativos en la deforestación ambiental. Por otro lado, al cuidar de la naturaleza, se estaría cuidando así mismo de la vida humana, permitiendo que el riesgo potencial de extinción que ha introducido la ciencia y la tecnología se reduzca. Además, la ciencia y la tecnología también deberían enfocarse en la resolución de los problemas de la humanidad; que se garanticen los recursos básicos para la supervivencia de las poblaciones vulnerables, esto es, que puedan acceder al agua, por ejemplo. Así, puede considerarse que la ética de la Liberación es pertinente si contemplamos la vida en general como ese principio básico al que debe responder el desarrollo científico-tecnológico.

En todo caso, un principio ético que promueva la vida humana, pone de manifiesto una reconciliación con la naturaleza misma. Reconciliar estos aspectos puede acarrear en un direccionamiento de los desarrollos de ciencia y tecnología más afines al desarrollo de la vida, que, por el contrario, estar al servicio de la destrucción, del poder político o, bien, de la economía capitalista. Por lo demás, es importante incorporar aquí el planteamiento de Agazzi. Antes de ello, es preciso mencionar el vacío teórico que se presenta en la propuesta ética de Agazzi, pues como tal no se adentra a postular un principio que él considere pertinente implementar al desarrollo científico-tecnológico. Además, dado que expresa repetidas veces que la ciencia y la tecnología deben de promover los valores humanos, no hay una propuesta o un esbozo, si se quiere, de cuáles serían esos valores que debería promover el sistema científico-tecnológico. A lo sumo, recoge la idea planteada por Jonas sobre el principio de responsabilidad.

Para Agazzi, entonces, tanto la moral como la ciencia representan sistemas que interactúan entre sí, además de ser adaptativos, es decir, los conocimientos de la ciencia son

sometidos continuamente a retroalimentación y son ajustados en aras a un paradigma existente (como lo vimos con Kuhn), análogamente sucede con los principios éticos que se encuentran continuamente sujetos a discusión respecto al deber ser (como es el caso de la despenalización del aborto y de la eutanasia). Con respecto al Proyecto Manhattan los científicos debieron de valorar los impactos de la bomba atómica, no desde una perspectiva netamente técnica, sino también, moral; no bastaba solamente con la evolución en el conocimiento (evidentemente en física nuclear) pues dada la dificultad de llevar a cabo la bomba atómica, se hicieron numerosos ajustes y pruebas en las teorías y técnicas que la hicieron posible. Puntualmente, este es el dilema, que los científicos y técnicos dentro del Proyecto Manhattan dejaron de lado la revisión y ajustes de los valores morales para centrarse en la consolidación tangible del mayor armamento militar de la historia humana (en referencia con su poder destructor).

Esta cuestión nos remite al capítulo anterior donde mencionamos que la ciencia puede operar dentro de contextos de valor más amplios, en el caso de la bomba atómica, el poder político y social, más aún, dentro del contexto propio del desarrollo científico-tecnológico, una razón técnica instrumental, a veces, incluso, olvidando aquel comienzo del hombre que se maravillaba por conocer el mundo y de comprenderlo (fin cognoscitivo). Concretamente, en el caso del Proyecto Manhattan, el contexto de valor más amplio al que debió de obedecer el desarrollo de la bomba atómica es, propiamente hablando, el de la responsabilidad social y sobre todo moral. Aunque aquí se esté analizando acerca de lo que *debió ser*; algo que refleja un carácter idílico, ciertamente, es que la sociedad actual a la par de un descontrol del desarrollo científico-tecnológico, no ofrecen un panorama muy alentador para el futuro de la vida humana, por lo que se hace, cada vez más necesario considerar moralmente los errores

cometidos en el pasado, de tal forma que, no se presenten nuevamente, lo que centra la atención en el *deber ser* de los desarrollos científico-tecnológicos con suma urgencia.

Aun cuando existan numerosos desafíos para la real existencia de una ética para la ciencia, la técnica y la tecnología (análoga al código moral médico, podría decirse) no deben abandonarse los esfuerzos por lograrlo. Agazzi sugiere, por su parte, de la implementación de una ética para el sistema científico-tecnológico que tenga en cuenta los valores humanos y los propague en su proceder, para ello, es menester que los científicos asuman la responsabilidad de los conocimientos que se obtienen y en cómo estos pueden ser usados, así como la participación mediante el juicio moral de estos, no solo por parte de los científicos y técnicos, sino de toda la sociedad como una colectividad. Esta propuesta considerada desde el contexto del Proyecto Manhattan se pudo dar de la siguiente manera. Por un lado, los científicos debieron cuestionar moralmente el uso de la bomba atómica, no simplemente limitarse a llevarla a cabo (dejando la decisión de su uso en manos del poder político y militar), por otro lado, los conocimientos y desarrollos no debieron permanecer ocultos dado el impacto evidente que su uso causaría en la sociedad y en la humanidad misma. La sociedad debe ser parte de las decisiones de la aplicación de estos desarrollos, para ello, deben estar informados de todo lo que se está gestando en el campo del desarrollo científico-tecnológico, de manera que se pueda implementar en la discusión los valores morales que conduzcan, respectivamente a la mitigación de todos estos impactos destructores de la vida misma.

Finalmente, para concluir, es menester hacer énfasis en la necesidad de aplicar el campo de reflexión ética al desarrollo de ciencia y tecnología, más aún, una revaloración de la conducta humana y los fines que persigue. La tragedia que se llevó a cabo en Hiroshima y Nagasaki no solo expresa la capacidad destructiva que tienen los desarrollos tecnológicos,

sino, más internamente, la capacidad del hombre que los dispone al horror, justamente en razón de este *obrar* humano es que se manifiestan las preocupaciones éticas profundas que nos remiten a preguntar por las justificaciones de las acciones tomadas, no solo del Proyecto Manhattan, sino en general de todos los desarrollos científico-tecnológicos (IA) respecto a las consecuencias a largo plazo. Por ello, es tan importante retomar la reflexión ética, para que el sistema científico-tecnológico represente valores como el respeto por la humanidad y en general de la vida.

III. CONCLUSIONES

El objetivo de esta monografía es, propiamente, analizar, criticar y complementar las ideas propuestas por E. Agazzi respecto a la neutralidad de la ciencia y la necesidad de implementar criterios o principios morales en el desarrollo científico-tecnológico, de manera que, en cumplimiento de este objetivo podemos concluir que:

La aclaración y la evolución de los conceptos de ciencia, técnica y tecnología nos insertan en la complejidad inherente presente en los desarrollos científico-tecnológicos que va mucho más allá del valor cognoscitivo de la ciencia. La tecnología y la técnica evidencian la responsabilidad moral, es decir, la dimensión ética que atraviesa y, en gran parte, constituye el quehacer científico tanto teórico como práctico, por lo cual, se dificulta una completa neutralidad axiológica de la ciencia, más aún, cuando el desarrollo en ciencia y tecnología se ven interferidos por contextos de valor más amplios o dominantes. Es por ello que, la ciencia no puede desprenderse de las cuestiones morales, dada la intensidad del impacto de las aplicaciones prácticas y teóricas del conocimiento sobre la humanidad.

El debate frente a la neutralidad de la ciencia nos permitió comprender a profundidad las implicaciones éticas que subyacen bajo la actividad científica. Además de poner en debate a tres autores como Agazzi, Dussel y Kuhn. El hecho de decir que la ciencia, sea en su aspecto más puro, así como en su aplicación práctica, no pueden ser vistas como moralmente neutras, resalta la necesidad -desde mi perspectiva- de orientar tal actividad humana. Es importante resaltar que más allá de la distinción entre ciencia teórica o práctica, los conocimientos descubiertos por la ciencia teórica son, también susceptibles de ser direccionados a propósitos que pueden resultar moralmente incorrectos. La ciencia, la técnica y la tecnología expresan su no-neutralidad cuando se disponen para fines bélicos como la guerra.

El desarrollo científico-tecnológico, efectivamente, representa un progreso, (piénsese en la racionalidad técnica del hombre). Sin embargo, de ello se desprende un riesgo, esto es, un riesgo existencial el cual el hombre no puede eliminar, sino que debe, por el contrario, cuestionar y analizar las consecuencias negativas a las que se enfrenta la vida humana frente a un mal direccionamiento de la ciencia y la tecnología.

Por último, el principio moral de si *el fin justifica los medios* resuena bastante al contemplar contextos como el del Proyecto Manhattan y la detonación de la bomba atómica. Lo que hace centrar la atención en la responsabilidad moral que adquieren tanto los científicos como los técnicos, tanto con los descubrimientos como con los usos para los que se dispone la ciencia. Conduciendo a que los científicos reflexionen frente a sus acciones, así como abrir el horizonte de la participación ciudadana en los ámbitos de desarrollo de ciencia y tecnología que terminan por impactar potentemente en la sociedad. Es necesario, entonces, la reafirmación de la instancia ética en los fines y medios que giran en torno al desarrollo científico-tecnológico para que este propague y obedezca los valores humanos. Traer el caso concreto del Proyecto Manhattan a la luz de las ideas presentadas por Agazzi es un esfuerzo que se concreta en la pregunta sobre los principios o criterios morales que deben impregnar el desarrollo científico-tecnológico. Podríamos contemplar, por tanto, un principio moral como el propuesto por Enrique Dussel para orientar la ciencia, a saber, que el sistema científico-tecnológico debe estar al servicio de la producción, reproducción y desarrollo de la vida humana, con el fin de que se persiga el bienestar humano y no, por el contrario, situarlo en un riesgo de autodestrucción masiva.

Bibliografía.

- Agazzi, E. (1996). *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica* (R. Queralto, Ed. y Trad.). Editorial Tecnos.
- Arana Cañedo-Argüelles, J. (2019). *Robert Oppenheimer: Las aporías éticas del padre de la bomba atómica*. *Isidorianum*, 28(56), 249-261.
https://www.researchgate.net/publication/342358488_Robert_Oppenheimer_las_aporias_eticas_del_padre_de_la_bomba_atmica
- Aristóteles. (2019). *Metafísica: Libro I (A)* (M. L. A. Alberca, Trad.). Alianza Editorial.
- Cabrera, E. (2020, agosto 12). *Lista de descubrimientos científicos más importantes de la historia*. 20minutos. <https://www.20minutos.es/noticia/4327163/0/lista-desucbrimientos-cientifico-importantes-historia/>
- Dussel, E. (2015). *14 tesis de ética*. Editorial Docenia.
- Dussel, E. (2010). *20 tesis de política* (2.^a ed.). Fundación Editorial El Perro y la Rana.
- Jonas, H. (1995). *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Editorial Herder.
- Kant, I. (2005). *Crítica de la razón pura* (P. Ribas, Trad.). Taurus.
- Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (C. Solís Santos, Trad., 2^a ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Nolan, C. (director). (2023). *Oppenheimer* [Película]. Universal Pictures.
- Strathern, P. (1998). *Oppenheimer y la bomba atómica*. Editor digital: smonarde.

- Rengifo-Castañeda, C.-A. (2024). *La racionalidad analógica en las ciencias. Pensamiento*. Revista De Investigación E Información Filosófica, 79(306), 1939–1953. <https://doi.org/10.14422/pen.v79.i306.y2023.013>