



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE HUMANIDADES

LA REPRESENTACIÓN Y EL REALISMO EXPERIMENTAL DE IAN HACKING.
HACIA UN MODELO INTEGRADO A PARTIR DE LAS CRÍTICAS Y
COMPLEMENTOS DE KARL POPPER Y NANCY CARTWRIGHT.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN HUMANIDADES: **FILOSOFÍA CONTEMPORÁNEA**

PRESENTA:

MINA BENÍTEZ MEJÍA

DRA. MARÍA LUISA BACARLETT PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ANTONIO DIÉGUEZ LUCENA

CO-DIRECTOR DE

TESIS

DR. ROBERT STINGL

TUTOR INTERNO DE TESIS



MAYO 2026

*Es lo que llamo la condición de pateabilidad,
si puedes patearlo entonces es real*

Karl Raymod Popper

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PARADIGMAS DE LA REPRESENTACIÓN	11
I.I. La representación en la filosofía: Platón, Aristóteles y la copia.....	11
I.II. El arte y la ciencia, ¿condenadas a representar?	27
I.III. Modelos de representación científica.....	47
CAPÍTULO II. LA REPRESENTACIÓN CIENTÍFICA EN IAN HACKING.....	69
II.I. Representación y creación de nuevos fenómenos	69
II.II. De la conjetura a la intervención: elementos popperianos en la propuesta de Hacking.....	82
II.III. Construyendo la realidad: realismo científico en la era de la intervención cuántica	93
CAPÍTULO III. CRÍTICA Y AMPLIACIÓN AL REALISMO EXPERIMENTAL DE IAN HACKING	108
III.I. Leyes mentirosas y mundos moteados: el realismo intervencionista y basado en modelos de Nancy Cartwrigh	108
III.II. De la falsación a la intervención: Popper y Cartwright frente a Hacking.....	128
III.III. De la conjetura a la representación en un mundo fragmentado: Causalidad, capacidades y los límites del universalismo	143
CONCLUSIONES	164
BIBLIOGRAFÍA	178

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se enmarca dentro de la epistemología como rama de la filosofía que se encarga de reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento científico; siendo una de las temáticas centrales de esta disciplina la cuestión sobre la manera como las teorías y los modelos científicos se relacionan con la realidad; es decir, lo que muchos denominan el “realismo científico”.

La filosofía de la ciencia del siglo XX estuvo dominada durante mucho tiempo por un paradigma representacional: la actividad científica se concebía principalmente como la producción de representaciones verdaderas o aproximadamente verdaderas —teorías, modelos, ecuaciones— que reflejan o representan una realidad existente de forma independiente. En este marco, el experimento solía desempeñar el papel de comprobador o corroborador de la teoría: los experimentos confirman, refutan o refinan las representaciones. Esta visión convirtió la representación en la actividad primaria y definitoria de la ciencia.

El programa intervencionista de Ian Hacking rompe con esta jerarquía. En *Representing and Intervening* y textos relacionados, Hacking propone un realismo experimental que sitúa la intervención —la manipulación de sistemas materiales mediante técnicas e instrumentos— en el centro epistémico. Para Hacking, la razón principal para creer en ciertas entidades teóricas (electrones, genes, etc.) no es que las teorías las representen correctamente, sino que podemos manipularlas de forma fiable para producir efectos estables. Hacking subordina la noción de representación a contextos de práctica experimental efectiva, sin eliminar por ello su relevancia conceptual, y esta reorganización introduce un problema acuciante: analiza la representación —modelos, imágenes, clasificaciones y descripciones teóricas— pero en ningún momento ofrece una explicación sistemática de en qué se convierte la representación una vez que la intervención experimental adquiere prioridad epistémica. En Hacking, la representación sigue siendo un concepto flotante entre la teoría y la práctica, sin una clarificación suficiente. Esta indeterminación no es trivial: la representación es el mecanismo mediante el cual se comunican los

resultados experimentales, se integran en sistemas de conocimiento más amplios y se utilizan para orientar futuras investigaciones. Si la representación no se comprende bien, nuestra explicación filosófica de cómo la ciencia produce conocimiento es incompleta.

Dos complicaciones adicionales amplían el problema. En primer lugar, Hacking insiste en que muchos fenómenos científicos se construyen mediante la configuración experimental: fenómenos como las trayectorias de partículas, ciertos efectos de interferencia cuántica o las construcciones biológicas emergen solo cuando los laboratorios producen las condiciones adecuadas. En segundo lugar, una vez construidos y estabilizados, estos fenómenos muestran regularidades que no son arbitrarias: limitan y resisten nuestros intentos de controlarlos, lo que demuestra que no son meros artefactos. El fenómeno científico se produce, pero no por ello es arbitrario, su construcción apunta a regularidades que no dependen totalmente de nuestra voluntad.

De ahí que la hipótesis central de este trabajo es que el realismo experimental de Ian Hacking puede ser fortalecido y ampliado por las propuestas teóricas de Popper y Cartwright, en tanto el primero le dota de un marco que permite pasar de la conjetura a la intervención, mientras que la segunda amplía su propuesta reconociendo el carácter local de toda intervención.

Derivado de esto las preguntas centrales que motivan esta investigación son: ¿Qué papel desempeña la representación dentro del realismo experimental de Hacking? ¿Cómo puede integrarse coherentemente la representación en un marco filosófico donde los fenómenos se construyen materialmente y se estabilizan mediante la intervención experimental? Preguntas que a su vez se descomponen en tres subproblemas interrelacionados:

1. Tensión conceptual. La representación clásica presupone un objeto preexistente que se va a representar; la intervención construye objetos en condiciones de laboratorio. ¿Cómo podemos conciliar la representación de algo que, al menos en parte, es producido por las propias prácticas de quien representa?

2. Papel epistemológico. Si la intervención fundamenta la justificación epistémica (creemos porque podemos manipular), ¿qué función epistémica conserva la representación? ¿Es la representación meramente retórica o realiza un trabajo cognitivo indispensable?
3. Estatus ontológico. Cuando las representaciones existen únicamente bajo condiciones controladas, ¿en qué sentido se refieren a la realidad en lugar de a meros artefactos técnicos?

Estas preguntas justifican un proyecto filosófico constructivo y específico: reconstruir la teoría implícita de la representación de Hacking para que armonice con su argumento explícito a favor de la primacía experimental. Es necesario un marco conceptual capaz de articular cómo se representa cuando se interviene, y cómo se interviene para representar.

Una explicación más precisa de la representación dentro del realismo experimental aborda una falla epistemológica fundamental: si el acceso epistémico al mundo depende de la precisión representacional frente al control práctico, y ¿cómo lo hace?. Aclarar la postura de Hacking enriquece los debates sobre el realismo científico, las relaciones entre teoría y práctica, y la naturaleza del conocimiento científico.

Las ciencias experimentales contemporáneas —física, óptica cuántica, química, biología molecular— crean y estabilizan de forma rutinaria fenómenos que no existen fuera de sus contextos diseñados. Una filosofía de la ciencia que ignora el papel constitutivo de la intervención describe erróneamente cómo se produce realmente el conocimiento. Los éxitos empíricos provienen de la práctica, no de la teoría previa.

Reflexionar epistemológicamente sobre la representación ayuda a resolver tensiones conceptuales (p. ej., descubrimiento frente a construcción), proporciona una mejor guía para el análisis metodológico (cómo evaluar, comparar y transferir resultados experimentales entre contextos), y solventar la ausencia pocos tratamientos sistemáticos de la representación como función epistémica integrada en replantear los estudios sobre Hacking; una laguna que este estudio intenta llenar. Patiendo de ello, este estudio está delimitado para preservar el enfoque y el rigor:

- Se centra principalmente en la filosofía de Hacking, especialmente en *Representing and Intervening* y otros textos relacionados, así como en el material interpretativo del documento adjunto. Se abordan autores relacionados (Popper, Cartwright, Giere) para la comparación y la integración crítica cuando resulta pertinente, pero el proyecto no pretende un análisis exhaustivo de la totalidad de su obra.
- Se concentra en el papel epistémico y ontológico de la representación dentro de un realismo centrado en la intervención. Temas como la ontología histórica, la construcción social en general o la teoría de la clasificación se abordan únicamente en la medida en que esclarecen el nexo entre representación e intervención.
- La investigación es conceptual e interpretativa, no realiza estudios empíricos de laboratorio. Sin embargo, recurre a ejemplos científicos concretos (cámaras de niebla, Stern-Gerlach, láseres, semiconductores, ensayos controlados aleatorizados) para fundamentar las afirmaciones filosóficas en la práctica.

Este estudio emplea un método mixto que combina los siguientes aspectos:

1. Análisis conceptual. Clarificación sistemática de nociones centrales — *representación, fenómeno, intervención, entidad, capacidad, máquina nomológica, modelo, verosimilitud*, entre otras— para detectar supuestos implícitos y relaciones lógicas.
2. Exégesis textual. Lectura minuciosa de *Representing and Intervening* de Ian Hacking y otros textos clave. Esto identifica las afirmaciones dispersas, a menudo implícitas, sobre la representación y reconstruye su función argumentativa.
3. Integración comparativa. Análisis de la posición de Hacking entre el racionalismo crítico popperiano y el pluralismo de capacidades cartwrightiano, mostrando continuidades (p. ej., el énfasis popperiano en la conjetura y el falibilismo) y divergencias (el énfasis de Hacking en la

intervención en lugar de la universalidad tipo ley). Esto permite resolver paradojas integrando las fortalezas de cada filósofo.

4. Estudios de caso sensibles a la práctica. Uso de ejemplos detallados (cámaras de niebla, Stern-Gerlach, láseres, dispositivos semiconductores, ensayos clínicos aleatorizados) para mostrar cómo funciona realmente la representación tras la intervención: cómo las imágenes, los gráficos y los modelos se corresponden con fenómenos estabilizados y cómo dicha correspondencia sustenta las afirmaciones epistémicas. Estos casos fundamentan las afirmaciones abstractas en la práctica de laboratorio y se inspiran en los propios ejemplos de Hacking (p. ej., manipulación de haces de electrones; tecnología de semiconductores; trayectorias de partículas).
5. Síntesis reconstructiva. Elaboración de una explicación teóricamente coherente de la representación como componente funcional del realismo experimental: la representación es derivada, intersubjetiva, delimitada (verdad *in situ*) e indispensable para la comunicación, la transferencia de modelos y la integración conceptual entre nodos experimentales.
6. Reflexividad crítica. Evaluación de los límites de la reconstrucción: dónde se pueden (y no se pueden) generalizar las afirmaciones representacionales; el problema de la transferencia (transportabilidad de modelos entre máquinas); y las implicaciones normativo-metodológicas para la formulación de hipótesis, el diseño experimental y la elección de teorías.

Esta investigación también tiene como objetivo general reconstruir y clarificar el concepto de “representación científica” en la filosofía de Ian Hacking, mostrando cómo se integra con la intervención experimental y depende de ella dentro de un marco realista experimental, lo anterior se desarrollará a través de 3 grandes objetivos:

- 1) Analizar los paradigmas históricos y contemporáneos de la representación (desde la mimesis platónica/aristotélica hasta las

explicaciones basadas en modelos) y mostrar por qué la crítica de Hacking transforma sus supuestos centrales. Esto proporciona la base conceptual para reformular la representación como un concepto integrado en la práctica.

- 2) Examinar en profundidad la perspectiva intervencionista de Hacking: cómo los experimentos crean y estabilizan fenómenos; cómo el realismo de las entidades y la práctica experimental justifican la creencia; y cómo el ciclo «conjetura → intervención → representación» opera en contextos científicos concretos (experimentos cuánticos, semiconductores, láseres). Este capítulo demuestra cómo la representación se vuelve funcionalmente dependiente de la intervención.
- 3) Analizar críticamente la propuesta de Hacking desde la perspectiva de la ontología fragmentada de Nancy Cartwright y los temas popperianos (verosimilitud, conjeturas, falsabilidad), investigando las paradojas que surgen al integrar la representación, la intervención y las ontologías plurales. Proponer una explicación sintetizada (centrada en la capacidad, experimentalista y localmente representacional) que resuelva las tensiones y aclare el papel de la representación en distintos dominios.

De lo anterior surgen tres capítulos y se vinculan explícitamente con el objetivo específico correspondiente.

El capítulo I, a través de abordar los modelos de la representación, traza la genealogía y las características principales de los paradigmas representacionales y establece la crítica que inicia Hacking. Este apartado reconstruye la historia filosófica de la representación, comenzando con las concepciones platónicas y aristotélicas de la imitación y la mimesis, y avanzando a través de las concepciones modernas de los modelos científicos como dispositivos representacionales. Contrasta las perspectivas de la reflexión (la teoría se corresponde con la realidad) con las concepciones basadas en modelos y en la similitud (modelos como mediadores al estilo de Gière). Este capítulo identifica las condiciones bajo las cuales las teorías representacionales tienen éxito y dónde fracasan, especialmente al abordar observaciones mediadas por instrumentos y fenómenos diseñados.

Muestra cómo el representacionalismo tradicional presupone: (a) un objeto preexistente que se va a representar; (b) cierto acceso observacional neutral; y (c) la primacía de la teoría. El capítulo concluye argumentando que estos supuestos se desmoronan en los contextos experimentales modernos, preparando así el terreno para la reorientación intervencionista de Hacking.

Al desmontar las pretensiones teóricas de la representación clásica y exponer sus límites en las prácticas de investigación con un uso intensivo de instrumentos, el capítulo I establece por qué necesitamos una nueva concepción de la representación, una que sea compatible con la construcción experimental de fenómenos.

El capítulo II, que analiza la representación científica en Ian Hacking, busca examinar cómo opera el intervencionismo de Hacking, cómo los experimentos producen y estabilizan fenómenos y cómo funciona la representación después de la intervención. Este apartado constituye el núcleo analítico al explicar el argumento de Hacking y reconstruye cuidadosamente el uso que éste hace de los conceptos popperianos (conjetura y falibilismo) reformulados en la práctica: las conjeturas adoptan la forma de configuraciones experimentales («Si configuramos X, obtendremos Y»); la intervención actúa como prueba empírica; y las representaciones formalizan las configuraciones exitosas en modelos comunicables. Mediante numerosos casos concretos (trazas en cámaras de niebla que revelan partículas ionizantes, experimentos de Stern-Gerlach que producen resultados de espín discretos, ingeniería láser que produce luz coherente, fabricación de semiconductores que demuestra el comportamiento de los electrones en redes dopadas, ensayos clínicos aleatorizados que estabilizan fenómenos de tratamiento), el capítulo muestra cómo se producen las representaciones (gráficos, modelos teóricos, esquemas clasificatorios) después de las intervenciones y sirven para registrar, sistematizar y transferir el conocimiento de las capacidades. El capítulo también examina la postura de Hacking sobre la inducción y la deducción: rechaza la inducción ingenua, pero permite las generalizaciones pragmáticas como herramientas de manipulación. Esto conserva un falibilismo al estilo de Popper, al

tiempo que fundamenta la justificación en la manipulación en lugar de en la prueba inductiva.

El capítulo II proporciona evidencia detallada y práctica de que la representación es, en efecto, derivada: demuestra cómo los modelos y diagramas se vinculan con los montajes experimentales y cómo los científicos se basan en representaciones válidas *in situ*, es decir, verdaderas dentro del dominio operativo de una máquina nomológica dada.

El capítulo III integra críticamente a Hacking con Nancy Cartwright y Karl Popper, abordando paradojas y proponiendo una explicación sintetizada de la representación dentro del realismo experimental. Este apartado evalúa el proyecto de Hacking aplicando la crítica de Nancy Cartwright a las leyes universales y su ontología de capacidades causales y máquinas nomológicas. La ontología fragmentada de Cartwright —la idea de que las leyes son idealizaciones que funcionan solo dentro de máquinas específicas— aclara por qué el intervencionismo de Hacking debe ir acompañado de una explicación ontológica: necesitamos saber por qué tienen éxito las intervenciones. Cartwright proporciona el fundamento metafísico: las capacidades son poderes reales que se manifiestan cuando se construyen máquinas para potenciarlas. El capítulo examina las paradojas que surgen al integrar a Cartwright (coherencia, realismo, progreso, método, inferencia, fragmentación, representación) y muestra cómo un modelo sintetizado las resuelve: Popper aporta el método crítico y la lógica de la conjetura; Hacking aporta una fundamentación empírica y un criterio de manipulabilidad; Cartwright contribuye con una fundamentación ontológica que explica por qué las intervenciones producen fenómenos estables.

El resultado es un realismo experimental centrado en la capacidad, en el que la representación se conserva como una forma de verdad localmente válida, comunicativa y dependiente del modelo (verdad *in situ*), no como un canal hacia leyes universales. El capítulo concluye con recomendaciones metodológicas (cómo diseñar experimentos que produzcan fenómenos transferibles, criterios para la transferencia de modelos y límites de la generalización) y argumenta que los

experimentos cuánticos ilustran con mayor contundencia tanto la necesidad como los límites de dicha síntesis.

El capítulo III muestra cómo resolver las principales tensiones conceptuales identificadas en el problema planteado: ¿Qué papel desempeña la representación dentro del realismo experimental de Hacking? ¿Cómo puede integrarse coherentemente la representación en un marco filosófico donde los fenómenos se construyen materialmente y se estabilizan mediante la intervención experimental?, combinando las fortalezas de cada filósofo en una explicación integrada que preserva el realismo al tiempo que respeta la localidad y la naturaleza construida de muchos fenómenos. Tales aportaciones podrían resumirse en los siguientes puntos:

- Claridad conceptual. Una reconstrucción sistemática de la explicación implícita de la representación de Hacking que explica cómo funciona la representación cuando la intervención es primaria.
- Orientación metodológica. Un marco práctico para comprender cuándo y cómo se pueden transferir representaciones entre entornos experimentales (el problema de la transferencia) y qué se considera una generalización robusta.
- Síntesis filosófica. Una integración novedosa del racionalismo crítico popperiano, el realismo experimental hackingiano y la ontología de la capacidad cartwrightiana en un modelo coherente que contempla la representación como verdad situada y el progreso como expansión de órdenes locales confiables.

La reconstrucción propuesta no revive el representacionalismo ingenuo ni reduce la representación a mera retórica. En cambio, articula una tercera vía: la representación es derivada, pero esencial. Es derivada porque depende de fenómenos estabilizados en laboratorio, producidos mediante intervención; es esencial porque sin representaciones no podríamos comunicarnos, generalizar (ni siquiera localmente) ni coordinar prácticas experimentales entre grupos de investigación. Las representaciones son los mapas de un mundo fragmentado:

precisas *in situ*, a menudo portátiles con cuidado y sujetas a revisión constante cuando las máquinas cambian.

Esta perspectiva conserva las virtudes del realismo experimental de Hacking —fidelidad a la práctica, la centralidad de la manipulabilidad, la primacía epistémica de la intervención— al tiempo que proporciona los recursos conceptuales necesarios para explicar por qué y cómo la representación sigue siendo importante. Además, cuando se complementa con el rigor crítico de Popper y la fundamentación ontológica de Cartwright, ofrece una explicación filosóficamente sólida del conocimiento científico, adecuada para las ciencias experimentales e instrumentales de nuestro tiempo.

CAPÍTULO I. PARADIGMAS DE LA REPRESENTACIÓN

I.I. La representación en la filosofía: Platón, Aristóteles y la copia

Para Platón, una copia no es un objeto del mismo orden que el objeto copiado, sino un objeto de un orden completamente diferente, que tiene las características propias de ese orden secundario y que tiene en la semejanza el fundamento de su peculiar valor. Por tanto, para Platón, cuando un carpintero produce una cama, no está produciendo una idea ni un objeto inteligible, sino un objeto material, cuyo valor reside en su relación con el objeto de primer orden (la Idea) que se copia. Hay una imperfección radical en el objeto sensible producido, por lo cual ni siquiera puede ser considerado como una instancia de la Idea copiada, ya que lo perceptible está teñido de irrealidad y de falta de inteligibilidad: la búsqueda de manifestar la perfección del concepto en una forma tangible es un esfuerzo paradójico y destinado al fracaso. Afirmación que aclara lo que Platón quiso decir con *mimesis*: la acción de copiar implica crear en un material específico un objeto similar a otro que no es material; la propia materia impone una limitación insuperable a la exactitud de la similitud.

Pero si el concepto de imitación es central para la comprensión del tipo de relación entre el mundo conceptual y los objetos perceptibles, también es la clave para la interpretación correcta de la relación entre el mundo perceptible y el arte. La definición que Platón hace del arte en *La República* surge de la consideración de que en el arte este mismo proceso se repite; la obra de arte copia al objeto.

Por lo tanto, así como el valor de la cama perceptible se juzga por su relación con la cama ideal, también la imagen pictórica de una cama debe juzgarse por su relación con la cama perceptible.

Para Platón, el artista en su actividad no puede utilizar la Idea como modelo que copia, pues el artesano no sabe nada de la Idea. El artista no reproduce la Idea de una cama, sino un objeto *sui generis*, copia de la copia, que debe ser juzgado según un criterio que le es propio y no según el criterio del Ideal. Éste es precisamente el lado negativo de la concepción platónica del arte como doble

imitación: una imitación de la imitación del concepto. Pero ésta es la piedra angular de su teoría estética: el primer paso hacia una auténtica filosofía del arte consiste en diferenciar el arte de la ciencia, la moral y la artesanía, y afirmar que posee su propia esfera. Es crucial distinguir el valor de las obras artísticas de la verdad científica y la utilidad práctica, situándolas en categorías distintas.

Así pues, Platón en realidad está sentando las bases de una sólida teoría del arte, mas no se detiene ahí, va aún más lejos: no solo desarrolla una teoría negativa del arte, lo que el arte no es, sino que también propone una visión positiva de lo que es. Ésta es, de hecho, una de las consecuencias positivas de la doctrina de los niveles de realidad expuestos en el *Mito de la caverna*, mientras que, el lado negativo del concepto de mimesis, en Platón, es la afirmación de la imposibilidad de la copia de reproducir el modelo de forma adecuada; su lado positivo es que es, al menos, una copia, una imitación.

De esta manera, una obra de arte, aunque sea un objeto de diferente grado de realidad, copia sin embargo ese mundo perceptivo, manteniendo una relación positiva con él. Para el esclarecimiento del significado de mimesis, podemos partir de los siguientes puntos (*República*, VI – VII):

1. Desde el punto de vista ontológico, solamente el grado superior es completamente real, lo que implica que en última instancia los otros grados no tienen existencia real; son meramente apariencia y no realidad.
2. Pero las apariencias también deben tener algún tipo de estatus ontológico. Para Platón, las percepciones o apariencias, en la medida en que son algo, son versiones confusas o pervertidas del grado más alto de la realidad, y nuestra correcta comprensión de ellas depende de nuestra comprensión de su correcto estatus ontológico. Las percepciones son entonces la versión confusa de la realidad.
3. Aplica también a la descripción de la relación entre el tercer nivel de realidad y las percepciones. Una obra de arte es entonces una versión confusa de esta confusión, y su inteligibilidad proviene de considerarla desde su propio estatus ontológico.

Estos son los conceptos clave para una correcta comprensión del concepto de mimesis en Platón. Cada uno de los niveles de realidad intenta alcanzar el nivel que está por encima. Es más, traduciendo todo esto en la perspectiva del sujeto, tenemos tantos grados y niveles de experiencia como grados de objetos, de modo que cada uno de los niveles inferiores de experiencia están definidos por el error de creer que se trata del grado de realidad inmediatamente superior. Pero entonces la mimesis no representa la similitud entre dos entidades reales, ni siquiera la conexión entre algo menos real y algo más real; más bien, implica la relación entre una representación y una realidad que se percibe.

Platón concibe la obra de arte como una apariencia de una apariencia, muestra que el nivel de las ideas de y los conceptos es el propio del conocimiento y la verdad necesaria, mientras que la experiencia perceptiva nos remite al nivel de la opinión. De igual forma, hay experiencia en niveles más bajos, como la imaginación o las imágenes. (*República*, X: 603b)

Para Platón, la imaginación juega un papel central en la experiencia estética, pero su razón de ser va más allá de sí, pues lo que se busca es ascender al conocimiento de la belleza en sí misma, como Idea. De ahí que la obra de arte actúe como copia de esa idea, pero no es la Idea. Cuando Platón explica que la belleza es lo que se adhiere a la obra de arte al pretender simbolizar la verdad, con ello está concibiendo que la obra de arte falla en su intento de llegar a ella, siendo precisamente esta la razón por la que, en *La República* se expulsa del Estado Ideal: si la emotividad del arte fuera una reacción meramente sensorial, la disputa entre poesía y filosofía sería simplemente otro caso de la guerra irritante, pero no desgarradora, que todos libramos contra las pasiones, porque no habría en el arte pretensiones de verdad; el problema es que los artistas pretenden decir la verdad pero no lo logran al producir copias de copias, es decir, lo que produce el artista tiene un impacto en la realidad, pues pretende que lo que dice es verdadero y con ello inflama las pasiones, por ello se pretende su expulsión del Estado.

La concepción platónica de la obra de arte, primeramente, define al arte desde el propio punto de vista del filósofo, haciendo de la filosofía el único lugar

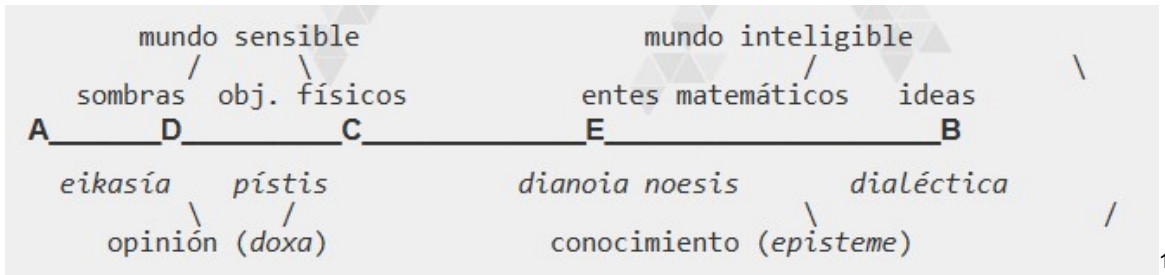
donde se puede proponer una teoría de la realidad, hubiera sido interesante saber qué pensaban los propios artistas al respecto.

La respuesta a este último problema se encuentra en el siguiente pasaje de *La República* de Platón: “Pero entre nosotros (porque no me traicionaréis ante los poetas trágicos y todos los demás imitadores), ese tipo de arte parece ser una corrupción de la mente, de todos los oyentes que no poseen, como antídoto, el conocimiento de su verdadera naturaleza” (*República*, X: 595b). En este diálogo, Sócrates habla del problema que significan las obras de arte para quienes no conocen su verdadera naturaleza, su naturaleza fascinante y estética. Estos son tanto los artistas como los espectadores que no conocen la verdad, mientras que el filósofo que ha ascendido al Mundo de las Ideas, que es consciente de la verdadera naturaleza del arte, también es consciente de que su carácter fascinante proviene de ser una imagen de la verdad, que habla abiertamente de los sentimientos, pero acalla la razón.

Intentemos explicar la razón del carácter simbólico del arte: la opinión expresada por Sócrates, en cualquier caso, es que la mente es una unidad y que sus diversos grados de experiencia están unidos entre sí por una dialéctica progresiva. Sólo desde una concepción que considere la mente como unidad esencial es posible sostener que el arte tiene alguna relación con la verdad y ésta es sólo una de las muchas explicaciones posibles para la posición ambigua con la que a veces Platón habla sobre el estatus del arte y de los artistas en su Estado Ideal. La actividad estética puede considerarse como una preparación para actividades de nivel superior, lo que puede ser admitido en la educación de una clase de ciudadanos de la República Ideal. Pero, desde el otro punto de vista, si el arte no es verdad, sino sólo una imagen, por ello debe prohibirse a los futuros filósofos, y por ello los artistas deben ser expulsados.

El texto de Platón justifica esta ambivalencia, cuando no rechaza completamente el arte es porque concibe que llegar a la verdad implica recorrer un camino en el cual el arte es un primer paso, como en la “alegoría de la línea”. En ello, describe el camino que deben recorrer los ignorantes para descubrir la verdad. Este viaje es, esencialmente, un proceso de autodescubrimiento mediante el cual

el alma llega a conocer el mundo de las Ideas, de tal manera que para llegar a dicho conocimiento el alma debe pasar por todos los diferentes grados hasta llegar a la razón (imaginación, creencia, comprensión y razón). Entonces, después de todo, hay elementos en *La República* que le permitieron afirmar que la mente es una unidad cuyos diferentes tipos o grados de experiencia están vinculados entre sí en una dialéctica progresiva, descrita en el “Mito de la caverna” como la salida del prisionero de la cueva y su contemplación final del sol.



Es sabido que en *La República* hay una percepción severa sobre el arte, es común entre la comunidad filosófica sostener que el discípulo de Sócrates desestimaba la validez del arte al menos en este diálogo. Este malentendido se basa en la supuesta inconsistencia en sus críticas. En los *Libros II y III* de *La República*, Platón no sólo censura ciertos aspectos de la literatura, sino que en el *libro X* propone la exclusión de Homero y similares para construir la sociedad ideal. Este enfoque podría sugerir un rechazo total del arte por parte de Platón. Sin embargo, esta interpretación puede corregirse si consideramos también a Platón como un artista en sí mismo. Además de ser filósofo, fue dramaturgo y todas sus obras son diálogos que poseen su propia estética.

Platón destacaba la excelencia del creador y, sobre todo, de la creación misma. Para él, aquel que crea debe ser tan instruido como los filósofos, quienes son expertos en su oficio, para producir obras dignas y significativas, obras que instruyan moralmente. Aunque no parecía tener objeciones hacia el arte en su totalidad, sí cuestionaba severamente a los poetas y su poesía. En su opinión, los

¹ [https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Recurso:Met%C3%A1fora_de_la_%C3%ADnea_\(Plat%C3%B3n\)](https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Recurso:Met%C3%A1fora_de_la_%C3%ADnea_(Plat%C3%B3n))

poetas se enfocaban únicamente en las apariencias, mientras que los filósofos perseguían la verdad.

Si queremos que nuestros futuros guardianes consideren el hábito de pelear entre ellos como el más bajo de todas las cosas, no se les debería decir ni una sola palabra sobre las guerras en el cielo, o sobre las conspiraciones y lucha de los dioses unos contra otros, porque no son verdaderos... Si tan solo creyeran, como les decimos, que las peleas son impías y que nunca hasta este momento ha habido peleas entre ciudadanos... estos cuentos (de epopeyas) no deben ser admitidos en nuestro Estado, ya sea que se suponga que lo hagan tener significado alegórico o no. (*República*, II: 378c).

Platón consideraba la poesía como un mal ejemplo para los ciudadanos, pues alejaba de la realidad y la verdad, en favor de las emociones. Además, sostenía que todo lo que fortalece el razonamiento es beneficioso, mientras que lo emocional es perjudicial, lo que llevaba a Platón a condenar la poesía por estimular los impulsos irracionales del ser humano.

Punto central de *La República* es la teoría de la mimesis. Platón ilustra esta teoría mediante la analogía de la silla. Explica que la silla existe en forma de Idea. Un artesano se adhiere a esta Idea y, utilizando sus habilidades y materiales, materializa dicha silla en una forma física utilizable. Cuando un artista se acerca, ve esa misma silla y decide pintar una representación de la misma, no trabaja con las Ideas originales, sino con una copia inferior de la Idea. De esta manera, carece de comprensión más allá de la apariencia del objeto, lo que resulta en un conocimiento limitado. Así, el drama, la poesía, la ficción y la pintura no facilitan la comprensión del ser humano y el mundo, sino que constituyen meras imitaciones vacías.

La mimesis, como habilidad de imitar y representar la realidad, se erige como un tema crucial debatido en *La República*. Sócrates retoma su análisis previo sobre este asunto en el *Libro X*, iluminándolo a partir de las exhaustivas discusiones intermedias desde los *Libros IV* hasta el *IX*, donde se exploraba el papel de la justicia tanto en una utopía social como en el equilibrio de la psique de cada individuo. Ahí surge una ambigüedad central en el tratamiento que Platón le otorga a la mimesis. Sócrates, en el *Libro X*, expulsa de la ciudad ideal a los poetas bajo el argumento de que es el razonamiento lo que distingue al ser humano de los animales (*República*, X: 607b); la poesía, alimentando las facetas emocionales y hedonistas del alma, eclipsa las esferas racionales y analíticas de la mente. Esta

forma poética, reflejo del mundo sensible, engendra percepciones contradictorias y opuestas, en lugar de orientarnos hacia el mundo inteligible, donde la razón se rige por la ley de la no contradicción. “Es claro que una misma cosa no querrá al mismo tiempo hacer o sufrir contrarios respecto de la misma parte y en relación con ella a la misma cosa” (*República*, IV: 436b). Sócrates arguye que los poetas trágicos son los mayores transgresores, al nutrir aquella parte del alma atraída por las emociones conflictivas y los compromisos apasionados. Las representaciones trágicas de las experiencias agonísticas ejercen una fuerza dramática y suscitan una respuesta intensa del público. “Todos los deseos, dolores y placeres del alma que decimos siguen a nuestra acción, la imitación poética produce en nosotros resultados similares, pues los fomenta y riega cuando deberían secarse, y los fija como gobernantes en nosotros” (*República*, VI: 606d). Sócrates recalca que esta imitación poética es peligrosa no sólo para el público en general, sino también para aquellos que se dedican a la filosofía. Sostiene que la poesía imita los anhelos, los dolores y los placeres del alma que acompañan nuestras acciones, alimentando y avivando estos estados emocionales en lugar de atenuarlos. En su lugar, aboga por ser guiados por aquello descrito en el *Libro VI*, que nos conduce hacia la justicia, la equidad y la moderación intrínsecas.²

Así, el gobernante filósofo se avocaría a actuar y decidir siempre de la manera más justa, es decir, guiado por la Idea de justicia; así, sus acciones y decisiones tenderán a asemejarse la Idea de justicia que lo guíe. Es cierto que aquí hay un elemento de mimesis, pues el gobernante filósofo tratará de imitar en su proceder la idea de justicia, pero a diferencia del poeta su actividad mimética siempre estará guiada por la moderación, el equilibrio y el buen juicio.

[E]l hombre que tiene su entendimiento verdaderamente dirigido hacia las cosas que son no tiene ningún deseo de menospreciar los asuntos de los seres humanos y llenarse de envidia y mala voluntad como resultado de luchar con ellos. Si no, más bien, porque ve y contempla cosas que... siempre están en las mismas condiciones... los imita y, en la medida de lo posible, se asemeja a ellos. (*República*, VI: 500b-c)

² Con Platón se abre una tradición en pos del racionalismo mientras que las pasiones, emociones, etc. son excluidas y dominadas por la razón.

Así, el filósofo se convierte en un ser mimético en aquella materia que lo define como filósofo, es decir, en relación con aquellas cosas que, siendo siempre las mismas, son siempre como son y no entran en conflicto consigo mismas ni provocan conflicto en aquellos que, amándolas por sí mismas, despiertan a la vida filosófica. Tanto al ser animado por el eros filosófico, como al lograr una relación explícitamente mimética con las formas ideales de valor puro e inmutable, el filósofo, como lo argumenta Sócrates en el *Libro VI* de *La República*, se distingue de los poetas por este afán de permanecer siempre lo más fiel a las Ideas. Es cierto, el filósofo y el poeta comparten la cualidad erótica y mimética, pero con respecto a objetos muy diferentes: el filósofo se nutre de “lo justo, lo moderado por naturaleza”, mientras que el poeta, especifica Sócrates, se sumerge en “todos los deseos, dolores y placeres del alma que decimos que siguen a todas nuestras acciones”, y establece tales pasiones “como gobernantes en nosotros cuando deberían ser gobernados” (*República*, X: 606d). Sócrates continúa defendiendo el exilio de los poetas, hacer lo contrario sería, en última instancia, un acto de impiedad hacia la verdad de un orden específicamente racional y crítico.

La crítica de la mimesis en *La República* tiene sus raíces en los *Libros II* y *III*, donde se critica la religión y el papel canónico que han desempeñado los poetas como portadores de la tradición mitológica griega. Aunque en el *Libro X* se busca dar a los poetas una oportunidad para defender sus derechos como ciudadanos de la *polis ideal*, sin embargo, Sócrates aconseja disciplinar a los amantes de la poesía. Si la poesía no es capaz de montar una defensa persuasiva, instruye, “cantaremos este argumento que nos estamos presentando a nosotros mismos, como un contra encantamiento, teniendo cuidado de no volver a caer en este amor” (*República*, X: 607d-608a). En *La República* no se niega que la filosofía cuente con sus propios recursos poéticos del lenguaje, tampoco se niega el contenido de la emoción erótica que conlleva la labor del filósofo, su amor a la sabiduría y su amistad con los pares, todo ello trabaja a favor de aquellas formas o ideas de estabilidad e inmutabilidad que prometen traer paz y estabilidad a la ciudad ideal y a la psique equilibrada. Lo que está claramente en juego para Sócrates es la cuestión del autodomínio de las pasiones y las emociones, la necesidad de alejarlas de aquellos objetos y objetivos

cambiantes que conducen a la inestabilidad de la psique y al conflicto con otros en la sociedad.

No es acertado afirmar que Platón simplemente rechace la mimesis; ciertamente no la ve con hostilidad en su totalidad, reconoce sus usos artísticos, pero rechaza los efectos desestabilizadores que puede tener sobre la psique y la comunidad³. En el *Libro VI*, Sócrates defiende vigorosamente que la filosofía, en su búsqueda definitoria de las formas ideales y del concepto puro del bien, es en sí misma un acto de mimesis. Sin embargo, la categoría de mimesis se reserva exclusivamente en el *Libro X* para las expresiones artísticas y poéticas, incluso trágicas, y Homero se describe como "el más poético y el primero de los poetas trágicos" (*República*, X: 607a). El estatus casi sagrado de los poemas homéricos en la cultura griega plantea un desafío importante para la aspiración filosófica de una vida virtuosa, moderada y libre de rivalidades sociales. Para Sócrates, la tradición trágica fomenta un deseo sensual y emocional que inevitablemente lleva a un conflicto producto de los excesos de mujeres y hombres no gobernados por su razón. Es innegable que Platón, al hacer que Sócrates reserve la noción de mimesis para sus formas conflictivas, revela el carácter mimético y problemático que atribuye a la poesía. Dada la sutileza de Platón en el manejo de los recursos literarios del diálogo, no podemos estar seguros de que no se haya dado cuenta de la ironía de su propia obra: una serie de ideas filosóficas expresadas en una especie de obra teatral.

Sin embargo, en Platón, sólo los filósofos se comprometen con la verdadera mimesis de las formas, que, al ofrecer una representación incondicional del bien, hacen posible una sociedad donde los intereses en competencia de sus ciudadanos puedan ser mediados y modulados pacíficamente. Aunque Platón no teoriza explícitamente sobre el carácter mimético de sus diálogos, subyace la idea que el diálogo representa mejor sus ideas que otras formas de argumentación.

³ De acuerdo a Alain Badiou, la concepción del arte en Platón es esencialmente memética y aunque pueda existir un uso con fines explicativos o didácticos, esto no obvia su carácter mimético, más bien, al acercarse a la filosofía, el arte cede a la fuerza de esta última en la búsqueda de la verdad. Ver: Stephan Vinolo (2018). "Alain Badiou. El teatro y la política como subjetivaciones colectivas", *Revista Filosofía*, Universidad de Antioquía, no. 58, pp. 99-118.

Los argumentos de Sócrates a favor de la expulsión de los poetas y en contra de la mimesis artística en *La República* no dejan de tener ciertas inconsistencias en varios niveles. (a) Se podría argumentar que Platón era plenamente consciente de estas inconsistencias, y que al mismo tiempo estaba señalando el ideal del eros filosófico en su búsqueda de una trascendencia del conflicto filosófico y político, mientras demostraba dramática y dialécticamente lo difícil que es lograrlo en la práctica. (b) Los diálogos de Platón no son un intento de apoderarse absolutamente del objeto filosófico, sino más bien son un intento de situar su propia búsqueda como una representación, como un signo más que como un objeto.

Sin duda la contribución de Platón ha sido fundamental para que la filosofía se alejara de las narraciones meramente míticas y se adentrara en una forma de pensamiento más racional y para ello la lógica de la mimesis fue fundamental. Sin embargo, esta manera de ver la mimesis introdujo una división radical entre filosofía y arte, entre otras cosas. Por contraparte, su discípulo, Aristóteles, sugiere que el arte trasciende las meras imitaciones. Si bien lo concibe como un acto de emulación, va más allá al considerarlo una exploración profunda de la realidad y de la propia alma. El artista, lejos de ser un mero espejo, emplea los personajes, eventos y objetos de su entorno como pinceles para pintar su propósito ante el público. Para Aristóteles, el arte es un viaje que nos conduce a través de un abanico de emociones, desde la alegría hasta la catarsis, experiencias que a menudo están veladas en la realidad cruda y cotidiana. Platón desdeña la capacidad del arte para elevar nuestra conciencia sobre el mundo. Desde la perspectiva idealista, sostiene que sólo a través del aprendizaje moral y el pensamiento racional se puede alcanzar una verdadera comprensión. Sin embargo, Aristóteles desafía esta noción, argumentando que el arte no se limita a enseñar, sino que proporciona un deleite estético, una exploración de emociones y una interpretación de la vida. Es crucial discernir entre arte y ética, ya que mientras esta última se ocupa de la moralidad, el arte nos sumerge en la complejidad de la experiencia humana, sin embargo, esto no quiere decir que los dos ámbitos estén desconectados.

Platón observa la poesía a través del cristal de la educación, obviando sus aspectos únicos y objetivos. Sería imprudente descartar el teatro, la poesía, la

ficción y la pintura por no ser moralizantes, pues estas formas de expresión nos enriquecen y nos acercan a la comprensión del mundo a través de la vivencia. Aristóteles entiende que las expresiones artísticas influyen profundamente en la humanidad, mientras que Platón las ve frecuentemente como obstáculos en su búsqueda de la perfección humana. La crítica platónica al arte emana únicamente de su visión de un ser humano ideal y de la polis perfecta.

Aristóteles habla de que la percepción tiene un contenido que es evaluable en términos de verdad y falsedad (*Acerca del Alma*: 427b11-12). Expresa su compromiso con la idea de que la percepción es de carácter similar a la creencia. Al igual que la creencia, la percepción adopta una posición sobre cómo son las cosas en el mundo, y lo que dice sobre el mundo (el contenido de la percepción) se evalúa adecuadamente en términos de corrección, exactitud o veracidad. Así, la creencia, como la percepción, es de naturaleza representacional.

Esta interpretación del tratado *Acerca del Alma* contrasta con lo que Aristóteles expone en *Movimiento de los animales*, según la cual la percepción es de naturaleza *presentacional* (*tener en presencia*), más que *representacional* (*re-hacer presente a través de una imagen, abstraer*). Según esta interpretación, la percepción presenta, o hace familiares, los elementos del entorno. En consecuencia, la percepción no es el tipo de cosa que se evalúa apropiadamente en términos de corrección, exactitud o veracidad. Al caracterizar la visión de Aristóteles, simplemente confrontamos el objeto primario de la modalidad dada. No podemos ser confrontados verdadera o falsamente, correcta o incorrectamente. Simplemente nos encontramos con lo que se presenta (*Acerca del Alma*: 428b21).

Es por lo anterior que hay resistencias a pensar que la percepción es de naturaleza representacional, pues la representación es más bien algo mental, es decir, define la situación de una criatura guiada por un sustituto mental de algo ausente. La percepción parece dirigirse hacia lo presente, no hacia lo ausente. De esta forma no está claro por qué la percepción implicaría presencia en ausencia, característica distintiva de la representación.

La cuestión aquí reside en preguntarnos por qué Aristóteles se sentiría atraído por una visión representacional de la percepción en *Acerca del Alma*

(428a10-19), en esta obra distingue la percepción de la imaginación y la creencia, en parte porque estas últimas difieren de la percepción en que son susceptibles a la falsedad. Dado que la imaginación y la creencia son adecuadas para desempeñar el papel de sustitutos de las cosas ausentes, por ello no está claro por qué Aristóteles se sentiría atraído por una visión representacional de la percepción.

Si bien para Aristóteles la percepción no es de carácter representacional en *Movimiento de los animales*, en *Del Alma* parece optar por una manera representacional de pensar sobre la percepción, contextos en los que parece permitir que la percepción pueda implicar una especie de presencia en ausencia. Incluso si la visión considerada por Aristóteles es que se requiere algo como la imaginación o la creencia para ir más allá de lo que está inmediatamente presente, es interesante verlo acercarse a la idea de que la percepción es un recurso más rico y flexible, capaz de trascender lo que está inmediatamente presente.

En el capítulo inicial de *El movimiento de los animales* proporciona una explicación general del movimiento animal, allí junto al relato de los movimientos no forzados en los capítulos VI a IX apela a dos capacidades peculiares de los animales: las capacidades desiderativas y discriminativas. Estas últimas incluyen capacidades sensoriales, imaginativas y racionales. No obstante, los estados sensoriales pueden desempeñar un papel en el inicio del movimiento similar al papel que desempeñan las creencias en criaturas capaces de razonar (*Movimiento de los Animales*: 700b17-21). Los estados sensoriales animales pueden interactuar con los deseos para producir movimientos no forzados hacia las metas deseadas. Los sentidos interactúan con el deseo revelando lo placentero y lo doloroso, los objetos del deseo animal. Las respuestas posteriores son persecución y evitación, respectivamente (*Movimiento de los Animales*: 661a8-10, 701a29-36).

Para que un movimiento no sea forzado y esté guiado por la percepción, sin la ayuda de capacidades imaginativas o racionales, tiene que surgir de un conjunto de motivaciones (*Ética a Nicómaco*, III: 111a22-b3), a diferencia del movimiento debido al viento o a un ataque. Reconocer el movimiento animal no forzado, guiado únicamente por la percepción, es reconocer que la percepción puede representar algo que no está inmediatamente presente. En ese caso, la percepción implicaría

una forma interesante de presencia en ausencia. Aristóteles reconoce un papel de la percepción en la captación de objetivos distantes del comportamiento voluntario.

Para Aristóteles, las abejas carecen de capacidad de razonar, y a veces vacila entre si les falta imaginación o no. Ya sea que Aristóteles considere que las abejas poseen imaginación o no, explica su movimiento hacia flores distantes, una fuente de alimento, suponiendo que las abejas se guían en su búsqueda por el olfato (*Movimiento de los Animales*: 648a1-10). Pero lo que motiva a la abeja a viajar hacia la flor no es una representación del alimento como tal. No tiene medios para reconocer algún objeto distante como alimento. Más bien, la abeja se siente atraída por la flor gracias a su agradable olor. Lo que está estrictamente presente para la abeja al principio es el olor de la flor lejana, no la flor en sí. Pero lo que la abeja desea es la presencia de la flor fragante, no la presencia del olor. El olor que huele ya está presente, la abeja también huele la fragante flor, llega a desearla y vuela hacia ella. Al parecer en este ejemplo la percepción de la abeja sí tendría un elemento de representación por dos razones: (a) La percepción permite a una criatura tener en mente un objetivo de conducta dirigida a un objetivo que, estrictamente hablando, no está presente. Entonces, la percepción olfativa de la abeja de una flor distante proporciona un objetivo para su comportamiento. (b) Lo que la percepción dice sobre su objeto es análogo: percibir es básicamente como afirmar o pensar. Cuando lo percibido es placentero o doloroso; el animal, como afirmando o negando, persigue o evita lo percibido (*Acerca del Alma*: 431a8-9). La percepción de un objeto como placentero o doloroso juega el mismo papel básico en un animal, como la abeja, que el juego de afirmación o negación en criaturas pensantes como nosotros: siempre que el pensamiento afirma o niega que las cosas sean buenas o malas, los evita o los persigue (*Acerca del Alma*: 431a15-16). Lo que aquí es común a la percepción y al pensamiento es que adoptan una postura evaluativa sobre sus objetos y, por lo tanto, involucran el lado desiderativo de una criatura. Esta capacidad de percibir, imaginar o pensar en objetos de manera positiva o negativa da lugar al deseo, que, a su vez, da lugar al movimiento animal: de esta manera, entonces, los animales se ven impulsados a moverse y actuar: la causa próxima del movimiento es el deseo y éste surge ya sea a través de la

percepción o a través de la imaginación y el pensamiento (*Movimiento de los Animales*: 701a31-36).

Al establecer estas comparaciones entre percepción y pensamiento, Aristóteles tiene cuidado de no intelectualizar demasiado la causa del movimiento animal. El movimiento de la abeja hacia flores distantes no se debe a una interacción racional entre contenidos de percepción y deseo. Los animales no humanos son incapaces de razonar, por lo que Aristóteles no sugiere que el movimiento animal no forzado se deba al tipo de razonamiento exhibido por criaturas como nosotros, con una estructura psicológica basada en creencias y deseos, es decir, razonamientos a partir de nuestros deseos y puntos de vista sobre cómo funcionan las cosas, son un curso de acción. Más bien, la percepción de un objeto como placentero provoca un apetito por ese objeto y el deseo apetitivo, a su vez, es la causa próxima del movimiento. Aristóteles parece pensar que estas respuestas motoras pueden ser desencadenadas por el deseo, sin que el animal las represente en absoluto. Aquí el estagirita parece decirnos que no hay ninguna sugerencia de que las abejas comprendan medios causales o su propia eficacia causal. Sin embargo, como ya apuntábamos antes, esto no deja de tener cierta ambivalencia, pues en *Movimiento de los Animales* también se llega a sugerir que el aroma de la flor podía significar una forma de presencia de la flor ausente.

De modo que la asimilación de la percepción al pensamiento, distintivo de los humanos, por parte de Aristóteles, sólo requiere que la percepción a veces (i) permita captar objetos que están espacialmente ausentes y (ii) adopte una postura evaluativa sobre esos objetos.

Volviendo a los animales, Aristóteles tiende hacia la idea de que la percepción olfativa puede permitir a una criatura tener en mente dos elementos distintos: un olor que está presente y representa un objeto oloroso que está ausente. En primer lugar, la percepción por sí sola es suficiente para captar o tener en mente el objetivo distal de la acción. No se necesita más capacidad discriminatoria. La abeja huele el objeto agradable, es decir, la flor fragante, y vuela hacia ella. En segundo lugar, la acción se inicia con la presencia del olor de la flor en ausencia de la flor misma. El olor de la flor está presente para la abeja, pero la flor misma no.

La representación se invoca habitualmente para explicar los éxitos y fracasos de las actividades dirigidas a objetivos. La abeja logra llegar a la flor fragante gracias a que tiene una representación sensorial de ella.

A veces los animales no dan en el blanco en su comportamiento dirigido a objetivos. Aristóteles explica el error remontándolo a una deficiencia en el nivel sensorial. Primero, si mueves el dedo ligeramente, gracias a su débil vista, un insecto confundirá tu dedo con una hoja en movimiento y procederá a trepar por ella, en tanto la naturaleza ha hecho que la vista pueda seguir (*Marcha de los Animales*: 712b19-20). En segundo lugar, debido a la débil iluminación al amanecer y al anochecer, los peces son fácilmente engañados por su vista, lo que les dificulta evitar las trampas de los pescadores (*Partes de los Animales*: 657b30-36). Las explicaciones de Aristóteles presuponen una visión de los estados sensoriales como estados con contenidos que pueden ser exactos o inexactos. Todo lo anterior nos llevaría a pensar que Aristóteles reconoce que en los animales existe una capacidad representacional básica, algo que se asemejaría a la imaginación o a fantasía en los humanos.

La fantasía es la imagen que persiste después de una experiencia sensorial, un efecto secundario, una imagen residual. La representación surgida tiene su base en sensaciones anteriores, todo lo que ocurre en la imaginación es producto de lo que entra a través de los sentidos. En este sentido, tenemos un encuentro sensorial con un objeto o una experiencia, y luego, a través de la fantasía, vemos una versión de esa sensación original. De esta manera, la fantasía es la producción activa de imágenes o apariencias visuales: la ilustración de la fantasía que ofrece Aristóteles es la de alguien que produce cosas ante sus ojos (*Acerca del Alma*: 427b18-19)

Para Aristóteles, la fantasía está más ligada a la representación que a la presencia. Fantasía es la capacidad que tenemos no sólo de percibir una apariencia, sino de decir que la vemos como una apariencia de un tipo particular. La fantasía va más allá de la mera percepción de una imagen, está ligada al poder interpretativo del individuo. Por ejemplo, Aristóteles enumera la fantasía como un elemento que está involucrado en establecer distinciones. Así llegamos al primer sentido de fantasía descrito en *Acerca del Alma* (428a1), como un acto mental

interpretativo en conexión con la percepción. Así, este sentido final del término se relaciona con el poder interpretativo de la representación, que va más allá de la percepción, y que permite distinguir y comparar.

Por lo anterior, podemos decir que la mimesis, para Aristóteles, está ligada más a la representación que a la percepción, es una forma de replicación de la naturaleza a través de la fantasía. En el ámbito del arte, esto se nos presenta como una búsqueda por imitar la belleza de la realidad, búsqueda que intenta reflejar la realidad con precisión, pero no implica simplemente imitación, sino que también apela a la búsqueda de la perfección y es en este punto donde la fantasía juega un papel importante. Representar como cualquier otra acción humana tiene sus propias causas que, en Aristóteles, responden a 4:

1. Material, que se centra en la cuestión de qué está hecha una representación.
2. Formal, la esencia a la que responde toda representación.
3. Eficiente, correspondiente al trabajo que realizó el artista para la representación.
4. Final, implica cuál es el fin de tal representación, es decir, reflejar la belleza y la perfección de la realidad que vemos a nuestro alrededor.

La mimesis jugó un papel fundamental en la respuesta catártica y pedagógica que producían las tragedias y las obras teatrales. Al observar acontecimientos trágicos que ocurren en el escenario, experimentamos una representación que nos permite involucrarnos en una especie de juego de rol mimético, permitiéndonos experimentar las mismas emociones que se reflejan en el escenario y así purgarnos de ellas.

Aristóteles define la fantasía de manera más destacada en *Acerca del Alma*, 428a1: “la fantasía es aquello en virtud de lo cual decimos que se nos ocurre un fantasma”. Mas no se agota en ello, el arte es revalorado porque aparte de su función mimética tiene otras funciones, como educar, o la catarsis. La representación tiende a impactar en la realidad y, sin embargo, Aristóteles sigue de alguna manera constreñido a la lógica de la representación.

Platón, por otra parte, propone que hay dos planos distintos de existencia: el mundo de las Ideas y el mundo físico. El mundo de las Ideas es inteligible, lo que

significa que puede ser comprendido por el intelecto o la mente racional, mientras que el mundo físico es sensible, lo que significa que puede ser percibido por los sentidos. La relación entre estos dos niveles plantea que el mundo físico es una mera copia, y que el verdadero conocimiento sólo puede obtenerse mediante la intuición intelectual o la representación de una Idea o, peor aún, la representación de una representación.

La realidad reside en el mundo Ideal, que es eterno, inmutable e inteligible. Las Ideas son objetos de conocimiento y se accede a ellas mediante la intuición intelectual o el recuerdo. Los sentidos sólo pueden proporcionarnos conocimiento del mundo físico, que cambia constantemente y a ello está sujeto. Esto plantea dudas sobre la confiabilidad de la percepción sensorial y la relación entre representación y realidad.

I.II. El arte y la ciencia, ¿condenadas a representar?

Se suele pensar que el arte, teniendo como referentes a Platón y Aristóteles, solo se agota en imitar. Para Platón, particularmente en *La República*, la mimesis es una representación defectuosa de las formas ideales; el arte es visto como una mera imitación de una imitación, alejando a las personas del verdadero conocimiento. Aristóteles, en cambio, ofrece una visión más matizada en la *Poética*, argumentando que la mimesis es un impulso humano natural que puede provocar respuestas emocionales y proporcionar catarsis, cumpliendo así un propósito valioso en la sociedad. En el mundo moderno el arte y la ciencia no han abandonado del todo el paradigma representacional, pero esto no ha quedado intacto. Ya en plena modernidad Immanuel Kant enriqueciera más estas ideas al enfatizar la experiencia estética en su *Crítica del juicio*, donde postula que el arte debe ser apreciado por su belleza y forma más que por su precisión representativa. Este cambio se centra en la experiencia subjetiva del espectador, sugiriendo que el valor del arte radica en su capacidad para provocar reflexión y placer. Noël Carroll se basa en estos fundamentos al presentar un marco

contemporáneo que enfatiza los aspectos cognitivos de la representación, al sostener que el arte no es una simple imitación de la realidad, sino una interacción compleja entre la obra de arte y la comprensión del espectador, donde la representación desempeña un papel crucial en la forma en que interpretamos y nos relacionamos con el arte. A través de esta evolución, el concepto de mimesis ha pasado de ser una crítica filosófica del arte a una rica exploración de cómo funciona el arte dentro de la cognición y la cultura humanas.

La representación, como sostiene Carroll, es fundamental para comprender tanto el significado como el valor de las obras de arte. Examina cómo el arte puede representar, describir o transmitir varios aspectos del mundo, sugiriendo que su capacidad para reflejar e interpretar la realidad es crucial para su significado.

Esta noción también podría enunciarse alegando que, para que una obra de arte sea considerada arte, debe tener algún contenido semántico. De hecho, es en virtud del requisito de que todas las obras de arte posean contenido semántico que llamamos a esta teoría neo-representacionalismo, ya que el concepto de semántica y el de representación están íntimamente conectados (Carroll, 1999: 27).

La neo-representación se basa en teorías representacionales anteriores, pero introduce algunas modificaciones y mejoras clave.

1. Concepto revisado de representación: se trata de una visión matizada que va más allá de las nociones simplistas de representación, y sugiere que las obras de arte pueden volver a presentar a través de diversos modos, no solo mediante la imitación o copia directa.
2. Compromiso cognitivo y emocional: las obras de arte no solo representan objetos o eventos, sino que también involucran las facultades cognitivas y emocionales del público. Esto significa que la representación en el arte implica la interpretación activa y la respuesta emocional del espectador.
3. El papel de la intención artística: para comprender la representación de una obra de arte es necesario tener en cuenta el propósito del artista y el contexto en el que se creó la obra.
4. Factores contextuales: la teoría también tiene en cuenta el contexto en el que se produce la representación, incluidos los factores culturales,

históricos y situacionales que influyen en cómo se entiende y percibe la representación.

5. Complejidad de la representación artística: el neo-representacionalismo reconoce que la representación en el arte puede ser compleja y multifacética. No limita la representación a un modelo único, sino que permite una amplia gama de prácticas y efectos.

En general, el neo-representacionalismo de Carroll es un enfoque sofisticado que proporciona una comprensión más integral de cómo el arte representa y cómo los espectadores interactúan con esa representación. Busca reconciliar la idea de representación con las formas ricas y variadas en las que el arte comunica significados y atrae a las audiencias.

Las obras de arte no solo reflejan el mundo, sino que interactúan con él de maneras complejas y significativas al dar importancia a la intención del artista a la hora de dar forma a la manera en que una obra representa su tema y contexto. Este enfoque subraya que el significado del arte no solo está arraigado en la obra de arte en sí, sino que también está influenciado por el propósito del artista y su entorno histórico y cultural, en tanto el arte no es simplemente una experiencia estética, sino una fuente importante de conocimiento y comprensión. Las obras de arte pueden estimular los procesos cognitivos y contribuir a nuestra comprensión del mundo de maneras comparables a las investigaciones científicas o filosóficas. Esta perspectiva destaca el valor intelectual del arte y su potencial para mejorar nuestro conocimiento y percepción, de modo que no se trata únicamente de una cuestión de preferencia subjetiva, sino que puede estar determinado por factores objetivos, como la técnica y la coherencia de la intención artística. La expresión pictórica implica representar objetos o escenas de una manera que permita a los espectadores reconocerlos e interpretarlos. Esto significa que las pinturas, los dibujos y otras obras de arte visuales representan cosas del mundo, lo cual da lugar a un compromiso cognitivo y perceptivo con esas imágenes. La filosofía del arte de Noel Carroll, en particular en relación con las expresiones pictóricas, se centra en cómo las imágenes y las obras de arte

representan objetos y conceptos del mundo. Para llevar a cabo tal tarea tales imágenes comprenden los siguientes criterios (Carroll, 1999: 33-42):

- a) El papel de la similitud visual: la representación es eficaz porque la imagen se parece al objeto o la escena que representa. Esta semejanza ayuda a los espectadores a comprender lo que representa la imagen. Si bien la semejanza es crucial, no es el único factor; el contexto y las convenciones de la representación también desempeñan papeles importantes.
- b) Procesos cognitivos en la interpretación: los espectadores usan sus habilidades cognitivas para interpretar el significado de las imágenes visuales. Esto implica reconocer los objetos representados, comprender el contexto y dar sentido a las elecciones artísticas realizadas por el creador.
- c) El papel de la intención artística: la forma en que un artista elige representar algo influye en cómo se entiende la representación. Las elecciones artísticas en cuanto a estilo, composición y técnica contribuyen al significado transmitido a través de la representación pictórica.
- d) Desafíos de la representación pictórica: lo cual implica tomar en cuenta, por ejemplo, al arte abstracto, o no representativo, que desafía las nociones tradicionales de representación pictórica y pueden atraer a los espectadores de manera diferente a las representaciones más literales.
- e) Teorías del arte y la representación: hay enfoques que a menudo contrastan con otras posturas tradicionales, como las que enfatizan aspectos puramente formales o estéticos; buscan ofrecer una comprensión que integre tanto los aspectos visuales como cognitivos.

La representación pictórica se trata de una exploración sofisticada sobre cómo las obras de arte visuales representan o reconstruyen el mundo. Integra consideraciones de semejanza, procesos cognitivos, intención artística y los desafíos que plantean las diferentes formas de representación. El análisis de la crítica y la interpretación del arte subrayan la necesidad de un compromiso crítico y de una comprensión contextual a la hora de evaluar las obras de arte. Al

destacar el papel de la crítica de arte, se muestra que evaluar el arte implica un enfoque matizado que tiene en cuenta tanto las dimensiones subjetivas (a)

- El arte puede evocar y comunicar emociones, examinando la relación entre la representación artística y la respuesta emocional. El arte puede expresar sentimientos y provocar reacciones emocionales en los espectadores. Este aspecto de su filosofía revela cómo el arte funciona como un medio poderoso de expresión.

Como las objetivas (b)

- La evaluación crítica desde diferentes enfoques permite comprender el arte, incluidos debates sobre el realismo, la abstracción y la naturaleza de la representación artística. Al interactuar con estas perspectivas teóricas se ofrece un examen integral de cómo se conceptualiza y se entiende el arte dentro del contexto más amplio de la experiencia humana.

A pesar de que en el marco de Carroll no encontramos una teoría simple de la representación, esta y la imitación siguen siendo conceptos importantes. Para este autor, la representación es un concepto amplio que abarca diversos métodos mediante los cuales el arte puede interactuar con la realidad, incluida la representación realista, la abstracción y la representación simbólica. Implica la forma en que el arte transmite significados, ideas o experiencias. La imitación, por otro lado, se considera un aspecto más específico de la representación. Implica replicar o hacer eco de formas o estilos existentes, a menudo con fines de aprendizaje, homenaje o ejercicio técnico (Carroll, 1999). Si bien la imitación tiene su valor, Carroll enfatiza que la representación, en su sentido más amplio, ofrece el potencial para expresiones más profundas e innovadoras más allá de la mera réplica. Sus ideas sobre la representación, la teoría cognitiva, el valor estético y filosófico brindan una comprensión integral del papel del arte en la experiencia humana. Al distinguir entre representación e imitación, Carroll enriquece aún más nuestra apreciación de las diversas formas en que el arte puede interactuar con el mundo y reflexionar sobre él.

El neorrepresentacionista señala que, a menudo, lo que nos parece mera decoración se da en contextos culturales en los que tiene un significado simbólico,

tal vez religioso o ritual, y, por lo tanto, un significado. Pero la pregunta es si todos los casos de arte decorativo pueden tratarse de esta manera. ¿No hay algún arte decorativo que simplemente sea una cuestión de estimular el placer por su diseño o su apariencia? Esto es a menudo lo que queremos decir cuando describimos algo como bello: que encontramos un patrón llamativo y agradable (Carroll, 1999: 32).

Esta exploración de la representación en el arte ofrece una comprensión matizada de cómo las obras de arte representan, interpretan y se relacionan con la realidad. Su análisis distingue entre la representación y la descripción. Representación implica volver a presentar una imagen visual que evoca un objeto, una escena o una idea específicos. Esta forma de representación es directa y a menudo tiene como objetivo capturar elementos reconocibles del mundo. Por el contrario, la descripción puede ser más abstracta o discursiva, abarcando varias formas de representación que no necesariamente tienen como objetivo presentar una imagen o ilustrar, sino transmitir conceptos o emociones más amplios, o hacer cosas visibles que de otra manera no podrían serlo. Así, la representación en el arte se refiere principalmente a cómo las obras de arte evocan o traen de vuelta objetos, escenas o ideas, ya sea a través de representaciones realistas o formas más abstractas, pero es claro que aquí ya no estamos ante una postura tradicional de concebir la representación.

Así, el arte representa la realidad no solo al replicarla, sino al interpretarla y transformarla. Las obras de arte ofrecen nuevas perspectivas sobre la realidad, proporcionando conocimientos o suscitando respuestas que van más allá de la mera réplica. Esta función interpretativa permite al arte presentar la realidad de formas novedosas no limitándose a representaciones realistas; por ejemplo, el arte abstracto representa la realidad de una manera no literal. A través del uso de la forma, el color y la composición, el arte abstracto transmite significados o emociones que podrían no ser inmediatamente evidentes en el mundo real, así, puede influir en nuestra percepción de la realidad. Lo mismo ocurre con las representaciones científicas.

La interpretación es independiente del objeto imaginario básico y, en principio, podría modificarse. Esto es lo que ocurrió en el modelo atómico de Bohr, que utiliza la misma entidad imaginaria (el sistema de dos cuerpos), pero la esfera grande se interpreta como un protón, la esfera pequeña como un electrón y la fuerza como atracción

electrostática. Por lo tanto, en el contexto del modelo de Bohr, el sistema de dos cuerpos es una representación del átomo de hidrógeno (Frigg & Nguyen, 2017: 55).

La representación pictórica a través del arte no se limita a reflejar la realidad, sino que tiene el potencial de moldear nuestra comprensión y compromiso con el mundo. Por ejemplo, una pintura puede desafiar las visiones convencionales o resaltar aspectos de la realidad que a menudo se pasan por alto, alterando la forma en que percibimos y pensamos sobre nuestro entorno: la representación que el arte realiza puede afectar significativamente las respuestas cognitivas y emocionales de los espectadores. Al presentar la realidad de formas diversas que invitan a la reflexión, el arte continúa modificando nuestra comprensión del mundo y provoca un análisis epistemológico más profundo. Este aspecto subraya el poder del arte para influir en la forma en que lo procesamos e interpretamos.

Comprender una obra de arte requiere considerar los objetivos del artista y el contexto en el que se creó. Estas obras están influenciadas por los períodos culturales e históricos en los que se crean, lo que afecta la forma en que representan e interactúan con la realidad. Esta conciencia contextual ayuda a aclarar cómo la representación se relaciona con la realidad y se desvía de ella, lo que remite a una comprensión integral de la obra de arte.

Esta exploración de la representación en el arte ofrece una visión amplia de cómo las obras interactúan con la realidad. Se extiende más allá de la mera imitación para abarcar formas abstractas y simbólicas que influyen en nuestras acciones. Si bien el arte no puede desligarse del todo de la mimesis, actúa como mediador entre la realidad y la percepción, revelando diferentes facetas del mundo e influyendo en cómo lo percibimos, pensamos e intervenimos.

En la filosofía del arte de Noel Carroll, la teoría neo-naturalista de la representación pictórica es un aspecto significativo de su neo-representacionalismo más amplio. Esta teoría busca abordar cómo funciona la representación pictórica basándose en conocimientos de la ciencia cognitiva y los enfoques naturalistas (Carroll, 1999: 42-49):

- a) Ciencia cognitiva y representación: incorpora hallazgos de la ciencia cognitiva para explicar cómo funciona la representación pictórica. Postula

que nuestra capacidad para comprender e interpretar imágenes se basa en procesos cognitivos que también están involucrados en otras formas de representación. Este enfoque sugiere que nuestras facultades cognitivas, como la percepción visual y la memoria, desempeñan un papel crucial en cómo reconocemos y damos sentido a las imágenes pictóricas.

- b) Enfoque naturalista: enfatiza una perspectiva que se basa en la investigación empírica y la comprensión científica de la percepción y la cognición humanas. Esto contrasta con enfoques más abstractos o puramente filosóficos que podrían no considerar datos científicos. Al integrar estos conocimientos científicos, el neo-naturalismo apunta a ofrecer una explicación más fundamentada y realista de cómo funciona la representación pictórica.
- c) Semejanza visual: reconoce que la semejanza visual es un componente importante de la representación pictórica. Sostiene que las imágenes representan objetos al parecerse a ellos, y esta semejanza se entiende a través de nuestras habilidades perceptivas y cognitivas. La teoría reconoce que, si bien la semejanza no es el único factor, es un elemento clave que ayuda a los espectadores a hacer conexiones entre la imagen y el objeto representado.
- d) El papel del contexto y la interpretación: reconoce que comprender una imagen implica no solo reconocer sus elementos visuales, sino también interpretarlos dentro de un contexto específico. Esto significa que la forma en que percibimos e interpretamos una imagen puede verse influenciada por factores como el trasfondo cultural, la experiencia personal y las convenciones de representación.
- e) Aspectos funcionales y epistémicos: la teoría explora los aspectos funcionales de la representación pictórica, como la forma en que las imágenes funcionan para transmitir información o evocar respuestas. También aborda los aspectos epistémicos, que involucran la forma en que las imágenes contribuyen al conocimiento y la comprensión. El neo-naturalismo busca explicar cómo las representaciones pictóricas pueden

brindarnos conocimiento sobre el mundo y cómo pueden ser herramientas efectivas para la comunicación y la expresión.

El enfoque naturalista ofrece un marco sólido para comprender la representación pictórica al combinar el análisis filosófico con los conocimientos de la ciencia cognitiva. Proporciona una manera de explicar cómo las imágenes representan objetos y transmiten significado, al tiempo que fundamenta esta explicación en la investigación empírica sobre la percepción y la cognición humanas. Este enfoque ayuda a cerrar la brecha entre las teorías filosóficas abstractas y los fenómenos prácticos y observables en el arte y la representación visual.

La idea de neo-representación converge con posturas filosóficas más amplias sobre la representación y su impacto en la realidad, por ejemplo, sus ideas convergen con el concepto de *performatividad* de Judith Butler, para quien, en el ámbito del género, tener uno no es solamente reproducir o representar un ideal de género, más bien es algo que se recrea performativamente, con lo cual se transforma la realidad y la misma idea de género. Tal que “la postura de que el género es performativo intentaba poner de manifiesto que lo que consideramos una esencia interna del género se construye a través de un conjunto sostenido de actos, postulados por medio de la estilización del cuerpo basada en el género” (Butler, 1990: 17).

El arte puede influir y transformar nuestra percepción es afín, por ejemplo, con este enfoque que sostiene que las representaciones contribuyen a transformar la realidad, moldeando nuestras respuestas epistémicas y emocionales. Esta conexión resalta la importancia filosófica del arte en la construcción y comprensión de la realidad.

La integración del realismo científico y la filosofía del arte de Carroll en un contexto de performatividad ofrece una comprensión amplia y llena de matices de cómo la realidad se representa, interpreta y moldea a través de las prácticas humanas. El realismo científico postula que las teorías científicas apuntan a describir con precisión una realidad objetiva. La performatividad, por otro lado, introduce la noción de que las acciones y los discursos producen o moldean

activamente la realidad. La teoría cognitiva del arte examina cómo el arte representa e influye en nuestra comprensión del mundo. Aquí hemos explorado cómo la performatividad interactúa con el realismo científico y la filosofía del arte moldeando en última instancia nuestras percepciones y conocimiento de la realidad.

El realismo científico afirma que las teorías científicas se esfuerzan por describir una realidad objetiva. Esta perspectiva se basa en la creencia de que las entidades y estructuras descritas por las teorías científicas, como los átomos y los quarks, existen independientemente de la percepción humana. El principio básico del realismo científico es que el éxito de las teorías científicas a la hora de explicar y predecir fenómenos refleja su verdad y la existencia de las entidades que describen. Esta perspectiva contrasta con las visiones instrumentalistas, que consideran las teorías científicas simplemente como herramientas útiles para la predicción y la resolución de problemas, en lugar de como descripciones precisas de una realidad subyacente.

Sin embargo, la noción de performatividad desafiaría la visión tradicional del realismo científico. La performatividad sugiere que ciertas acciones, intervenciones, prácticas o afirmaciones no solo reflejan una realidad existente, sino que la constituyen y le dan forma de manera activa. En la teoría del lenguaje, los enunciados performativos son aquellos que representan las acciones que describen, extendiéndose más allá del lenguaje abarcando las prácticas sociales, artísticas, filosóficas y científicas, donde la performatividad desempeña un papel en la configuración y el refuerzo de estos constructos.

En el ámbito de la práctica científica, el concepto de performatividad revela cómo el conocimiento científico no solo se descubre, sino que se construye activamente a través de la participación humana. Los instrumentos científicos, por ejemplo, no son herramientas neutrales, sino que están diseñados para interactuar con los fenómenos de maneras específicas que influyen en los datos recopilados, las interpretaciones realizadas y la misma extensión de la realidad. El diseño de los experimentos y las metodologías empleadas son performativos porque dan forma a las realidades que pretenden medir. La elección de las

condiciones experimentales o las técnicas de medición pueden influir en los resultados y, por lo tanto, afectar nuestra comprensión de los fenómenos que se estudian.

Así, el conocimiento científico no solo es descubrimiento de la realidad, sino también a través de aquélla se construye, lo cual desafía la noción de una realidad puramente objetiva al destacar cómo las prácticas y los discursos científicos contribuyen a construirla. La integración de la performatividad enfatiza que las prácticas científicas no solo descubren, sino que también moldean activamente las realidades que estudian.

Lo que importa para nuestros propósitos [...] es que los objetos imaginarios pueden interpretarse de la misma manera en que pueden interpretarse los objetos materiales [y producir realidad a través de la representación que realizan]. Newton hizo lo mismo en el caso de su modelo del sistema solar. El objeto imaginario básico del modelo es el llamado sistema de dos cuerpos: un sistema que consiste en dos esferas perfectas con una distribución de masa homogénea, una grande y otra pequeña, que se atraen entre sí con una fuerza. En el modelo newtoniano, la esfera más grande se interpreta como el sol, la esfera más pequeña como la tierra y la fuerza como la gravedad. Por lo tanto, en el contexto del modelo newtoniano, el sistema de dos cuerpos es una representación del sistema solar (Frigg & Nguyen, 2017: 54).

La teoría cognitiva del arte proporciona una perspectiva complementaria a explorar cómo el arte representa e influye en nuestra comprensión de la realidad, al sostener que el arte involucra procesos cognitivos que son similares a los utilizados en el razonamiento científico y filosófico. Su teoría afirma que el arte no es simplemente un reflejo pasivo de la realidad, sino que involucra funciones interpretativas y representacionales complejas que contribuyen a nuestro compromiso cognitivo con el mundo.

El arte tiene un valor epistémico en tanto contribuye al conocimiento ofreciendo nuevas perspectivas. La función representativa del arte se extiende más allá de la mera representación, implica interpretar y transformar la realidad para transmitir significados y provocar respuestas, pero también a través de él se hacen visibles cosas que de otra manera no podríamos ver. Este compromiso epistemológico con el arte desafía las visiones tradicionales del mismo como meramente decorativo o estético, destacando su papel en la formación de nuestra comprensión de varios aspectos de la vida.

La manipulación material en el arte juega un papel crucial en este carácter epistemológico. Técnicas como la pintura, la escultura y los medios digitales implican la manipulación de elementos y formas para crear representaciones que afectan la forma en que se percibe e interpreta la realidad. Por ejemplo, el uso de formas abstractas o técnicas innovadoras puede desafiar las representaciones convencionales y ofrecer nuevas formas de experimentar y comprender la realidad. La teoría neo-representacional subraya que los aspectos materiales del arte, y también las texturas, colores y formas, tienen un impacto significativo en las respuestas cognitivas y emocionales de los espectadores. Existe una convergencia en la forma en que ambos dominios participan en la formación de nuestra comprensión de la realidad. En la práctica científica, de igual forma, la performatividad revela cómo el diseño experimental, los instrumentos y las elecciones metodológicas influyen directamente en el conocimiento. De manera similar, en el arte, la manipulación de materiales y las elecciones representacionales afectan nuestro compromiso cognitivo con el mundo. Ambos campos implican procesos activos de representación y construcción que dan forma a cómo percibimos e interpretamos la realidad.

La adición de la performatividad al realismo científico y la teoría cognitiva del arte proporciona una comprensión más rica de la interacción dinámica entre la representación, la cognición y la realidad. El realismo científico, al tiempo que mantiene la naturaleza objetiva del conocimiento científico, se beneficia del reconocimiento de los aspectos performativos de las prácticas científicas. La teoría de la representación pictórica complementa esto al destacar cómo las funciones materiales y representacionales del arte contribuyen a nuestra comprensión cognitiva y emocional del mundo. Al reconocer las dimensiones performativas de las prácticas científicas y artísticas, obtenemos una apreciación más profunda de cómo la participación humana da forma a nuestras experiencias y percepciones de la realidad. Esta perspectiva integrada acerca la actividad representativa en el arte y la ciencia enfatiza el papel activo de las prácticas humanas en la construcción e interpretación del mundo, ofreciendo una visión matizada de cómo el conocimiento y la realidad se configuran a través de las

prácticas humanas. Mientras que el realismo científico se centra en la naturaleza objetiva del conocimiento científico, el concepto de performatividad revela cómo las prácticas científicas construyen e influyen en nuestra comprensión de la realidad. La teoría cognitiva del arte ilustra además cómo las manipulaciones materiales y representacionales del arte contribuyen a nuestro compromiso cognitivo con el mundo. Juntas, estas perspectivas proporcionan una comprensión integral de los procesos dinámicos a través de los cuales las prácticas humanas configuran nuestras percepciones y experiencias de la realidad.

En general, la teoría neo-naturalista de la representación pictórica enriquece nuestra comprensión de cómo funciona el arte y cómo los espectadores interactúan con las imágenes visuales, ofreciendo una perspectiva integral y científicamente informada sobre la naturaleza de la representación pictórica. Este análisis proporciona un marco para comprender cómo el arte y la ciencia abordan la representación e interpretación de la realidad. Al profundizar en la teoría cognitiva del arte y la filosofía de la representación, las conexiones y distinciones entre arte y ciencia son:

- En el ámbito del arte, la representación suele caracterizarse por la interpretación creativa. Los artistas transforman y reinterpretan la realidad para transmitir emociones, ideas abstractas o visiones subjetivas. Este proceso implica no solo representar el mundo visible, sino también emplear el simbolismo y la metáfora para expresar conceptos que pueden no ser inmediatamente visibles o tangibles. El arte, por lo tanto, representa un amplio espectro de la experiencia humana a través de medios imaginativos y expresivos.
- Por el contrario, la representación científica se basa en la observación empírica y la explicación objetiva. La ciencia tiene como objetivo representar y descubrir aspectos del mundo natural a través de métodos rigurosos, que incluyen la experimentación y el modelado teórico. El enfoque aquí recae en crear representaciones precisas y replicables que mejoren nuestra comprensión de los fenómenos físicos. Los modelos y

teorías científicas simplifican procesos complejos para predecir y explicar cómo funciona el mundo, buscando una forma de representación que sea a la vez objetiva y verificable.

El arte involucra procesos epistemológicos de maneras similares a la ciencia. Así como las teorías y los modelos científicos dan forma a nuestra comprensión de los fenómenos naturales, el arte influye en cómo pensamos y entendemos el mundo. El arte como la ciencia contribuye a nuestro conocimiento de maneras diferentes pero complementarias. Mientras que el arte proporciona información sobre las dimensiones emocionales y perceptivas de la experiencia humana, la ciencia ofrece conocimiento empírico y teórico sobre el mundo físico. Es cierto que el arte al igual que la ciencia implican procesos interpretativos de formas distintas, en tanto la interpretación científica implica la comprensión de datos empíricos y modelos teóricos, y la interpretación artística requiere interactuar con contenido simbólico, emocional y conceptual; sin embargo, existe un paralelismo entre ambos dominios en su uso de la representación. Ambos campos están impulsados por un deseo de explorar e innovar. El arte se adentra en la imaginación y la experiencia humanas, mientras que la ciencia investiga y explica el mundo natural. La representación en ambos dominios sirve como medio para explorar. “El arte genuino, desde este punto de vista, se dirige a la imaginación [...] incitando al espectador a llenar la obra de arte de tal manera que la comprendamos como una configuración organizada de líneas, colores, formas, espacios, vectores, etc.” (Carroll, 1999: 109). Además, el arte y la ciencia se influyen mutuamente a través de un proceso de interacción. Los descubrimientos científicos pueden inspirar representaciones artísticas, y las técnicas artísticas pueden proporcionar nuevas formas de visualizar y comprender los conceptos científicos. Por ejemplo, las visualizaciones artísticas de ideas científicas complejas pueden hacerlas más accesibles y comprensibles, en la medida que esta interacción entre el arte y la ciencia enriquece ambos campos y fomenta nuevas formas de interactuar con la realidad (Carroll, 1999).

El arte y la ciencia abordan el concepto de verdad de manera diferente. La representación científica busca verdades objetivas sobre el mundo natural,

centrándose en la precisión y la validación empírica. En cambio, la representación artística transmite verdades subjetivas y experiencias emocionales, ofreciendo perspectivas personales y culturales. Si bien sus métodos y objetivos difieren, su papel compartido en la configuración del conocimiento y la experiencia humana son preponderantes al proporcionar un marco amplio para remodelar el mundo.

El arte puede influir y transformar nuestra percepción de la realidad. Hay intrincadas formas en que el arte sirve como herramienta epistémica, dando forma a nuestra comprensión del mundo a través de la representación y la interpretación al involucrar procesos epistemológicos similares a los empleados en el razonamiento científico o filosófico. El arte desafía y expande nuestro marco cognitivo al presentar nuevas perspectivas e interpretaciones de la realidad, e influye en nuestra percepción y pensamiento a través de sus procesos creativos e interpretativos, contribuyendo a la construcción del conocimiento. Las obras de arte pueden alterar nuestra visión sobre diversos temas, incluidos los problemas sociales, los acontecimientos históricos, las experiencias personales y la práctica científica entre otras. Al provocar el pensamiento y la emoción, el arte puede llevarnos a reconsiderar nuestras creencias y comportamientos, moldeando así nuestra intervención en la realidad.

La representación en el arte implica más que simplemente representar el mundo externo, incluye interpretarlo y transformarlo. Este proceso de representación transformadora ofrece nuevas perspectivas y desafía los puntos de vista existentes. El arte utiliza el simbolismo y la abstracción para transmitir significados que no son inmediatamente visibles y desempeña un papel crucial en la construcción de nuestra comprensión de la realidad al representar e intervenir diversos aspectos de la vida. Este papel contribuye a nuestro marco epistemológico y da forma a nuestras percepciones ontológicas del mundo.

Estos objetos no existen, no se pueden ver ni tocar. No son concretos. A menudo se los considera objetos o personajes ficticios. Cómo analizar tales objetos es un problema filosófico formidable (de hecho, ya existe la pregunta de si son objetos en absoluto), y hay más opciones disponibles de las que podemos mencionar aquí. Para nuestros propósitos, no importa qué opciones elijamos. Dado que a cosas como Huckleberry Finn y los conejos inmortales se accede a través de la imaginación, nos referimos a ellos como "objetos imaginados" [que] pueden tener propiedades. Bardamu es un gnomo y Tom Sawyer está enamorado de su compañera de clase Becky; los planetas de Newton son esféricos y los conejos de Fibonacci son

Las imágenes y modelos que produce la ciencia captan la esencia de la práctica científica, donde las ideas no existen de manera aislada, sino que están influenciadas por una red más grande de conocimiento. El uso de modelos, imágenes pictóricas y esquemas refleja la naturaleza colaborativa de la investigación científica, donde los conocimientos de un campo pueden informarla y mejorarla. Por ejemplo, la ventaja de usar modelos e imágenes en la práctica científica es que permite modificarlos y adaptarlos al contexto. Un modelo diseñado para predecir patrones climáticos a corto plazo puede no ser adecuado para proyecciones climáticas a largo plazo. Esto resalta la importancia de seleccionar el modelo apropiado en función de los aspectos específicos de la realidad que los investigadores buscan capturar. Esta adaptabilidad es crucial para el progreso científico, ya que los modelos deben evolucionar junto con nuevos datos y conocimientos.

El uso de modelos e imágenes en la ciencia indica que a menudo se requieren conocimientos de múltiples dominios. Por ejemplo, comprender la propagación de enfermedades infecciosas requiere conocimientos de epidemiología, sociología e incluso psicología. Los modelos desarrollados en una disciplina pueden informar los enfoques de otra, lo que conduce a soluciones más integrales.

Los modelos científicos no son estáticos, sino que evolucionan con el tiempo a medida que se recopilan nuevos datos y se perfeccionan las teorías. Este dinamismo se ilustra a través del caso del Modelo Estándar de física de partículas. Desarrollado inicialmente a mediados del siglo XX, el Modelo Estándar describía con éxito una amplia gama de fenómenos. Sin embargo, también enfrentaba limitaciones, en particular en lo que respecta a la gravedad y la materia oscura. A medida que surgían datos experimentales de aceleradores de partículas, los físicos comenzaron a perfeccionar y ampliar el Modelo Estándar. El descubrimiento del bosón de Higgs en 2012 proporcionó un apoyo crítico al modelo, pero también planteó nuevas preguntas sobre la estructura subyacente del universo. Este proceso iterativo resalta la importancia de la investigación

continua y la voluntad de adaptar los modelos a la luz de nuevas evidencias (Imagen 2).

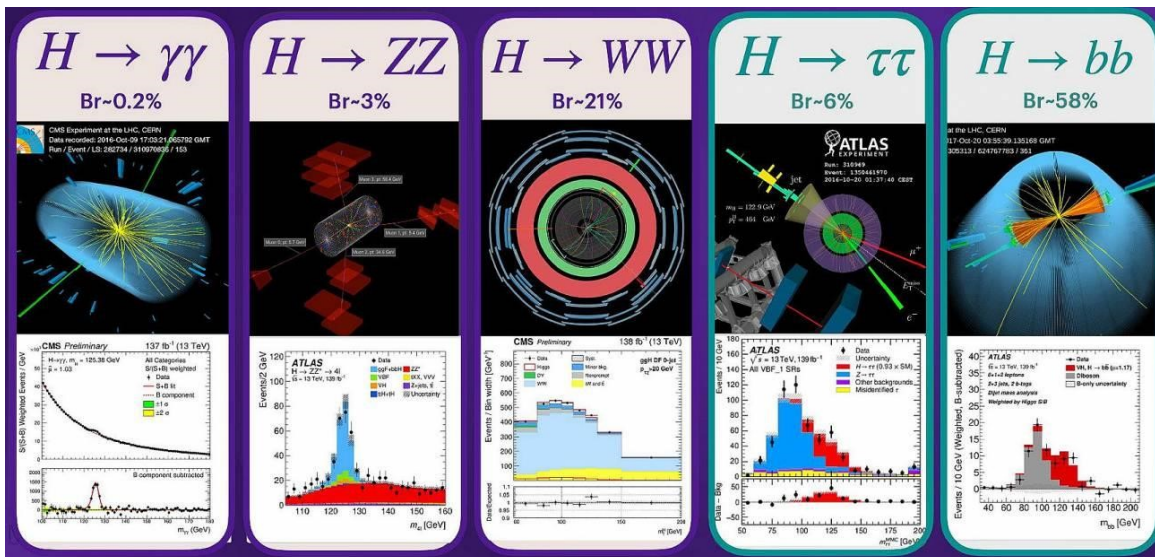


Imagen2. Ilustración del desarrollo del modelo representativo del Boson de Higgs donde se aplica el uso de barras con fines representativos. <https://humanidadymedio.wordpress.com/2022/07/04/felizcumpleanos-boson-de-higgs/>

Frigg y Nguyen proponen una comprensión pragmática de los modelos, sugiriendo que su valor no solo reside en su precisión representativa, sino también en su aplicabilidad y capacidad para brindar información sobre sistemas complejos. Esta perspectiva desafía las opiniones más tradicionales que priorizan la fidelidad a la realidad como criterio principal para evaluar los modelos que no son meras herramientas estáticas; más bien, sirven como entidades dinámicas que abstraen y simplifican las complejidades de la realidad. Esto entra en comunión con la afirmación de Hacking de que la investigación científica prospera en las conexiones entre diferentes campos, lo que refleja un panorama epistemológico más amplio. Estas imágenes resaltan la importancia de reconocer los modelos científicos no como entidades aisladas, sino como parte de una red más amplia de conocimiento que fluye y evoluciona con el tiempo. El uso de modelos subraya cómo los conocimientos de una disciplina científica pueden informar y enriquecer a otra, facilitando la colaboración interdisciplinaria, también nos muestran la importante interacción que hay entre ciencia y arte.

La noción de representación científica es central para entablar un diálogo entre Hacking, Frigg y Nguyen. Los tres en cierta manera coinciden en que los modelos están diseñados para proporcionar información sobre las estructuras subyacentes de la realidad, y afirma que tanto las teorías científicas tienen como objetivo describir con precisión el mundo. Para el primero, los modelos pueden revelar verdades sobre los mecanismos de la naturaleza, incluso cuando no son réplicas perfectas de la realidad. De manera similar, los segundos sostienen que la eficacia de un modelo depende de su relevancia contextual y su adaptabilidad. Lo ilustran con ejemplos como los modelos epidemiológicos utilizados en la salud pública, que se basan en conocimientos de varias disciplinas para abordar cuestiones complejas como la propagación de enfermedades infecciosas.

Estos autores destacan que los modelos científicos no son estáticos, evolucionan con el tiempo a medida que se recopilan nuevos datos y se perfeccionan las teorías. El enfoque de Hacking en la naturaleza iterativa de la investigación científica resuena con la exploración de Frigg y Nguyen de cómo los modelos se adaptan en función de la evidencia empírica. Por ejemplo, la evolución del Modelo Estándar de la física de partículas ilustra este proceso dinámico. Inicialmente desarrollado para explicar una amplia gama de fenómenos, este modelo enfrentó limitaciones a medida que surgían nuevos datos experimentales. El descubrimiento del bosón de Higgs en 2012 proporcionó un apoyo crucial para el modelo, pero también generó más preguntas sobre partículas y fuerzas fundamentales. Este ciclo iterativo refleja la importancia de la flexibilidad en los modelos científicos, ya que deben probarse y ajustarse continuamente en respuesta a nuevos hallazgos (Imagen 3).

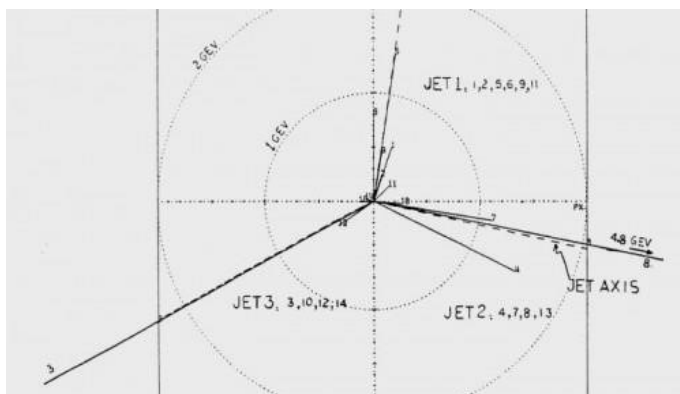


Imagen 3. Representación del Modelo Estándar. La teoría electro-débil predecía la existencia de los bosones W^\pm y Z aquí ilustrados. <https://lahoracero.org/breve-historia-del-modelo-estandar/>
 El flujo de conocimiento entre diferentes dominios científicos y no científicos fomenta la colaboración y la innovación. Las implicaciones epistemológicas de estas discusiones son profundas, en particular en lo que respecta al realismo científico. Hacking aboga por una comprensión pragmática de los modelos, sugiriendo que su valor reside en su aplicabilidad y su capacidad para iluminar sistemas complejos. Frigg y Nguyen se hacen eco de este sentimiento, argumentando que la eficacia de un modelo depende de su relevancia para los problemas del mundo real. Esta interconexión invita a reconsiderar la forma en que evaluamos el conocimiento científico. En lugar de considerar los modelos como entidades discretas, es esencial reconocerlos como parte de una red más grande y dinámica donde las ideas fluyen y evolucionan. Dicha perspectiva no solo enriquece nuestra comprensión de la práctica científica, sino que también fomenta un enfoque colaborativo para abordar los desafíos que enfrenta la ciencia contemporánea. A través de la interacción entre ciencia y arte se enfatiza la fluidez del conocimiento, la dinámica de la representación científica y la importancia de la colaboración interdisciplinaria. A medida que la ciencia continúa lidiando con fenómenos complejos, las lecciones extraídas de estos debates nos recuerdan la importancia de la conectividad, la adaptabilidad y el espíritu colaborativo que impulsa la investigación científica.

I.III. Modelos de representación científica

En *How Models Are Used to Represent Reality*, Ronald Giere ofrece un análisis del papel que desempeñan los modelos en la investigación científica. Al enmarcar los modelos no simplemente como representaciones simplificadas de la realidad, sino como herramientas esenciales para comprender fenómenos complejos. Giere reformula nuestra concepción de la práctica científica.

Los modelos sirven como representaciones cruciales de aspectos del mundo (Giere, 2004: 5). A diferencia de las réplicas directas, los modelos encapsulan características específicas y omiten deliberadamente otras, lo que permite a los científicos centrarse en los detalles relevantes. Esta representación selectiva no es una limitación, sino un aspecto fundamental de cómo funcionan los modelos. Por ejemplo, un modelo matemático del cambio climático puede priorizar las variables de temperatura y abstraerse de los factores socioeconómicos. Esta capacidad de destacar aspectos pertinentes hace que los modelos sean invaluableles en la búsqueda del conocimiento.

Giere analiza varios tipos de modelos utilizados en la práctica científica, centrándose en cómo representan aspectos del mundo. A continuación, se presentan algunos tipos clave de los modelos que aborda (Giere, 2004: 8-12):

- Modelos abstractos: Estos modelos no corresponden directamente a entidades específicas del mundo real, pero sirven como marcos para comprender los fenómenos. Por ejemplo, se refiere a los modelos de física que se basan en principios como las leyes de Newton o los principios de la termodinámica.
- Modelos matemáticos: Estos modelos se pueden utilizar para derivar predicciones y comprender las relaciones entre diferentes variables. Por ejemplo, menciona la caracterización matemática de un sistema de masa-resorte, donde el modelo permite realizar cálculos de períodos de oscilación basados en parámetros específicos.
- Modelos de fluidos continuos: Estos modelos son útiles para estudiar la dinámica y el flujo de fluidos, pero pueden no capturar la estructura molecular

del agua. Giere señala que se pueden utilizar diferentes modelos para diferentes propósitos, como el uso de modelos de fluidos continuos para estudios de flujo de fluidos y modelos moleculares para comprender fenómenos como el movimiento browniano.

- Modelos moleculares: Estos modelos brindan una comprensión más detallada de las propiedades y comportamientos de los materiales, como el agua, y son particularmente útiles en campos como la química y la biología.
- Modelos hipotéticos: Este aspecto del modelado permite a los científicos hacer predicciones y probarlas contra datos empíricos, lo que conduce a una mejor comprensión de los fenómenos subyacentes.

En general, el análisis de los modelos de Giere destaca sus diversos roles en la representación científica, enfatizando que la elección del modelo depende de las preguntas científicas específicas que se abordan y el contexto en el que se aplican. Esta diversidad subraya la adaptabilidad de las estrategias de modelado en las distintas disciplinas científicas, lo que demuestra que ningún enfoque es universalmente aplicable.

La representación científica debe ser pensada de la misma manera general, es decir, en términos del uso de modelos por parte de los científicos para representar aspectos del mundo con diversos propósitos. [...] al no abstraerse de la actividad de hacer ciencia, uno puede lograr una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia moderna (Giere, 2004: 12).

La importancia epistémica de los modelos en la adquisición de conocimiento radica en facilitar la exploración, al permitir que los científicos formulen hipótesis y hagan predicciones. Los físicos, por ejemplo, utilizan modelos para predecir el comportamiento de partículas en colisiones de alta energía, lo que conduce a pruebas experimentales que refinan tanto los modelos como las teorías subyacentes. Este proceso iterativo resalta la naturaleza dinámica de la investigación científica, donde los modelos y los datos empíricos se informan y dan forma continuamente entre sí.

La noción de abstracción e idealización es central en el argumento de Giere. Al simplificar sistemas complejos, los modelos permiten a los científicos derivar principios generales a partir de casos específicos. Este proceso no es simplemente

un método de simplificación, sino una estrategia crucial para generar conocimientos que aporten información a una comprensión científica más amplia. Por ejemplo, las leyes de los gases ideales se abstraen de las interacciones moleculares para proporcionar una comprensión general del comportamiento de los gases en condiciones variables.

La interacción entre los modelos teóricos y los datos experimentales se ilumina aún más, haciendo hincapié en un ciclo de retroalimentación esencial para el avance científico. Los modelos se prueban y refinan a través de la investigación empírica, creando una relación recíproca que mejora tanto la teoría como la práctica. Tal interacción dinámica desafía las nociones estáticas del conocimiento científico, posicionando a los modelos como entidades vivas que evolucionan junto con nuestra comprensión del mundo natural, y se extienden al ámbito de la filosofía de la ciencia. Defender una visión centrada en los modelos desafía el realismo científico tradicional, sugiriendo que nuestra comprensión de la ciencia está determinada en gran medida por los modelos que empleamos. Esta perspectiva invita a una apreciación matizada de cómo se construye el conocimiento, desplazando el foco de una búsqueda singular de la verdad a un reconocimiento de la naturaleza diversa y dependiente del contexto de la representación científica.

Comprender el papel esencial de los modelos en la práctica científica ofrece un marco convincente. Destacar su naturaleza, tipos y funciones epistémicas replantea nuestra comprensión de cómo se construye el conocimiento científico. Esto no solo enriquece nuestra apreciación de los modelos científicos, sino que también alienta una visión más flexible y dinámica de la empresa científica, reconociendo que los modelos son herramientas indispensables en nuestra búsqueda por comprender las complejidades del mundo natural. Los modelos no son meros artefactos de la ciencia, no son meras representaciones, son los instrumentos mismos a través de los cuales navegamos, interpretamos e intervenimos la realidad.

Las contribuciones de Ronald Giere a la filosofía de la ciencia, en particular en sus discusiones sobre modelos y representación, destacan un enfoque pragmático que contrasta con las visiones semánticas tradicionales. Mientras que

las teorías semánticas enfatizan la correspondencia entre los modelos y el mundo, la perspectiva pragmática se centra en la utilidad práctica de los modelos en la práctica científica.

Frente a la concepción sintáctica de las teorías científicas, propia del Círculo de Viena y el Neopositivismo Lógico, que concebía las teorías como conjuntos de enunciados y la verdad como una correspondencia entre estos enunciados y el mundo, Giere se encuadra en la concepción semántica, que concibe las teorías científicas como conjuntos de modelos y la verdad como una relación, en el mejor de los casos, de isomorfismo entre los modelos y el mundo (Madrid, 2020: 84).

Las visiones semánticas tradicionales de la representación se basan en la idea de que los modelos y las teorías deben reflejar la realidad lo más fielmente posible. Estas visiones a menudo se basan en la noción de verdad, según la cual un modelo se considera exitoso si describe con precisión la estructura y las relaciones de los fenómenos que pretende representar. Este enfoque se basa en una ontología realista, que sugiere que existe una única realidad objetiva que puede ser captada con precisión por los modelos científicos. Un ejemplo destacado de esta perspectiva es la teoría de la verdad como correspondencia, que postula que las afirmaciones o modelos son verdaderos si corresponden a los hechos del mundo. En este marco, la preocupación principal es la fidelidad de la representación; los modelos deben reflejar las estructuras subyacentes de la realidad para ser considerados científicamente válidos. Sin embargo, esta perspectiva puede conducir a dificultades cuando se trata de fenómenos complejos o abstractos que no se prestan fácilmente a la representación directa.

En cambio, el enfoque pragmático enfatiza el papel funcional de los modelos en la práctica científica en lugar de su fidelidad a la realidad (Chang, 2016: 107, 119). Sostiene que los modelos son herramientas para la comprensión, que permiten a los científicos explorar hipótesis, hacer predicciones y obtener conocimientos sobre el mundo. Esta perspectiva cambia el enfoque de cuán bien un modelo representa la realidad a cuán efectivamente satisface las necesidades de los científicos en contextos específicos. Los modelos deben evaluarse en función de su utilidad y éxito en el logro de objetivos científicos, en lugar de su correspondencia con una realidad objetiva. Un modelo que predice con precisión el comportamiento de un sistema, incluso si no corresponde a cada detalle de ese

sistema, aún puede considerarse exitoso. Esta postura pragmática reconoce que diferentes modelos pueden servir para diferentes propósitos, lo que refleja la diversidad de prácticas científicas y los diferentes contextos en los que se emplean los modelos.

Una implicación significativa del enfoque pragmático es su flexibilidad para adaptarse a las complejidades de la representación científica. Las visiones semánticas tradicionales pueden tener dificultades con los sistemas abstractos o de alta dimensión, donde crear una representación fiel puede ser poco práctico o imposible. El marco pragmático permite el desarrollo de modelos que priorizan la comprensión y el entendimiento sobre la correspondencia estricta, lo que incentiva la innovación y la creatividad en la investigación científica, además de fomentar una visión más pluralista de la representación científica. En el enfoque centrado en modelos, diferentes modelos pueden coexistir y servir para distintos propósitos dentro del mismo marco científico. Así, en la ciencia del clima, tanto los modelos estadísticos como las simulaciones físicas pueden utilizarse para abordar diferentes aspectos del comportamiento climático. Este pluralismo reconoce la riqueza de la práctica científica y las diversas formas en que los científicos interactúan con el mundo.

La visión pragmática también enfatiza la importancia de la relación entre la teoría y la práctica, en tanto sugiere que los modelos sirven como intermediarios entre las teorías abstractas y los datos empíricos, facilitando un diálogo que mejora tanto la comprensión teórica como la aplicación práctica. Esta visión subraya la naturaleza de autorefinamiento de la investigación científica, donde los modelos se prueban, precisan y adaptan continuamente en respuesta a nuevos datos y perspectivas.

En contraste, las visiones semánticas tradicionales a menudo tratan a las teorías y a los modelos como entidades estáticas que deben permanecer fieles a una realidad inmutable (Chang, 2016: 109). El marco de Giere, sin embargo, reconoce que el conocimiento científico es dinámico y evoluciona con el tiempo. Los modelos no son meras representaciones, sino se desprenden de la experimentación, de la intervención en la realidad, y de manera recursiva sirven

como guía para intervenir en la misma, son participantes activos en el proceso científico, que dan forma y son moldeados por la investigación en curso y contribuyen a su desarrollo.

El enfoque pragmático sobre la representación marca un cambio significativo con respecto a las visiones semánticas tradicionales de la filosofía de la ciencia. Priorizar la utilidad práctica de los modelos por sobre su fidelidad a la realidad ofrece un marco flexible y pluralista que capta mejor las complejidades de la investigación científica. Su énfasis en la relación iterativa entre modelos, teorías y datos empíricos fomenta una comprensión de cómo los científicos interactúan con el mundo, enriqueciendo en última instancia nuestra concepción de la representación científica. Los modelos no son meros reflejos de la realidad, son herramientas vitales que dan forma a nuestra comprensión y exploración del mundo natural.

Las contribuciones de Ronald N. Giere a la filosofía de la ciencia enfatizan las distinciones críticas entre principios, modelos e hipótesis (2004: 2-5). Estas distinciones son esenciales para comprender cómo los científicos construyen el conocimiento y navegan por fenómenos complejos.

- (a) En el núcleo se encuentran los principios científicos, que sirven como enunciados o leyes fundamentales que guían la investigación científica. Los principios suelen ser amplios y abstractos, y proporcionan las reglas o pautas generales que gobiernan fenómenos específicos. Por ejemplo, las leyes del movimiento de Newton pueden verse como principios que se aplican en varios contextos de la mecánica clásica. Estas leyes ofrecen una base teórica para comprender el movimiento, lo que permite a los científicos derivar predicciones y aplicaciones específicas.

Los principios a menudo se idealizan y pueden no capturar todos los matices de los fenómenos del mundo real. Sin embargo, son esenciales para formar un marco teórico coherente. Al articular relaciones fundamentales, los principios establecen la base sobre la cual se construyen los modelos y las hipótesis. Esta distinción

subraya el papel de los principios como punto de partida para la exploración científica, guiando al desarrollo de representaciones más específicas de la realidad.

- (b) Los modelos representan las formas específicas en que se aplican los principios a situaciones o sistemas particulares. Sirven como herramientas para comprender, predecir y explicar fenómenos complejos al capturar características esenciales mientras se abstraen los detalles irrelevantes. Los modelos pueden adoptar diversas formas, incluidas ecuaciones matemáticas, simulaciones físicas y marcos conceptuales, según el contexto y los fenómenos que se estudian.

La naturaleza pragmática de los modelos radica en que su éxito está determinado por su utilidad en lugar de su fidelidad con la realidad. Un modelo puede predecir eficazmente resultados o generar conocimientos, sin reflejar perfectamente las complejidades subyacentes del sistema. Por ejemplo, los modelos climáticos pueden simular cambios de temperatura basándose en diversos parámetros de entrada, incluso si simplifican algunas interacciones dentro del sistema climático. Este enfoque práctico permite a los científicos navegar por las complejidades de la realidad y, al mismo tiempo, derivar conclusiones significativas. Además, la visión pragmática enfatiza la diversidad de modelos dentro de la práctica científica. Diferentes modelos pueden coexistir y servir a propósitos distintos, lo que refleja la naturaleza pluralista de la investigación científica. Esta multiplicidad de modelos permite a los científicos abordar los problemas desde diversos ángulos, fomentando la innovación y una comprensión más profunda.

- (c) Las hipótesis ocupan una posición única dentro del marco de Giere, ya que sirven como declaraciones específicas y comprobables derivadas de principios y modelos. Son proposiciones que predicen los resultados de experimentos u observaciones basadas en la aplicación de modelos a casos particulares. Las hipótesis son esenciales para la prueba y verificación empírica, y forman la base de la experimentación científica.

La relación iterativa entre hipótesis y modelos queda subrayada cuando se formula una hipótesis, lo cual suele conducir al refinamiento de los modelos, lo que a su vez informa el desarrollo posterior de la hipótesis. Esta interacción dinámica ejemplifica el método científico, donde se prueban las hipótesis, se ajustan los modelos y surgen nuevos conocimientos. Por ejemplo, en física de partículas, se prueban hipótesis específicas sobre las interacciones de partículas en colisionadores, lo que conduce a ajustes en los modelos que describen estas interacciones.

Las distinciones entre principios, modelos e hipótesis resaltan sus interrelaciones y los procesos de investigación científica. Los principios proporcionan las verdades fundamentales sobre las que se construyen los modelos. Los modelos traducen estos principios en aplicaciones prácticas, lo que permite a los científicos explorar fenómenos específicos. Las hipótesis surgen de esta interacción, formando la base para la prueba y verificación empírica. En lugar de ver el conocimiento científico como una progresión lineal de los principios a los hechos, fomentar una comprensión matizada de la representación científica reconoce la complejidad y la interactividad de la práctica científica. Esta perspectiva invita a una visión más dinámica de la construcción del conocimiento, donde los modelos y las hipótesis se informan y reconfiguran continuamente entre sí, desafiando las nociones tradicionales del realismo científico; al centrarse en cuán bien funcionan los modelos y las hipótesis, prioriza la utilidad pragmática de los modelos y las hipótesis (Madrid, 2020: 89).

Al centrarse en contextos específicos y en la práctica en lugar de en su correspondencia con una realidad única, el conocimiento científico se presenta como una comprensión más flexible. Este pragmatismo reconoce la naturaleza evolutiva de la ciencia, en la que los modelos y las hipótesis se adaptan en respuesta a nuevos datos y perspectivas. Enfatizar dicha naturaleza de los modelos y las relaciones dinámicas entre estos elementos enriquece nuestra comprensión de cómo los científicos construyen conocimiento y navegan por las complejidades del mundo natural. Esta perspectiva matizada, en última instancia, resalta la imbricación entre la representación y la práctica científica, así como la evolución continua de la comprensión científica. Tras examinar cómo los modelos sirven como

representaciones de la realidad, Otávio Bueno concuerda con Giere al desafiar las nociones tradicionales de precisión científica y enfatizar los aspectos pragmáticos de la práctica científica.

Un aspecto fundamental de la propuesta de Bueno es su clasificación de los modelos en varios tipos, como modelos teóricos, modelos físicos y simulaciones. Cada uno cumpliendo propósitos distintos dentro de la investigación científica. (a) Los modelos teóricos a menudo encapsulan relaciones y principios abstractos, proporcionando un marco para comprender los fenómenos. (b) Los modelos físicos, por otro lado, ofrecen representaciones tangibles, lo que permite a los científicos visualizar y manipular elementos de un sistema. (c) Las simulaciones son cada vez más importantes en la ciencia contemporánea, lo que permite la exploración de sistemas complejos a través de técnicas computacionales.

Reconocer esta diversidad implica que ningún tipo de modelo puede capturar la totalidad de un fenómeno científico. El uso de múltiples modelos en diferentes contextos enriquece la comprensión científica y fomenta la innovación. Este enfoque pluralista subraya la adaptabilidad de las prácticas científicas, lo que permite a los investigadores elegir los modelos más apropiados para preguntas y desafíos específicos. En concreto, la propuesta de Bueno destaca las simulaciones, que constituirían una práctica a medio camino entre representación e intervención.

El trabajo de Bueno desafía las visiones semánticas tradicionales que priorizan la correspondencia directa entre los modelos y el mundo real. En lugar de exigir una relación estricta de uno a uno, aboga por una comprensión más matizada de la precisión representacional. Los modelos pueden representar de manera efectiva ciertos aspectos de la realidad, incluso si no encapsulan cada detalle.

El mecanismo de representación, en este caso, implica aplicaciones parciales [...] que preservan la estructura relevante [...] Nótese que una representación científica no necesita ser verdadera para ser buena. Si es casi verdadera y no captura todos los aspectos de la muestra, sino solo una selección limitada de ellos, esto suele ser más que suficiente (Bueno, 2010: 106).

Esta visión refleja la complejidad de los sistemas del mundo real, donde las simplificaciones e idealizaciones a menudo son necesarias para crear modelos útiles.

Del ejemplo anteriormente citado, un modelo de cambio climático también podría priorizar las variaciones de temperatura y abstraerse otros factores. Si bien este modelo puede no representar cada detalle del sistema climático, aún puede proporcionar información y predicciones valiosas. El enfoque pragmático de Bueno enfatiza que la utilidad de un modelo reside en su capacidad para generar comprensión y facilitar predicciones, más que en su capacidad para reflejar la realidad a la perfección.

Al reconocer el papel de la abstracción y la idealización, los modelos para Bueno y Giere no se detienen ahí, no son meras réplicas de la realidad, sino son herramientas que permiten a los científicos navegar con las complejidades e intervenir de alguna manera en el mundo. Esta comprensión fomenta una visión más flexible de la representación científica, lo que permite el reconocimiento de los modelos como aproximaciones valiosas que pueden conducir a conocimientos significativos. Los científicos emplean con frecuencia estas técnicas para crear modelos que simplifican sistemas complejos. La abstracción implica centrarse en ciertas características y omitir otras, mientras que la idealización implica hacer suposiciones que pueden no ser válidas en todas las situaciones. Ambos procesos son cruciales para desarrollar modelos que conserven las características esenciales de un sistema y al mismo tiempo lo hagan manejable para el análisis, pero es la idealización lo que permite al modelo conectarse con situaciones concretas.

Otro aspecto significativo del enfoque de Bueno es la relación dinámica entre los modelos y los datos empíricos (Bueno, 2010: 95). Los modelos no son entidades estáticas, sino que se prueban y perfeccionan continuamente a la luz de los resultados experimentales. Este proceso iterativo ejemplifica el método científico, donde los modelos informan las hipótesis y los hallazgos empíricos, a su vez, conducen a ajustes en los modelos. De esta manera, en campos como la física de partículas, los modelos teóricos iniciales pueden predecir ciertos resultados, que luego se prueban en entornos experimentales. Con base en los resultados, los científicos perfeccionan sus modelos, mejorando su precisión y poder predictivo. Esta interacción subraya la naturaleza evolutiva del conocimiento científico, donde

los modelos sirven como herramientas vivas que se adaptan a nuevos descubrimientos.

El trabajo de Otávio Bueno sobre modelos y representaciones científicas ensancha el marco integral de Giere para comprender las complejidades de la investigación científica. Al clasificar los modelos, desafiar las visiones tradicionales de la precisión representacional y enfatizar los roles de la abstracción y la idealización, el primero enriquece nuestra apreciación de cómo los científicos se relacionan con el mundo. Su enfoque pragmático resalta la utilidad de los modelos como herramientas para generar perspectivas y facilitar la comprensión, lo que en última instancia hace avanzar nuestro conocimiento de fenómenos complejos. Desde dicha perspectiva, vemos que los modelos no son sólo representaciones estáticas, son instrumentos dinámicos que dan forma y son moldeados por el proceso científico.

En el centro de las perspectivas de Giere y Bueno se encuentra una comprensión pragmática de la construcción del conocimiento. Los modelos científicos no son meros reflejos de la realidad; más bien, son herramientas que facilitan la comprensión, la predicción y la exploración de sistemas complejos. Esta postura pragmática desplaza el foco de las preocupaciones tradicionales sobre la precisión de la representación (como la correspondencia directa entre los modelos y el mundo) hacia una evaluación más matizada de la utilidad de un modelo para alcanzar objetivos científicos. El primero enfatiza que los modelos son valiosos cuando representan efectivamente ciertas características de los fenómenos, incluso si no capturan cada detalle. De manera similar, el segundo sostiene que los modelos pueden proporcionar perspectivas y predicciones significativas sin necesidad de reflejar la realidad en su totalidad.

La representación se entiende como un acto inherentemente intencional que se basa fundamentalmente en convenciones de codificación para especificar en qué aspectos son similares el objetivo y la fuente. Esta propuesta ofrece una explicación amplia de la representación, independientemente del contexto en el que se utilice la noción (Bueno. 2010: 95).

Ambos filósofos abogan por un enfoque que valore la funcionalidad de los modelos, reconociendo que su función principal es ayudar a los científicos a navegar e interpretar las complejidades del mundo natural. Destacan la diversidad de modelos

dentro de la práctica científica, enfatizando que los diferentes tipos sirven para propósitos distintos. Giere clasifica los modelos como físicos, matemáticos o computacionales, cada uno diseñado para abordar preguntas científicas específicas. Bueno analiza de manera similar varios tipos de modelos, como modelos teóricos y simulaciones, ilustrando cómo facilitan diferentes aspectos de la investigación.

Reconocer la diversidad de modelos previene que algún modelo pretenda encapsular todos los aspectos de un fenómeno. Al emplear múltiples modelos, los científicos tienen la habilidad de abordar los problemas desde diversos ángulos, fomentando una comprensión integral. Esta visión pluralista concuerda con el enfoque pragmático compartido por ambos filósofos, que enfatiza que los modelos deben evaluarse en función de su efectividad contextual en lugar de su correspondencia con una realidad fija.

La abstracción y la idealización son componentes clave del modelado. Ambos filósofos reconocen que los modelos científicos a menudo implican la simplificación de supuestos para hacer que los sistemas complejos sean más manejables. Giere destaca cómo la abstracción permite a los científicos derivar principios generales de casos específicos, mientras que Bueno enfatiza la necesidad de la idealización para crear modelos útiles. Esta comprensión compartida subraya la idea de que los modelos no están diseñados para replicar la realidad, sino para capturar características esenciales que facilitan la investigación científica. Al abstraer los detalles menos relevantes, los modelos pueden brindar claridad y enfoque, lo que permite a los científicos explorar hipótesis y generar conocimientos. Esta orientación práctica prioriza la funcionalidad de los modelos por sobre su precisión literal.

Respecto a la relación dinámica entre modelos y datos empíricos, ambos filósofos subrayan que los modelos son entidades vivas, continuamente probadas y refinadas a la luz de los hallazgos experimentales. Giere describe un ciclo de retroalimentación donde los modelos informan hipótesis, que luego se prueban a través de la investigación empírica, lo que conduce a ajustes en los propios modelos. De manera similar, Bueno sostiene que el proceso iterativo de prueba y

refinamiento de modelos es esencial para el avance científico (Bueno, 2010: 104-105). Este énfasis en la interacción entre teoría y experimento ilustra la naturaleza evolutiva del conocimiento científico, donde los modelos son continuamente moldeados por nuevos descubrimientos y perspectivas. La relación dinámica refuerza el enfoque pragmático que ambos filósofos defienden, destacando la importancia de la adaptabilidad en la práctica científica.

Ambos filósofos destacan la utilidad práctica de los modelos y reconocen su papel como herramientas para comprender y abordar fenómenos complejos. Al destacar la diversidad de modelos, la importancia de la abstracción y la idealización y la interacción dinámica entre la teoría y el experimento, ofrecen perspectivas complementarias que enriquecen nuestra comprensión de la investigación científica. Su acercamiento al pragmatismo subraya en última instancia la importancia de los modelos como instrumentos dinámicos que dan forma al proceso científico y son moldeados por él, fomentando conocimientos más profundos sobre el mundo natural.

La relación entre la postura de Ronald Giere y la de Ian Hacking se puede entender a través de varios puntos de convergencia y divergencia en sus enfoques sobre la ciencia, la representación:

- **Perspectivismo y contextualismo:** tanto Giere como Hacking comparten una visión que enfatiza el contexto en el que se produce el conocimiento científico. Giere aboga por un "realismo perspectivista", donde el conocimiento es siempre desde una perspectiva particular y no hay una única verdad absoluta. Hacking, por su parte, también enfatiza la importancia del contexto histórico y social en la formación del conocimiento científico, sugiriendo que las teorías científicas son influenciadas por factores externos y no son meras representaciones de una realidad objetiva.
- **Crítica al realismo científico estricto:** ambos filósofos critican las formas más estrictas de realismo científico. Giere se distancia del fundamentalismo científico y de la idea de una teoría universal, mientras que Hacking se opone a la noción de que las teorías científicas son simplemente descripciones de

un mundo dado, argumentando que las teorías pueden crear realidades en lugar de solo representarlas.

- Enfoque en la práctica científica: Giere enfatiza la importancia de la práctica científica y la cognición en la producción de conocimiento, sugiriendo que la epistemología debe ir a las prácticas concretas, basada en cómo los científicos realmente trabajan. Hacking también se interesa por la práctica científica, pero su enfoque se centra más en cómo las teorías y los experimentos pueden influir en la realidad y en la construcción de objetos de estudio, lo que se relaciona con su concepto de "realismo constructivo".
- Diferencias en la epistemología: mientras que Giere se enfoca en la representación y la similitud entre modelos y el mundo, Hacking se interesa más por cómo las teorías científicas pueden dar lugar a nuevas entidades y fenómenos. Hacking argumenta que las teorías no solo describen la realidad, sino que también pueden modificarla, lo que introduce una dimensión más activa en la relación entre ciencia y realidad.
- Naturaleza de la verdad: Giere renuncia a la idea de verdad como correspondencia y se enfoca en la noción de representaciones adecuadas, mientras que Hacking se centra en cómo las teorías pueden ser útiles y efectivas en la práctica.

Aunque Giere y Hacking comparten ciertas similitudes en su crítica al realismo científico estricto y su énfasis en el contexto y la práctica científica, también presentan diferencias significativas en sus enfoques sobre la naturaleza de la representación, la verdad y el papel de las teorías en la construcción de la realidad.

Fabrice Pataut, en "Entidades teóricas postuladas vs. entidades tecnológicas reales: observaciones sobre Ian Hacking y Ronald Giere", explora la distinción crucial entre entidades teóricas y entidades tecnológicas dentro del ámbito de la ciencia. Esta distinción es significativa para comprender cómo los modelos y las prácticas científicas se informan entre sí. Hacking y Giere examinan cómo estas entidades interactúan e influyen en la comprensión científica.

Las entidades teóricas son construcciones abstractas que los científicos postulan para proporcionar explicaciones a los fenómenos carentes de observabilidad directa. Estas entidades a menudo se derivan de marcos teóricos que buscan dilucidar los principios subyacentes a varios sistemas, y se caracterizan por (Pataut, 2022: 1):

- Naturaleza abstracta: las entidades teóricas, como los electrones, los agujeros negros y las fuerzas gravitacionales, suelen ser intangibles y no directamente mensurables.
- Función epistémica: desempeñan un papel vital en la construcción de teorías científicas, que se utilizan para explicar fenómenos y predecir observaciones futuras.
- Estatus existencial: los debates filosóficos en torno a la existencia de entidades teóricas varían, algunos abogan por una interpretación realista y otros las consideran ficciones útiles.

Entre los ejemplos notables se incluyen los *quarks* en la física de partículas, los campos electromagnéticos y las partículas hipotéticas que pueden explicar ciertos fenómenos científicos.

Por el contrario, las entidades tecnológicas son las aplicaciones concretas del conocimiento científico: herramientas, máquinas y sistemas desarrollados mediante la implementación de conocimientos teóricos, que cumplen con los siguientes puntos:

- Aplicación práctica: estas entidades resultan de la aplicación de la comprensión teórica para crear tecnologías funcionales, como teléfonos inteligentes, dispositivos médicos y sistemas de energía renovable.
- Validación empírica: las entidades tecnológicas pueden validarse a través de su eficacia y funcionalidad en contextos del mundo real, lo que a menudo hace que su existencia sea menos controvertida.
- Interrelación con la teoría: los avances en la tecnología también pueden reformular nuestra comprensión de los conceptos teóricos. Por ejemplo, las nuevas tecnologías de imágenes pueden refinar los modelos teóricos en biología.

La relación entre entidades teóricas y tecnológicas es dinámica y recíproca, y se caracteriza por los siguientes aspectos:

- a) Fundamentos teóricos de la tecnología: las entidades teóricas sirven como base conceptual para el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, la comprensión teórica del electromagnetismo ha sido fundamental en la creación de dispositivos eléctricos. Los científicos a menudo se basan en modelos teóricos para predecir cómo funcionarán las nuevas tecnologías antes de que se construyan físicamente.
- b) Pruebas empíricas y validación: las entidades tecnológicas proporcionan un medio para probar y validar predicciones teóricas. Los experimentos realizados con herramientas tecnológicas, como los aceleradores de partículas, pueden confirmar la existencia de entidades teóricas como los *quarks*. Cuando surgen resultados inesperados de las aplicaciones tecnológicas, pueden provocar reevaluaciones de las teorías subyacentes.
- c) Innovación impulsada por la teoría: los avances en la comprensión teórica con frecuencia conducen a la creación de nuevas tecnologías. Los conocimientos de la mecánica cuántica, por ejemplo, han impulsado innovaciones en la computación cuántica y la criptografía, mientras que las teorías relacionadas con el cambio climático han estimulado el desarrollo de tecnologías de energía renovable.
- d) Influencia tecnológica en la teoría: el desarrollo de nuevas tecnologías puede desafiar los marcos teóricos existentes o conducir a la formulación de nuevos conceptos. Por ejemplo, las técnicas avanzadas de imágenes han transformado la investigación biológica, ampliando nuestra comprensión de los procesos celulares e impulsando la reevaluación de los conceptos teóricos.
- e) Implicaciones prácticas de las entidades teóricas: las entidades teóricas suelen tener relevancia en la vida cotidiana a través de sus aplicaciones en la tecnología. Por ejemplo, la comprensión de los mecanismos genéticos ha facilitado aplicaciones biotecnológicas. Además, la implementación de estas

tecnologías plantea consideraciones éticas y sociales, que a su vez pueden influir en la investigación teórica.

- f) Colaboración interdisciplinaria: la interacción entre entidades teóricas y tecnológicas fomenta la colaboración entre diversas disciplinas científicas. Los físicos, ingenieros y científicos informáticos suelen trabajar juntos para traducir los conocimientos teóricos en aplicaciones prácticas, mejorando la innovación y el descubrimiento científico.

El realismo pragmático presente en las interacciones entre entidades tecnológicas y teóricas busca conjuntar las posiciones tanto del instrumentalismo como del realismo. La pragmática enfatiza la importancia de la intervención a través de instrumentos con el mundo, al tiempo que defiende un compromiso con una realidad que se puede conocer, aunque de una manera compleja y sensible al contexto. Hacking reconoce ambos tipos de entidades, al parecer en su obra el medio para hablar de entidades teóricas es a través de las entidades tecnológicas, estas comprenden los instrumentos y la manipulación de los mismos. Las características clave del realismo pragmático iluminan su contribución única al discurso filosófico contemporáneo.

Uno de los elementos fundamentales del realismo pragmático es su rechazo a la teoría tradicional de la correspondencia de la verdad. Esta teoría postula que la verdad de una afirmación está determinada por su alineación con una realidad independiente. Por el contrario, el realismo pragmático aboga por una concepción de la verdad que se entiende mejor a través de la coherencia y la utilidad práctica dentro de contextos específicos. Este cambio desplaza el foco de atención de la mera representación al papel funcional de las creencias en nuestras vidas, fomentando una comprensión más dinámica y contextual de la verdad.

Además, el realismo pragmático adopta una visión pluralista de la realidad. Reconoce que puede haber múltiples y potencialmente inconmensurables maneras de entender el mundo. Este pluralismo fomenta un entorno en el que pueden coexistir diferentes teorías y prácticas científicas, cada una de las cuales ofrece perspectivas válidas sobre diversas facetas de la realidad. Al dar cabida a diversas

perspectivas, el realismo pragmático permite una exploración más rica de las complejidades del conocimiento científico.

En el centro del realismo pragmático se encuentra la noción de que el conocimiento se construye a través de las prácticas humanas y las interacciones con el mundo. Esta perspectiva desplaza el énfasis del conocimiento como mero reflejo de una realidad objetiva, concibiéndolo ahora como algo que se moldea activamente a través de la investigación, la experimentación y el compromiso. En este marco, nuestra comprensión de la realidad no es fija, sino que evoluciona continuamente a través de nuestras experiencias e interacciones.

Para Giere, como para Kuhn [...], ningún conocimiento de la realidad es posible al margen de la asunción histórica de una perspectiva (aunque la noción kuhniana de paradigma científico resulta más amplia que la de Giere de perspectiva científica, por cuanto no sólo incluye los modelos y los instrumentos, sino también los valores de la comunidad científica). Pero Giere cree en la posibilidad de cierto progreso evolutivo en ciencia [...], sin que ello comporte en ningún caso la aproximación a la verdad absoluta (Madrid, 2020: 89).

El realismo pragmático ofrece una comprensión dinámica de la verdad. En lugar de considerar la verdad como estática y absoluta, esta posición filosófica la considera inherentemente dinámica y dependiente del contexto. Esta perspectiva permite la posibilidad de revisar creencias y teorías a la luz de nuevas experiencias y evidencias, lo que refleja la naturaleza en constante evolución del conocimiento. Este enfoque flexible fomenta la apertura mental y la adaptabilidad frente a circunstancias cambiantes. Sugiere que nuestra comprensión de lo que es real está profundamente ligada a “cómo” llegamos a conocerlo (Chang, 2016: 109).

Un aspecto relevante tanto del realismo pragmático como de las opiniones de Hacking es el rechazo de una realidad fija. Ambos cuestionan las nociones tradicionales de una realidad objetiva que existe independientemente del pensamiento humano. Hacking enfatiza que las prácticas humanas dan forma significativa a nuestra comprensión del mundo, haciendo eco de la perspectiva realista pragmática de que el conocimiento se construye a través de nuestras interacciones con nuestro entorno en lugar de simplemente descubrirse. Este rechazo compartido de una realidad estática invita a una visión más dinámica del conocimiento, una que reconozca la influencia de la acción humana y el contexto.

El trabajo de Hacking a menudo destaca la importancia de las prácticas científicas y los contextos específicos en los que se genera el conocimiento. Este énfasis se alinea estrechamente con la visión realista pragmática, que postula que la verdad y la realidad se entienden mejor a través de prácticas coherentes y sus implicaciones prácticas. Para Hacking y el realismo pragmático, el conocimiento consiste fundamentalmente en navegar por el mundo y abordar de manera efectiva nuestras circunstancias. Esta comprensión situacional de la investigación refuerza la importancia del contexto en la configuración de nuestro conocimiento.

Por otra parte, Hacking adopta una postura de relatividad ontológica, sugiriendo que diferentes marcos científicos pueden producir diversas comprensiones de la realidad. Esta noción es paralela al enfoque pluralista defendido por el realismo pragmático, que reconoce que múltiples sistemas de práctica potencialmente inconmensurables pueden proporcionar perspectivas válidas sobre la naturaleza de la verdad. Ambas perspectivas reconocen que ningún marco único puede encapsular la totalidad de la realidad.

El papel de la práctica científica y el constructivismo subrayan aún más la relación entre estas dos perspectivas. El énfasis de Hacking en la acción humana se alinea con la afirmación del realismo pragmático de que nuestra comprensión de la realidad está determinada por nuestras prácticas y experiencias. Este enfoque constructivista postula que el conocimiento no es simplemente un reflejo de una realidad externa, sino que está determinado activamente por las acciones humanas y los contextos sociales en los que operamos. Ambas perspectivas abogan por una comprensión más comprometida de la producción de conocimiento, que ponga en primer plano el papel activo de los individuos en la configuración de su comprensión del mundo.

Tanto el realismo pragmático como la postura de Hacking critican las formas tradicionales de realismo científico que afirman una correspondencia directa entre las teorías científicas y una realidad independiente. Abogan por una comprensión más matizada de la ciencia que considere las complejidades de la práctica científica y los roles interpretativos que desempeñan los humanos en la configuración de nuestra comprensión. Esta crítica desafía la visión simplista de una relación directa

entre las teorías y la realidad, enfatizando la riqueza de la interacción entre la práctica, la interpretación y el conocimiento.

A falta de algo más que podamos entender operativamente por “real”, y reconociendo que este concepto de realidad es algo de lo que no podemos prescindir, deberíamos tener el coraje de admitir que hay muchos tipos diferentes de cosas que son reales, incluso si los conceptos que las apuntan pertenecen a sistemas de práctica mutuamente inconmensurables. Así que aquí termino con una modesta especie de pluralismo metafísico (Chang, 2016: 119).

La exploración de las entidades teóricas y tecnológicas en la práctica y su intervención en la realidad revela una relación compleja e interconectada que es esencial para la práctica científica. Las entidades teóricas proporcionan la base para los avances tecnológicos, mientras que estas tecnologías, a su vez, prueban y refinan los conceptos teóricos. El realismo de Ian Hacking enriquece esta comprensión al enmarcar la relación en términos de realismo constructivo y de entidad, enfatizando la naturaleza activa y empírica de la investigación científica. En conjunto, estas ideas subrayan la importancia de la experimentación, por sobre la exploración teórica y la innovación tecnológica, en la evolución del conocimiento científico, fomentando un ciclo continuo de descubrimiento que da forma a nuestra comprensión e intervención en el mundo.

Aunque Hacking ha sido ligado al pragmatismo y constructivismo, es mayormente ubicado por analistas de su obra como un realista experimental; si bien comparte características con el pragmatismo y constructivismo su enfoque en la preponderancia de los experimentos ante las teorías lo sitúan en el terreno del realismo entitario y experimental. Ambas ideas se ocupan de la realidad de las entidades científicas (como los electrones, los genes o los *quarks*) que postulan las teorías científicas, y de cómo podemos creer justificadamente en su existencia. Aunque están relacionados, estos dos conceptos se centran en diferentes aspectos de la práctica científica.

El realismo de entidades refiere que las entidades postuladas por las teorías científicas, como las partículas subatómicas, existen realmente, incluso si no podemos observarlas directamente en el sentido tradicional. La versión de Hacking del realismo de entidades se sustenta en la justificación pragmática: el éxito de las prácticas y tecnologías científicas que se basan en estas entidades proporciona una

evidencia sólida de su existencia. Para Hacking, el hecho de que la ciencia moderna pueda manipular y controlar fenómenos basados en estas entidades nos da una buena razón para creer que son reales, incluso si no los comprendemos por completo o no tenemos acceso directo a ellos.

Un ejemplo de realismo de entidades es el caso de los *quarks* en la física de partículas. Si bien los *quarks* no se pueden observar directamente, el éxito de los experimentos y las tecnologías que dependen de su existencia, como los aceleradores de partículas y el comportamiento de las partículas subatómicas, sugiere que los *quarks* son entidades reales. Estas entidades funcionan en un sentido práctico: los científicos pueden predecir los resultados de los experimentos basándose en su existencia, incluso si su naturaleza exacta sigue siendo esquiva. Este enfoque en el éxito de las prácticas científicas es un sello distintivo del realismo de entidades de Hacking.

Mientras que el realismo de entidades enfatiza la existencia de entidades científicas, el realismo experimental se centra en el papel de los experimentos científicos y la manipulación práctica de los fenómenos como evidencia de la realidad. Para Hacking, los experimentos no son solo herramientas para probar teorías, sino son fundamentales para justificar nuestra creencia en la realidad de las entidades que proponen las teorías. Para el realismo experimental que una práctica o experimento científico manipule con éxito un fenómeno de maneras predecibles es una prueba contundente de que el fenómeno es real, incluso si la entidad no se puede observar directamente.

En el realismo experimental, Hacking pone menos énfasis en el marco teórico y más en el éxito de las intervenciones experimentales. No es necesario que los científicos tengan una teoría completa o totalmente precisa de las entidades involucradas, lo que importa es que las prácticas experimentales funcionen y produzcan resultados confiables y reproducibles. La capacidad de manipular, medir o intervenir con éxito en un fenómeno sugiere que el fenómeno existe, incluso si permanece más allá de nuestra experiencia sensorial.

Ambos conceptos comparten una justificación pragmática para la creencia en la existencia real de entidades científicas. El enfoque de Hacking hacia el

realismo no es metafísico ni teórico en el sentido tradicional. En lugar de argumentar que ciertas entidades deben existir porque encajan en una verdadera teoría del mundo, el éxito práctico de los experimentos e intervenciones científicas proporciona una justificación suficiente para nuestra creencia en su existencia.

Tanto el realismo de entidades como el realismo experimental son componentes clave de su realismo pragmático, que enfatiza el papel de las prácticas científicas para justificar la creencia en la realidad de las entidades teóricas. El realismo de entidades se centra en la creencia en la existencia real de elementos como los electrones o los genes, basada en el éxito de los experimentos y las tecnologías científicas. El realismo experimental, por otro lado, se centra en el éxito práctico de los experimentos como evidencia de la realidad de los fenómenos, independientemente de si podemos observar directamente o comprender completamente las entidades involucradas.

CAPÍTULO II. LA REPRESENTACIÓN CIENTÍFICA EN IAN HACKING

II.1. Representación y creación de nuevos fenómenos

En la filosofía de la ciencia, la cuestión de cómo las representaciones científicas se corresponden con el mundo real ha sido un tema complejo y de larga data. Ian Hacking ofrece un enfoque sofisticado respecto a esta cuestión en *Representar e intervenir*, publicado en 1983. En lugar de tratar las representaciones científicas como reflejos neutrales y pasivos de una realidad objetiva, Hacking sostiene que las representaciones científicas están involucradas en la construcción y transformación activa del mundo que pretenden describir.

Hacking sostiene la idea de que la ciencia no solo describe el mundo, sino que interviene activamente en él y es porque interviene y lo modifica. Las representaciones científicas, ya sean modelos, clasificaciones o herramientas experimentales, no son meros espejos pasivos de realidades preexistentes, sino que tienen el poder de moldear e incluso crear los fenómenos que representan. Por ejemplo, el desarrollo de instrumentos o técnicas científicas puede hacer visibles aspectos del mundo que antes no se podían observar. La perspectiva intervencionista de Hacking desafía la noción tradicional de correspondencia, según la cual las representaciones científicas se consideran descripciones directas y precisas de una realidad independiente. En cambio, sugiere que el acto de representación en sí mismo puede alterar lo que se representa, especialmente cuando las herramientas o clasificaciones científicas moldean los fenómenos mismos que pretenden observar. Esta idea es particularmente importante en campos como la física o la medicina, donde el desarrollo de nuevas tecnologías y modelos puede revelar nuevos fenómenos o perspectivas que antes no eran accesibles. La idea de que las representaciones científicas están implicadas en la construcción de la realidad complica la visión sencilla de que la ciencia simplemente descubre la verdad sobre el mundo tal como es. Desde la primera perspectiva, las representaciones científicas deben entenderse no solo como descripciones, sino como herramientas para moldear y transformar el mundo.

Otro componente clave del enfoque de Hacking es su exploración del papel de los sistemas y modelos de clasificación en la ciencia. Las representaciones científicas a menudo toman la forma de clasificaciones, como las de la biología, la medicina o la psicología, que agrupan los fenómenos en categorías basadas en características compartidas (Hacking, 1983). Hacking utiliza el ejemplo de las clasificaciones psiquiátricas para ilustrar cómo estas representaciones hacen más que simplemente categorizar fenómenos preexistentes. En este sentido, las clasificaciones en sí mismas dan forma a la realidad que intentan describir. Las categorías y los modelos científicos no son neutrales, influyen activamente en nuestra comprensión del mundo. En lugar de simplemente identificar y describir tipos naturales, las clasificaciones científicas pueden crear nuevos tipos de fenómenos o experiencias. Por ejemplo, una vez que se clasifica una nueva enfermedad mental, puede conducir a cambios en la forma en que se trata a las personas que encajan en esa categoría, tanto social como médicamente. Esta idea desafía la noción tradicional de las representaciones científicas como reflejos pasivos de una realidad externa, al sugerir que el acto mismo de categorizar y etiquetar puede alterar las experiencias e identidades de los individuos. El uso de representaciones científicas no sólo aplica para describir, sino también para construir aspectos de la realidad social y personal.

Hacking también explora las virtudes epistémicas que guían la investigación científica, como la consistencia, la precisión y su capacidad de ser comprobable. Sugiere que estas virtudes influyen en cómo se juzgan las representaciones científicas y en qué medida se corresponden con la realidad. La cuestión de si una representación científica corresponde al mundo real no es una cuestión de verdad absoluta, sino de cuán efectivamente funciona dentro de un marco científico dado. Una representación que ayuda a los científicos a predecir, controlar o intervenir en el mundo puede considerarse verdadera o precisa en la medida en que realiza estas tareas de manera efectiva, incluso si su correspondencia exacta con una realidad independiente sigue siendo incierta. Este enfoque pragmático de la representación científica se aleja del debate entre el realismo científico y el antirrealismo, ofreciendo un punto intermedio en tanto sugiere que las representaciones científicas pueden

no ofrecer un espejo perfecto de la realidad, pero aún pueden considerarse útiles o verdaderas si guían de manera efectiva las prácticas e intervenciones, enfatizando la utilidad práctica de las representaciones científicas por sobre su correspondencia abstracta con una realidad externa. Las prácticas científicas, incluido el desarrollo de modelos, clasificaciones e instrumentos, no son puramente objetivas ni están desvinculadas del mundo social; en cambio, están determinadas por factores históricos, culturales y sociales que influyen en qué fenómenos se estudian, cómo se estudian y cómo se representan.

Aunque los experimentadores sean realistas respecto a las entidades, esto no implica que tengan razón. Quizás sea una cuestión de psicología: las mismas habilidades que hacen a un gran experimentador se asocian con una mentalidad que objetiva todo lo que piensa. Sin embargo, esto no funciona. El experimentador considera alegremente los bosones neutros como entidades meras hipotéticas, mientras que los electrones son reales (Hacking, 1983: 76).

Esta perspectiva complica aún más la idea de una correspondencia directa entre las representaciones y la realidad, ya que el proceso mismo de representación está arraigado en las prácticas sociales y la dinámica de poder. Así, la postura del autor cuestiona la visión de que las representaciones científicas son descripciones puramente objetivas o neutrales de una realidad independiente. Las formas en que las prácticas científicas están influenciadas por valores sociales, contextos históricos y normas culturales, que a su vez dan forma a los tipos de representaciones que se desarrollan y aceptan en las comunidades científicas.

Además de su análisis de las representaciones, Hacking también profundiza en la relación entre la teoría y la experiencia, que es fundamental para comprender cómo se moldean y validan las representaciones científicas. Hace hincapié en la interdependencia de la teoría y la experiencia, argumentando que ambas no son entidades separadas, sino que se influyen mutuamente. Las teorías proporcionan el marco conceptual que guía la observación y la experimentación, mientras que los resultados experimentales pueden confirmar, cuestionar o influir en el desarrollo de las teorías. Esta relación dinámica subraya la idea de que el conocimiento científico no es simplemente acuñar una teoría que refleja con precisión la realidad, sino una interacción compleja entre teoría, observación y experiencia. Toda observación es inherentemente teórica, idea que ya se encontraba en los trabajos de Popper y

Feyerabend. Nuestra percepción del mundo no es una experiencia neutral y objetiva, sino que está mediada por los conceptos teóricos y las expectativas que la guían. “Nuevas entidades naturales, tales como los electrones, con frecuencia son resultado de especulaciones que se van articulando y convirtiendo gradualmente en teoría y experimento” (Hacking, 1983: 105). En este sentido, lo que obtenemos de la observación científica está moldeado por la lente teórica a través de la cual lo vemos, lo que desafía la noción de que la observación es un reflejo directo del mundo externo. Esta mediación teórica de la observación complica la correspondencia entre las representaciones científicas y la realidad, ya que sugiere que nuestro conocimiento científico siempre está influenciado por las teorías y conjeturas de las que partimos para interpretar nuestras experiencias.

Al analizar el papel de la experimentación en la validación de las teorías científicas, Hacking sostiene que los experimentos no deben verse simplemente como pruebas de teorías preexistentes, sino como medios para generar conocimiento, comprender y validar las entidades que describen esas teorías. La experimentación es esencial para determinar la autenticidad de las afirmaciones teóricas, ya que proporciona la base empírica sobre la que se pueden evaluar las teorías.

Esta historia de la conjetura y la refutación nos hace pensar en una ciencia plenteramente objetiva y honesta. Pero esto funcionará. En primer lugar, porque “todas las teorías nacen refutadas”, o por lo menos es muy común que se proponga una teoría aun cuando se sepa que no se adecua a todos los hechos conocidos. [...] En segundo lugar [...], no hay una firme distinción entre teoría y observación. En tercer lugar, [...] las teorías se someten a prueba a través de las hipótesis auxiliares. [...] si un astrónomo predice que un cuerpo celeste se ha de encontrar en cierta posición, pero resulta que se encuentra en otra, no necesita corregir toda su astronomía. Podría tal vez corregir la teoría del telescopio (o producir hipótesis adecuadas acerca de cómo los fenómenos difieren de la realidad (Kepler), o inventar una teoría de la aberración astronómica (G.G. Stokes), o sugerir que el efecto Doppler funciona de manera diferente en el espacio exterior) (Hacking, 1983: 140).

Este enfoque pragmático sugiere que las teorías deben evaluarse en función de su utilidad para explicar y predecir fenómenos, en lugar de su proximidad a una verdad absoluta. Este enfoque en la resolución de problemas se alinea con su enfoque más amplio de la representación científica, que valora la utilidad práctica por encima de la correspondencia teórica con una realidad independiente.

El concepto de representación constituye un problema porque aborda las formas complejas en que la ciencia crea imágenes del mundo y cómo estas representaciones moldean luego nuestra comprensión del mismo. Para Hacking, la representación en la ciencia no es un proceso neutral de reflejo de la realidad, sino más bien un proceso dinámico en el que las prácticas científicas y las herramientas utilizadas para representar cosas intervienen activamente en el mundo.

El problema con la representación es que las representaciones científicas pueden reflejar y moldear la realidad de maneras que no siempre son sencillas. Existe una tensión entre la idea de que la ciencia representa objetivamente el mundo tal como es y la comprensión de que las herramientas y los conceptos utilizados en la ciencia también influyen e incluso crean los fenómenos que intentan describir. En este sentido, las representaciones no son solo espejos pasivos del mundo, sino que participan activamente en la construcción del conocimiento. Esta tensión entre la representación de los fenómenos y la intervención en estos es un tema central en la obra de Hacking. A Hacking le preocupa cómo nuestros métodos de representación moldean la realidad que intentan representar y cuestiona la noción de que la ciencia simplemente refleja la naturaleza sin ser también una fuerza activa en el mundo.

Por lo tanto, para Hacking, el problema con la representación es que difumina la línea entre cómo pensamos sobre el mundo y cómo interactuamos con él, lo que plantea preguntas sobre la objetividad y la dinámica de poder inherente a las prácticas científicas.

No hacemos instrumentos y después inferimos la realidad de los electrones, como cuando ponemos a prueba una hipótesis, y luego creemos en ella porque pasó la prueba. Esto pone el orden temporal en la dirección equivocada. En principio, diseñamos un aparato apoyándonos en un pequeño número de verdades acerca de los electrones, para producir otro fenómeno que queremos investigar (Hacking, 1983: 294).

Representamos y, por lo tanto, podemos intervenir, pero porque manipulamos podemos representar. Nuestras representaciones nos permiten experimentar la realidad, es porque intervenimos las cosas, las manipulamos, por lo que podemos representarlas. No es la referencia, sino la manipulación de entidades lo que constituye el argumento de realidad de Hacking.

Estamos completamente convencidos de la realidad de los electrones cuando regularmente construimos –y las más de las veces tenemos éxito en la construcción– nuevos tipos de aparatos que utilizan diversas propiedades causales bien comprendidas de los electrones que nos permiten interferir en otras partes más hipotéticas de la naturaleza (Hacking, 1983: 294).

Partimos de pequeños supuestos de que las cosas existen, partimos de esas pequeñas conjeturas para diseñar experimentos y herramientas que nos permitan interactuar con esas entidades teóricas, causamos algo más en la naturaleza al manipular dichas entidades teóricas, lo cual nos indica que existen. Al centrarse en esta relación dinámica e iterativa, el trabajo de Hacking sitúa el conocimiento científico dentro del compromiso activo de los científicos tanto con el mundo como con sus herramientas experimentales.

En la visión tradicional de la ciencia la representación teórica solía tener prioridad. Las teorías se consideraban construcciones abstractas que describían y explicaban el mundo, los experimentos estaban diseñados esencialmente para probar hipótesis preestablecidas o confirmar predicciones teóricas. Sin embargo, Hacking cambia esta narrativa al colocar la experimentación en el centro de la práctica científica. Sostiene que la experimentación no es simplemente un método para verificar representaciones, sino que es en sí misma un proceso central a través del cual se crea nuevo conocimiento y se produce realidad.

La naturaleza performativa de la experimentación radica en su capacidad de crear fenómenos que de otro modo no podrían observarse en la naturaleza. Esta idea se ejemplifica en muchos campos científicos donde los investigadores manipulan configuraciones experimentales para producir fenómenos que antes eran inimaginables o inobservables. La invención del láser, por ejemplo, no fue simplemente la confirmación de una predicción teórica, sino la creación activa de un nuevo tipo de emisión de luz, que condujo a innumerables descubrimientos y avances tecnológicos. La experimentación no sólo sirve para confirmar lo que creemos saber, sino también para generar entidades y relaciones nuevas, previamente desconocidas. De esta manera, la experimentación no es simplemente la confirmación de un conocimiento preexistente, sino un acto creativo que da forma y define la naturaleza misma de la comprensión científica.

La experimentación es una interferencia en el curso de la naturaleza; <<la naturaleza sometida y vejada; es decir, cuando por el arte y la mano del hombre se la fuerza a salir de su estado natural, y se la comprime y se la moldea>>. El experimentador está convencido de la realidad de las entidades, algunas de cuyas propiedades causales se comprenden lo suficientemente bien como para poder utilizarlas para interferir en otras partes de la naturaleza (Hacking, 1983: 75).

El énfasis de Hacking en la creación activa de fenómenos subraya que el realismo científico no se basa únicamente en la representación teórica, sino que tiene sus raíces en las interacciones reales y palpables que los científicos tienen con el mundo. El realismo científico sobre entidades (como electrones, células o virus) no surge de modelos teóricos abstractos, sino de la manipulación tangible de estas entidades en entornos experimentales controlados. Por ejemplo, cuando los investigadores manipulan las condiciones en las que estudian partículas subatómicas, como en el uso de aceleradores de partículas, no sólo están confirmando predicciones teóricas sobre estas partículas, en cierto sentido, también están dando existencia a esas partículas de maneras que no se habían entendido previamente. Esta manipulación activa apoya una interpretación realista: creemos en la existencia de las entidades que estudiamos, porque podemos interactuar con ellas e influir en ellas a través de nuestros experimentos.

Un aspecto central de la concepción del realismo entitario de Hacking es la naturaleza instrumental de las herramientas científicas. Las herramientas, ya sean simples o complejas, no son solo instrumentos neutrales sino extensiones del conocimiento del científico, lo que les permite intervenir en el mundo de maneras que no serían posibles a través de la observación sola. Como sostiene Hacking, las herramientas son los mediadores entre las teorías científicas y la realidad. Funcionan no solo para observar sino también para manipular e intervenir en los fenómenos en estudio, transformando tanto la comprensión científica como la realidad que se estudia.

Consideremos el caso de los microscopios en la investigación biológica. Los primeros microscopios tenían una capacidad limitada para revelar la verdadera naturaleza de las partículas microscópicas, pero las innovaciones en las técnicas ópticas (como el desarrollo de lentes acromáticas y la inmersión en aceite) permitieron observaciones más claras y detalladas (Hacking, 1983: 217). El

microscopio se convirtió en un instrumento de intervención más que de mera observación. A través de la manipulación activa del microscopio (ajustando el foco, utilizando técnicas de tinción o alterando las condiciones de luz), el investigador puede sacar a la luz detalles ocultos de especímenes biológicos. Este proceso transforma al microscopio de una herramienta de observación pasiva a un participante activo en la creación de fenómenos. El microscopio, como herramienta, extiende la capacidad del investigador para interactuar con el mundo a escala microscópica, permitiéndoles no solo representar, sino intervenir en el desarrollo de fenómenos microscópicos.

[...] ¿Qué es lo que hace suponer al [...] que las imágenes producidas por esa multitud de sistemas ópticos son "verdaderas"? Por supuesto, las imágenes son verdaderas cuando uno ha aprendido a dejar a un lado las distorsiones. Hay muchas razones que lo llevan a uno a convencerse de que un poco de estructura percibida es real o verdadera. Una de las más naturales es la más importante. Ilustraré esto con mi primera experiencia en el laboratorio. La microscopía electrónica de baja potencia revela pequeños puntos en los glóbulos rojos. Se les llama cuerpos densos: simplemente quiere decir que son densos para los electrones, aparecen en el microscopio de transmisión de electrones sin ninguna preparación o teñido. Basándose en los movimientos y densidades de estos cuerpos en diversos estadios del desarrollo o de la enfermedad de la célula, se especula que desempeñan un papel importante en la biología de la sangre. Por otra parte, podrían también ser sólo artefactos del microscopio electrónico. Una prueba es obvia: ¿pueden observarse estos cuerpos peculiares por medio de técnicas diferentes? En este caso el problema se resuelve fácilmente. El microscopio electrónico de baja definición es más o menos de la misma potencia que un microscopio luminoso de alta potencia. Los cuerpos densos no aparecen con cualquier técnica, pero el tinte fluorescente los revela cuando se observan subsecuentemente en el microscopio de fluorescencia (Hacking, 1983: 229-230).

La relación entre el experimentador y las herramientas experimentales no es de mera observación sino de creación. Los científicos usan sus herramientas no solo para ver el mundo sino para manipularlo, y esta manipulación cambia tanto la representación de los fenómenos como los fenómenos mismos. Es a través de la cuidadosa calibración y la intervención activa de los científicos con sus instrumentos que surgen nuevas representaciones del mundo. En este sentido, el conocimiento científico no es estático, sino que se crea conjuntamente a través de la relación iterativa entre la experimentación y la representación.

La naturaleza iterativa de la relación entre la representación y la experimentación es esencial para comprender cómo evoluciona el conocimiento científico. El énfasis de Hacking en la autonomía de la experimentación sugiere que

el proceso experimental en sí no es simplemente una herramienta para validar teorías, sino un dominio independiente y en evolución que puede alterar y remodelar nuestra comprensión de los constructos teóricos. Las teorías y las prácticas experimentales están en constante diálogo, y cada una remodela a la otra.

Por ejemplo, el desarrollo de la mecánica cuántica a principios del siglo XX no fue el resultado de una contemplación puramente teórica, sino que surgió de experimentos, impulsados por pequeñas corazonadas o conjeturas, que revelaron comportamientos de partículas que no podían explicarse mediante la física clásica.

Estos resultados experimentales llevaron a nuevos modelos teóricos, que a su vez impulsaron nuevos y mejor enfocados experimentos. El ciclo iterativo de retroalimentación entre los hallazgos experimentales y las representaciones teóricas, siguió dando forma tanto al desarrollo de la mecánica cuántica como a nuestra comprensión de los fenómenos subatómicos. Por lo tanto, las teorías científicas no son estáticas, evolucionan a través del proceso de repetidas pruebas experimentales, revisión y refinamiento.

Esta relación iterativa también subraya las limitaciones del conocimiento puramente representacional. Las teorías son inherentemente abstractas y deben probarse y refinarse continuamente en respuesta a nuevos hallazgos experimentales. El conocimiento científico es, por lo tanto, un proceso continuo y abierto de construcción, refinamiento y revisión. Sin experimentación, las teorías seguirían siendo abstracciones, incapaces de relacionarse con el mundo real de una manera significativa. Por el contrario, sin marcos teóricos que guíen la experimentación, esta carecería de dirección y coherencia. El proceso iterativo entre la representación y la experimentación garantiza que el conocimiento científico se mantenga basado tanto en la realidad empírica como en la percepción teórica.

La importancia performativa de la experimentación se ve quizás más claramente en el hecho de que la experimentación científica a menudo va más allá del mero descubrimiento de fenómenos preexistentes. En muchos casos, la experimentación crea nuevos fenómenos que antes no se entendían ni se podían observar. Este proceso de intervención científica pone de relieve la naturaleza de la

creación de conocimiento: los científicos no son observadores pasivos, sino participantes activos en la construcción de la realidad.

La realidad de las entidades científicas no está dada, sino que se crea a través de las acciones de los investigadores que manipulan sus herramientas e interactúan con sus sujetos de estudio. Esta posición cobra particular importancia en el contexto de la mecánica cuántica, que desafía las representaciones tradicionales de los fenómenos físicos debido a la indeterminación inherente a la teoría. La mecánica cuántica nos obliga a replantear lo que significa representar el mundo físico con precisión, especialmente cuando fenómenos como la dualidad onda-partícula y el efecto del observador desafían la intuición clásica. Sin embargo, al igual que en muchas teorías científicas, la representación en la mecánica cuántica no se limita a captar una realidad externa. Hacking sugiere que nuestras representaciones científicas son más bien actitudes dinámicas e interactivas con el mundo, que no solo lo reflejan, sino que también lo configuran. Así, las representaciones de las partículas no se limitan a describirlas, sino que a menudo dependen de las intervenciones experimentales que hacen visibles o medibles sus efectos indirectos, como en el caso de los patrones de interferencia o las fluctuaciones del campo cuántico.

Supongo que el uso más importante del término "real" es su uso para caracterizar las cosas materiales del tamaño ordinario -las cosas que un bebé puede manipular y (perfectamente) poner en su boca. A partir de aquí, el uso del término "real" se extiende, primero, a las cosas más grandes -las cosas que son demasiado grandes para que las podamos manipular, como los trenes, las casas, las montañas, la tierra y las estrellas-, y también a las cosas pequeñas -cosas como partículas de polvo o pulgas. Se extiende, por supuesto, posteriormente a los líquidos y al aire, a los gases y a las moléculas y a los átomos.

¿Cuál es el principio detrás de la extensión? Yo sugiero que es que las entidades que conjeturamos que son reales deben ejercer un efecto causal sobre las cosas que son *prima facie* reales; esto es, sobre las cosas materiales del tamaño ordinario: que podemos explicar los cambios en el mundo material ordinario de las cosas por el efecto causal de las entidades que conjeturamos que son reales (Popper, 2014: 9).

El desafío de representar algo que no vemos directamente se convierte en una cuestión crucial en este contexto. ¿Cómo manipulamos algo que no vemos? En la mecánica cuántica, manipulamos lo que no vemos, como los electrones, no directamente, sino a través de los efectos que producen cuando interactúan con otros sistemas. ¿Solo la manipulación nos da la certeza de existencia? La respuesta

es afirmativa en gran medida. Los fenómenos que manipulamos, aunque invisibles como partículas subatómicas, generan efectos observables que, aunque no son una representación directa de los electrones, nos permiten afirmar su existencia al medir las consecuencias de esas manipulaciones.

A diferencia de la interpretación convencional de Copenhague, que enfatiza la indeterminación y el papel del observador, la mecánica de Bohm⁴ propone una visión de la realidad cuántica donde las partículas tienen trayectorias definidas, aunque estén guiadas por un *potencial cuántico* o *campo cuántico* que no es observable directamente. Este campo cuántico, esencial para la evolución de las partículas, influye en cómo las partículas se mueven, pero no es algo que podamos ver de manera directa. En lugar de observar partículas individuales, vemos fenómenos relacionados con la propagación de las partículas en el espacio-tiempo.

La interpretación de Bohm resalta una característica importante: la certeza de la existencia de los fenómenos cuánticos surge, al igual que en el enfoque de Hacking, no de la observación directa de las partículas, sino de los efectos y fenómenos observables que resultan de la manipulación de esos objetos invisibles. En la mecánica de Bohm, aunque las partículas son guiadas por un potencial cuántico, es la manipulación experimental de las partículas, su colisión, su paso a través de rendijas o la medición de su posición, lo que produce los fenómenos que finalmente podemos medir, como los patrones de interferencia o las trayectorias "determinadas" de las partículas.

¿Cómo manipulamos algo que no vemos? En este marco, manipulamos las partículas cuánticas a través de sus efectos observables, como los cambios en la distribución de energía, las ondas de probabilidad o las alteraciones que las partículas causan en otros sistemas. Aunque el campo cuántico en la mecánica de Bohm es una entidad no observable de manera directa, la manipulación de las partículas en experimentos, a través de su interacción con el potencial cuántico,

⁴ This is a version of the pilot-wave hypothesis, first put forward by Louis de Broglie, according to which the particle is 'guided' by a wave whose probability amplitudes are exactly in accordance with the well supported QM predictions and measured results. Where it challenges the orthodox theory is in Bohm's realist premise that the particle *does* have precise simultaneous values of position and momentum, and furthermore that these pertain to its objective state at any given time, whatever the restrictions imposed upon our knowledge by the limits of achievable precision in measurement. NORRIS, C. *Quantum Theory and the flight of Realism*. p. 2

produce fenómenos que nos permiten inferir su existencia y comportamiento. La certeza de la existencia de las partículas, entonces, se deriva de los efectos que producen, no de una observación directa, sino de un fenómeno de transferencia que deja huellas visibles o medibles.

En la mecánica cuántica, el fenómeno de transferencia puede entenderse como el proceso a través del cual las partículas invisibles interactúan con otros sistemas, produciendo efectos medibles que nos permiten confirmar su existencia. Este proceso de transferencia implica que, aunque no podamos ver directamente los electrones o las partículas cuánticas, podemos detectar los efectos que sus manipulaciones provocan en otros sistemas, como patrones de interferencia, distorsiones en campos magnéticos, o transferencias de energía.

Por ejemplo, en los experimentos de interferencia cuántica, lo que no vemos directamente es el comportamiento ondulatorio de las partículas. Sin embargo, al manipular las condiciones experimentales, como en el caso de un interferómetro, observamos patrones que solo pueden explicarse si asumimos que las partículas siguen trayectorias guiadas por un campo cuántico. Así, la manipulación de los electrones y otras partículas cuánticas no solo nos permite confirmar su existencia, sino que nos proporciona información crucial sobre su naturaleza, como su comportamiento como partículas o como ondas, dependiendo de cómo se manipulen.

La intervención y la experimentación en la mecánica de Bohm no solo representan un medio para medir y observar fenómenos, sino que también son un medio para producir fenómenos. Es a través de estos fenómenos que podemos tener confianza en nuestra representación de la realidad cuántica. Al manipular el sistema cuántico, ya sea ajustando las condiciones experimentales o midiendo las variables que afectan el comportamiento de las partículas, damos origen a fenómenos que ofrecen una confirmación empírica de lo que las teorías nos han dicho. Los resultados de estos experimentos, como el patrón de interferencia cuántica o la observación de trayectorias definidas bajo ciertas condiciones, no solo validan nuestras representaciones, sino que también las profundizan, proporcionando una visión más precisa y rica de la realidad subyacente.

Hay un lugar para la performatividad en la obra de Hacking, el conocimiento científico no es solo descriptivo, sino también productivo. Al intervenir en el mundo, los científicos no solo descubren la realidad, sino que también la crean.

Sólo cuando son manipulados los electrones pierden su categoría hipotética, cuando se los usa para investigar algo más, cuando se empieza a poder hacer cosas con la entidad teórica. Al principio se puede comenzar por medirla; más tarde se puede rociar algo con ella. Habrá una serie de explicaciones incompatibles, todas las cuales, sin embargo, van a coincidir en la descripción de los poderes causales que es posible utilizar al intervenir con dicha entidad en la naturaleza. Cuando se logran usar los electrones para intervenir en forma sistemática en otras partes de la naturaleza, entonces, el electrón <<[...] ha dejado de ser teórico y se torna experimental>> (Martínez, 2005: 160).

En la mecánica de Bohm, esta idea se refleja en cómo las manipulaciones experimentales de las partículas cuánticas no solo nos dan acceso a los fenómenos observables, sino que también nos proporcionan una comprensión más profunda de las trayectorias de las partículas, de su comportamiento cuántico subyacente. La intervención y manipulación en la experimentación cuántica son esenciales para crear estos fenómenos, lo que demuestra la acción en la ciencia: lo que observamos es tanto una consecuencia de lo que hemos hecho como una validación de nuestra teoría.

Por ejemplo, al medir las trayectorias de las partículas en un experimento de interferencia cuántica, las manipulaciones experimentales no solo nos dan acceso a los fenómenos observables, sino que también nos proporcionan una comprensión más profunda de las trayectorias de las partículas, de su comportamiento cuántico subyacente. La manipulación no solo valida la representación, sino que también crea nuevos fenómenos que refuerzan nuestra comprensión del mundo cuántico. Al final, no solo representamos lo que vemos, sino que representamos lo que manipulamos, y en esa manipulación se encuentra la certeza de nuestra comprensión de la realidad.

La integración de las ideas de Hacking con la mecánica cuántica y la mecánica de Bohm ofrece una rica reflexión sobre cómo la representación, la intervención y la performatividad se entrelazan para producir conocimiento sobre la realidad cuántica. Aunque no podemos ver directamente los electrones o las partículas cuánticas, podemos manipularlas y medir sus efectos, generando fenómenos observables que nos permiten confirmar su existencia. La certeza de su

existencia proviene de los efectos visibles y medibles que estos objetos invisibles producen en el mundo macroscópico. La mecánica de Bohm, al ofrecer una interpretación más determinista y guiada por el potencial cuántico, subraya aún más la importancia de la manipulación experimental para obtener una comprensión más profunda y precisa de los fenómenos cuánticos. Así, la manipulación no solo valida la representación, sino que también crea nuevos fenómenos que refuerzan nuestra comprensión del mundo cuántico. Al manipular el sistema cuántico, ya sea ajustando las condiciones experimentales o midiendo las variables que afectan el comportamiento de las partículas, generamos fenómenos que ofrecen una confirmación empírica de lo que las teorías nos han dicho. Al final, no solo representamos lo que vemos, sino que representamos lo que manipulamos, y en esa manipulación se encuentra la certeza de nuestra comprensión de la realidad.

II.II. De la conjetura a la intervención: elementos popperianos en la propuesta de Hacking

La filosofía de la ciencia en el siglo XX se definió por la lucha por reconciliar la práctica científica con la coherencia epistemológica. En el centro de esta lucha se encuentra el debate sobre el realismo científico: si las teorías científicas se refieren a una realidad independiente de nuestras observaciones, instrumentos o marcos conceptuales y en qué medida. Karl Popper cimentó el realismo en el proceso de conjetura y refutación, presentando el conocimiento científico como una interacción dinámica de hipótesis audaces y crítica empírica. En contraste, el empirismo constructivo de Bas van Fraassen cuestionó la necesidad de creer en la verdad de entidades no observables, argumentando que la adecuación empírica es suficiente. Ian Hacking, cuyo realismo de entidades propone una tercera vía, propone que está justificado creer en la existencia de entidades que podemos manipular en experimentos, incluso si nuestras teorías sobre ellas siguen siendo provisionales o incompletas. En ningún ámbito este debate es más intenso que en el contexto de la mecánica cuántica, un ámbito donde la teoría a menudo supera a la intuición y

donde la práctica experimental reconfigura continuamente tanto la creencia como la ontología. La estructura probabilística de la teoría cuántica cuestiona la claridad deductiva del falsacionismo de Popper, al igual que su éxito instrumental parece reivindicar la modestia empírica de van Fraassen. Sin embargo, la propia manipulabilidad de las entidades cuánticas (electrones, fotones, cúbits) invoca la afirmación de Hacking de que intervenir es afirmar la realidad.

El realismo científico que comienza con la conjetura popperiana avanza mediante la intervención experimental de Hacking y solo entonces alcanza el éxito representacional. Es decir, representamos la realidad no primero describiéndola en teoría, sino actuando sobre ella, observando su resistencia y refinando nuestros modelos mediante pruebas críticas. La representación es retrospectiva: se deriva de la interacción. En la base de esta visión se encuentra el rechazo de Popper a la inducción y la autoridad, y la transición de Hacking del realismo teórico a la ontología práctica. Esta síntesis es producto de una profunda comparación de los textos de Popper y Hacking, especialmente *La lógica de la investigación científica*, *Conjeturas y refutaciones* y *Representar e intervenir*, con especial atención a la mecánica cuántica, donde la apuesta filosófica es mayor. También se examinará la deuda de Hacking con Popper, en particular en términos de estructura metodológica, la lógica de la experimentación y su escepticismo, a menudo pasado por alto, hacia la inducción. El resultado es un realismo robusto y pluralista, adecuado para la física moderna.

La filosofía de la ciencia de Karl Popper rechaza tanto el verificacionismo como la inducción. En *La lógica de la investigación científica*, insiste en que la ciencia no procede confirmando hipótesis, sino intentando sistemáticamente refutarlas. Las teorías son conjeturas, suposiciones audaces, en ocasiones de origen metafísico, que deben someterse a comprobación empírica. El conocimiento no crece por acumulación, sino por la eliminación del error. “El conocimiento científico progresa a través de anticipaciones injustificadas [...] controladas por la crítica [...] de conjeturas” (Popper, 1994: 13).

Para Popper, la asimetría lógica entre verificación y refutación es esencial. Ninguna cantidad de observaciones positivas puede confirmar una generalización

universal, por ejemplo «Todos los electrones tienen carga $-1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ », pero una sola medida diferente puede refutarla. El método científico es, por lo tanto, deductivo, no inductivo. Una teoría se prueba deduciendo conjeturas y contrastándolas con la experiencia. Este marco se basa en distinciones clave:

- Enunciados básicos: proposiciones empíricas sujetas a observación.
- Sistemas teóricos: hipótesis universales, nunca verificables, pero sí refutables.
- Corroboración: la supervivencia de una teoría mediante la prueba nunca equivalente a la confirmación.

El racionalismo crítico de Popper, por lo tanto, considera la ciencia como un proceso de ensayo y error: hacemos conjeturas, las probamos y aprendemos de sus fallos. Esta idea, que “aprendemos de nuestros errores”, se convierte en un punto de encuentro en *Conjeturas y refutaciones* (1994), donde Popper enfatiza que la refutación es un éxito científico, no un fracaso.

Es importante destacar que la observación es fundamental en el modelo de Popper. Este modelo está cargado de teoría, es sensible al contexto y siempre se enmarca en conjeturas previas. Esto lo alinea parcialmente con la crítica pospositivista, manteniendo al mismo tiempo un firme compromiso con la objetividad y el realismo. Entonces ¿cómo interactuamos con entidades teóricas, como los electrones o los *quarks*, que no son directamente observables? ¿Cómo puede el marco de Popper adaptarse a la complejidad experimental de la física moderna? Estas preguntas nos llevan a Hacking.

En *Representar e intervenir* (1983), Ian Hacking replantea el debate sobre el realismo. Se muestra escéptico ante las grandes afirmaciones metafísicas sobre la verdad o la comprensión teórica completa. En cambio, propone que: si podemos manipular con confianza entidades inobservables para producir cambios en el mundo, entonces estamos justificados en considerarlas reales (Hacking, 1983: cap. 13, 16).

Esto es el realismo de entidades: la creencia en la realidad de las entidades, no necesariamente en la verdad de las teorías que las describen. Para Hacking, el

realismo se justifica no por la representación, sino por la manipulación. Lo que importa no es si una teoría sobre los electrones es verdadera, sino si podemos construir dispositivos (ciclotrones, microscopios electrónicos) que interactúen causalmente con ellos. Mientras la mayoría de los filósofos discuten si las teorías reflejan la realidad, Hacking centra su atención en cómo la práctica científica hace visibles los fenómenos, a menudo mediante complejos experimentos.

La frase: «Si puedes rociarlos, entonces son reales», resume la idea: la capacidad experimental fundamenta la creencia, no la afirmación filosófica. Los electrones, quarks y neutrinos se vuelven reales no cuando los describimos con precisión, sino cuando intervenimos sobre ellos y estos producen un nuevo fenómeno.

Esta perspectiva es especialmente convincente en la mecánica cuántica. Hacking argumenta que incluso si la función de onda permanece filosóficamente opaca, las entidades involucradas en los experimentos (fotones en una configuración de doble rendija, electrones en una unión túnel) aún pueden considerarse reales. La clave es su eficacia causal, no nuestra claridad representacional.

Este realismo práctico encuentra fundamento en una base metodológica que se asemeja mucho a la lógica de Popper. Aunque Hacking no siempre lo reconoce, su modelo debe mucho al énfasis de Popper en:

- a) La falibilidad de las teorías,
- b) La primacía de la comprobación experimental, y
- c) La creencia de que la ciencia progresa mediante ensayo y error.

Así, pese a que el realismo de entidades de Ian Hacking parece a primera vista una ruptura con el enfoque teórico de Karl Popper, un análisis más profundo revela que, de hecho, está estructurado por la lógica popperiana; la arquitectura de su argumento y su visión de la racionalidad científica se basa en varios pilares popperianos, aunque difiere en énfasis y tono. De este modo podemos identificar al menos cuatro herencias principales: (1) el rechazo de la inducción, (2) la centralidad

de la experimentación, (3) la lógica de la falsación como método, y (4) la prioridad de la conjetura sobre la observación.

La ruptura más radical de Popper con el empirismo clásico es (1) su rechazo de la inducción como fuente de conocimiento. La ciencia no puede, y no procede, generalizando a partir de la experiencia. En cambio, comenzamos con conjeturas audaces, que luego se someten a prueba. Toda la lógica de la investigación científica es completamente independiente de la posibilidad de inducciones (Popper, 1980: cap. 1).

Hacking, si bien no se pronuncia tanto sobre la irrelevancia filosófica de la inducción, comparte una sospecha similar. De hecho, en *Representar e intervenir*, advierte contra la confianza en las generalizaciones inductivas, especialmente en la construcción de teorías. En cambio, se centra en fenómenos experimentales de bajo nivel e interacciones causales, lo que él llama “fenómenos creados en el laboratorio”, no en regularidades abstractas inferidas a partir de datos, y al rechazar la suficiencia de la inferencia a partir de la observación, Hacking se alinea con Popper: ambos consideran la teoría o la acción como anteriores a la experiencia. Hacking no pretende que el éxito experimental sea el resultado de la observación acumulada; más bien, se basa en la manipulación de sistemas guiados por supuestos previos.

El concepto de ciencia de Popper es fundamentalmente crítico y (2) experimental: hacemos conjeturas audaces, derivamos consecuencias y las probamos bajo condiciones estrictas, a menudo con el objetivo de refutarlas. Para Popper, el experimento es el crisol de la conjetura. “La crítica de nuestras conjeturas es de importancia decisiva [...] la refutación de una teoría [...] es siempre un paso adelante” (Popper, 1994: 13-14).

El énfasis de Hacking en la experimentación como núcleo del realismo científico puede verse como una evolución natural de esta perspectiva, adaptada a las prácticas de la física moderna. Mientras que Popper ve la experimentación como una forma de refutar teorías, Hacking la ve como una forma de interactuar directamente con la realidad, construyendo, interviniendo y produciendo nuevos fenómenos. Aun así, la lógica sigue siendo popperiana: los experimentos no

confirman teorías, sino que establecen sus consecuencias. De este modo, para Hacking, los experimentos son valiosos cuando:

- a) Resisten la manipulación (sugiriendo errores en la conjetura),
- b) Crean nuevos fenómenos inesperados (requiriendo una revisión teórica),
- c) Permiten la intervención (otorgando acceso causal a las entidades).

Extendiendo la visión de Popper más allá de la comprobación teórica al ámbito material: el conocimiento surge no solo mediante el análisis teórico, sino también mediante la resistencia física, la ruptura y la retroalimentación, un eco del principio de Popper de aprender del error.

Hacking no aboga explícitamente por la falsación. Sin embargo, (3) bajo su realismo práctico subyace un marco deductivo de intervención que refleja la lógica de Popper. Consideremos la secuencia en la explicación de Hacking:

1. Planteamos la hipótesis de que cierta configuración (por ejemplo, un campo magnético en una cámara) desviará electrones.
2. Construimos un dispositivo para comprobar esta predicción causal.
3. Si el resultado esperado falla, se rechaza la hipótesis causal; si tiene éxito, tratamos la entidad (electrón) como real. Esto es estructuralmente indistinguible del esquema deductivo de Popper:
 - Formular una hipótesis (H)
 - Deducir consecuencias observables (O)
 - Si se observa $\neg O$, entonces $\neg H$

El realismo de Hacking depende de esta lógica de falsabilidad. Sin la posibilidad de error, de que el experimento no salga como se predijo, no habría forma de fundamentar la creencia en entidades. Su realidad surge no solo del éxito, sino de la vulnerabilidad a la manipulación, de su capacidad para resistir o cooperar con nuestras intervenciones. El criterio de manipulación de Hacking es, por lo tanto, una forma materializada de falsación.

Quizás la deuda más profunda que Hacking tiene con Popper es epistemológica: la idea de que nunca comenzamos con la observación, sino con la teoría o la conjetura. Popper argumenta que: la observación está cargada de teoría

(Popper, 1994: 72-73) y Hacking coincide en *Representar e intervenir*: No existe tal cosa como una observación neutra. Lo que observamos depende de nuestras intenciones, nuestras técnicas y nuestras herramientas (Hacking, 1983: cap. 1, 11, 16). Esta visión socava el empirismo ingenuo y permite un modo coherente donde el realismo científico se construye no desde cero (inducción), sino desde arriba (conjetura, intervención, respuesta).

Antes de poder representar, debemos intervenir. Pero (4) antes de intervenir, debemos conjeturar. El realismo de Hacking no comienza en la teoría, sino en la práctica, aun cuando esta práctica está determinada por supuestos teóricos. Es posible priorizar los instrumentos, pero no pretender que operen en un vacío epistémico. Así, el realismo de las entidades surge como consecuencia de la conjetura, filtrado a través de predicciones falsables y retroalimentación experimental.

El modelo epistemológico tradicional en ciencia ha asumido durante mucho tiempo una secuencia temporal y lógica que va de la observación a la teoría y, finalmente, a la confirmación o representación. Sin embargo, la síntesis del racionalismo crítico de Popper y el realismo experimental de Hacking trastoca este modelo. En lugar de partir de la observación pasiva, esta teoría propone una nueva secuencia:

Conjetura → Intervención → Representación.

Esta inversión redefine cómo entendemos el realismo en la ciencia, en particular en el caso de la mecánica cuántica, donde la observación pasiva no solo es poco fiable, sino conceptualmente imposible. El observador se convierte en participante, y el conocimiento científico se convierte en el resultado de una interacción activa con el mundo.

Para Popper, toda investigación científica comienza con una conjetura: una hipótesis planteada con audacia y provisionalidad. Estas conjeturas no se derivan de datos, sino que a menudo surgen de la especulación metafísica o imaginativa: La ciencia no comienza con la observación sino con problemas y con conjeturas tentativas (Popper, 1980: 89-95). Formando la estructura inicial a partir de la cual derivamos predicciones, diseñamos experimentos y buscamos la refutación.

Fundamentalmente, este paso conjetural precede a toda recopilación de datos. Incluso en el marco profundamente experimental de Hacking, este principio se mantiene: ningún experimento está exento de teoría. Cuando los científicos construyen dispositivos para atrapar iones o dividir fotones, lo hacen guiados por conjeturas previas sobre el comportamiento de esas entidades. El fenómeno que pretenden crear está determinado por lo que ya esperan encontrar.

Mientras que Popper enfatiza la comprobación de conjeturas mediante la falsación deductiva, Hacking centra su atención en la intervención: la práctica de interactuar con el mundo mediante instrumentos y experimentos. En esta etapa, el científico actúa no solo como un observador pasivo o teórico, sino como un ingeniero de fenómenos. La intervención es más fundamental que la representación representamos con éxito porque intervenimos con éxito (Hacking, 1983: cap. 9, 13). Esto no supone un rechazo de la teoría, sino una inversión de la prioridad epistémica: es porque podemos actuar sobre algo y producir efectos que podemos afirmar razonablemente que lo representamos. Aspecto sumamente útil en la física cuántica, donde la manipulación indirecta, mediante láseres, imanes y detectores, a menudo sustituye a la observación directa.

El intervencionismo de Hacking es análogo material de las pruebas críticas de Popper. Ambas son medios para exponer una conjetura a la posibilidad de fallo. Mientras que Popper ve la refutación como una ganancia epistémica, Hacking ve la resistencia experimental como un signo de estructura objetiva. En ambas perspectivas, la realidad se revela no solo por el éxito, sino por la posibilidad de ruptura.

En los modelos positivistas, la representación suele considerarse el objetivo principal de la ciencia: construir descripciones verdaderas de la naturaleza. Sin embargo, el modelo Popper-Hacking posterga la representación. Una teoría científica solo puede representar la realidad después de haber superado pruebas rigurosas y demostrado su eficacia causal mediante la intervención. De tal forma que, a través de este modelo gradual, podemos afirmar que:

- Conjeturamos entidades y mecanismos teóricos (por ejemplo, los electrones se comportan como ondas y partículas).

- Intervenimos en sistemas físicos utilizando estas conjeturas para predecir y producir fenómenos (por ejemplo, patrones de difracción, efectos fotoeléctricos).
- Solo entonces podemos decir que la teoría representa la realidad, porque tiene tanto poder explicativo como fuerza experimental.

En este marco, la representación se justifica retroactivamente. Las teorías adquieren legitimidad representacional solo cuando sus conjeturas resultan útiles en manipulaciones controladas. Esto nos otorga un realismo que no es especulativo ni dogmático: se obtiene mediante la acción, no se asume de antemano.

Y por lo tanto, la conjetura, la intervención y la representación forman un ciclo testable, recursivo. Cada nuevo fenómeno invita a nuevas conjeturas, intervenciones más refinadas y una representación más profunda, sin cerrar nunca la puerta al error ni a la revisión.

La cuestión de cómo los científicos producen conocimiento, en particular, si se basan en la inducción (razonamiento a partir de casos para generalizar) o en la deducción (derivación de consecuencias a partir de hipótesis), ha moldeado durante mucho tiempo la filosofía de la ciencia. La visión de Popper es notoriamente antiinductiva: rechaza la inducción tanto como forma lógica como método científico. Ian Hacking, aunque mucho menos polémico, también se resiste al inductivismo tradicional. Sin embargo, a diferencia de Popper, Hacking mantiene un compromiso pragmático con ciertas formas de generalizaciones localizadas de bajo nivel, especialmente en entornos experimentales. Comprender esta diferencia es clave para reconciliar sus epistemologías dentro de un marco realista unificado.

El rechazo de Popper a la inducción es absoluto. Tanto en *La lógica de la investigación científica* como en *Conjeturas y refutaciones*, insiste en que el conocimiento científico no puede construirse desde abajo: ninguna acumulación de observaciones justifica una ley universal. La inducción no es una forma válida de razonamiento. Ningún número de observaciones particulares puede justificar una ley universal (Popper, 1980: 28-30). Para Popper, la lógica de la ciencia es completamente deductiva:

1. Partimos de una conjetura (una hipótesis universal).
2. Deducimos consecuencias observables.
3. Si estas se refutan, la teoría queda refutada.

Este modelo no solo rechaza la validez de la inferencia inductiva, sino que también socava cualquier intento de asignar probabilidades a la verdad de las teorías basándose en confirmaciones observadas. No hay cantidad alguna de pruebas exitosas que aumente la verosimilitud de una teoría en ningún sentido formal. Popper permite que una teoría sea corroborada, puede sobrevivir a los intentos de refutación, pero esto nunca equivale a una confirmación total.

Hacking comparte la desconfianza de Popper hacia la inducción, aunque su tratamiento es más sutil. En *Representar e intervenir*, evita la discusión formal de los patrones de inferencia, pero implícitamente descarta las generalizaciones teóricas que se basan en gran medida en la lógica inductiva. Por ejemplo, critica el «argumento del milagro» del realismo científico, la idea de que el éxito de la ciencia sería milagroso si las teorías no fueran verdaderas, como una apelación inductiva al éxito de teorías pasadas, lo cual le resulta poco convincente. Más explícitamente, en el capítulo 12, critica los intentos de fundamentar el realismo en el éxito de la inferencia: El éxito no es prueba de verdad. Podemos manipular sin saber por qué las cosas funcionan (Hacking, 1983: cap. 8, 9).

Esta es una postura profundamente popperiana: el éxito experimental no confirma la verdad. Sin embargo, Hacking permite lo que podríamos llamar *generalizaciones empíricas de nivel medio*: regularidades que surgen de experimentos de laboratorio repetibles. Por ejemplo:

- Sabemos que ciertos campos electromagnéticos producen trayectorias electrónicas específicas.
- Sabemos que ciertas técnicas de laboratorio siempre aíslan el ADN bajo condiciones químicas específicas.

Estas no son leyes o teorías de alto nivel, sino generalizaciones pragmáticas formadas mediante intervenciones repetidas. Es importante destacar que Hacking

no infiere universales a partir de ellas; las utiliza para manipular sistemas. La lógica no es:

- Esto funcionó 10 veces; por lo tanto, siempre funcionará,

sino:

- Esto funcionó 10 veces; por lo tanto, probablemente podamos confiar en él en un nuevo experimento, hasta que falle.

Este pragmatismo falibilista está profundamente alineado con Popper, incluso si Hacking no enfatiza la estructura deductiva de forma tan explícita.

Una de las características del realismo de Hacking radica en su enfoque en las propiedades causales de las entidades, especialmente las reveladas mediante la experimentación. Cuando podemos intervenir en un sistema y observar resultados consistentes, podemos atribuir propiedades causales, como «este electrón causa una desviación en un campo magnético de intensidad B».

Si bien esto podría parecer inducción empírica, Hacking insiste en que se basa no en la inferencia por similitud, sino en la manipulación física. La justificación no proviene del recuento de observaciones, sino del uso de entidades para generar efectos. En este sentido, Hacking no es inductivista, sino realista experimental: las generalizaciones son herramientas, no verdades. Funcionan para experimentar hasta que dejan de hacerlo. Y cuando no lo hacen, impulsan la revisión, no de la creencia, sino de la técnica o el modelo. Podemos reinterpretar la epistemología de Hacking utilizando la lógica popperiana:

- Cada nueva configuración experimental es una conjetura (si hacemos X, sucederá Y).
- La intervención es el campo de pruebas.
- El éxito repetido conduce a una adopción tentativa (corroboración).
- El fracaso conduce a la revisión o el rechazo.

Esto proporciona una base no inductiva para la práctica experimental. La diferencia radica en que se centra menos en la teoría y más en el control experimental. Pero la lógica es la misma: conjetura, prueba, aprendizaje a través del error.

Si bien Hacking utiliza ocasionalmente lenguaje inductivo ("sabemos que esto funciona", "observamos a menudo"), es evidente que no se basa ciegamente en la justificación inductiva. En cambio, su realismo se basa en la manipulación y la eficacia causal. Por lo tanto, comparte el rechazo de Popper a la idea de que las generalizaciones, independientemente de su éxito, confirmen las teorías. Así, lo que surge es un modelo donde las generalizaciones son:

1. Operacionales, no metafísicas;
2. Provisionales, no absolutas;
3. Pautas para la manipulación, no fundamentos para afirmaciones de verdad.

Esto conecta las perspectivas de Popper y Hacking: ambos rechazan la inducción como lógica de descubrimiento o justificación, pero ambos permiten la confianza práctica en patrones estables de experiencia, siempre que sean susceptibles de falsación o revisión.

II.III. Construyendo la realidad: realismo científico en la era de la intervención cuántica

La mecánica cuántica presenta quizás el mayor desafío para las interpretaciones clásicas del realismo, la causalidad y la inferencia científica. Es un ámbito repleto de entidades que no podemos observar directamente, teorías que son estadísticas en lugar de deterministas, y experimentos en los que el observador participa en la configuración de los resultados. ¿Cómo puede, entonces, sobrevivir un realismo coherente en este espacio?

Popper y Hacking ofrecen dos respuestas complementarias. Popper defiende un realismo metafísico falibilista: el mundo cuántico existe independientemente de nuestro conocimiento, y las teorías deben aspirar a la verdad incluso si nunca se verifican. Hacking opta por un realismo pragmático de intervención: las entidades cuánticas son reales si podemos usarlas, manipularlas y producir efectos fiables,

incluso si nuestra comprensión de ellas es incompleta. Juntos, ofrecen un híbrido funcional: un realismo de conjetura, manipulación y compromiso creativo.

Popper fue un fuerte crítico de la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica, a la que consideraba instrumentalista y antirrealista. Rechazó la idea de que la observación "crea" las propiedades de las partículas y argumentó que el carácter probabilístico de la mecánica cuántica no implica que la realidad misma sea indeterminada. Que no podamos predecir un evento no significa que no esté determinado por causas la indeterminación de nuestro conocimiento no es una prueba de la indeterminación del mundo. En *Conjeturas y refutaciones*, insiste:

El determinismo es una teoría insostenible por muchos conceptos y que no tenemos razón alguna para aceptarla. [...] El indeterminismo —esto es, la negación del determinismo— no nos compromete necesariamente con ninguna doctrina acerca de nuestra 'voluntad' (Popper, 1994: 159).

Mientras que en *La lógica de la investigación científica* apunta:

Hablo de 'azar' cuando lo que sabemos no es suficiente para predecir [...] como ocurre al tirar el dado, situación en que hablamos de 'azar' debido a que no sabemos cuáles son las condiciones iniciales (Popper, 1980: 192).

Popper intentó reintroducir la causalidad realista en la teoría cuántica mediante propuestas como su interpretación de la probabilidad basada en la propensión, que considera las leyes probabilísticas como expresiones de tendencias objetivas en la naturaleza, no meras descripciones de la ignorancia. Incluso ideó un experimento cuántico falsable para probar las afirmaciones de no localidad⁵. Aunque

⁵ El experimento de Popper de 1980 explota pares de partículas entrelazadas para poner a prueba el principio de incertidumbre de Heisenberg. Su experimento propuesto consiste en una fuente de partículas de baja intensidad que puede generar pares de partículas que viajan a la izquierda y a la derecha a lo largo del eje x. La baja intensidad del haz es tal que existe una alta probabilidad de que dos partículas registradas simultáneamente a la izquierda y a la derecha sean las que realmente han interactuado antes de la emisión.

Hay dos rendijas, una en cada trayectoria de las dos partículas. Detrás de las rendijas hay conjuntos semicirculares de contadores que pueden detectar las partículas después de que pasen por ellas. Estos contadores son coincidentes, por lo que solo detectan partículas que han pasado simultáneamente por A y B. Popper argumentó que, dado que las rendijas localizan las partículas en una región estrecha a lo largo del eje y, según el principio de incertidumbre, experimentan grandes incertidumbres en los componentes y de sus momentos. Esta mayor dispersión del momento se reflejará en la detección de partículas incluso en posiciones fuera de las regiones que normalmente alcanzarían según su dispersión inicial de momento.

Popper sugiere que contabilicemos las partículas por coincidencia; es decir, que contemos solo las partículas detrás de la rendija B, cuya compañera haya pasado por la rendija A. Las partículas que no pueden pasar por la rendija A se ignoran. La dispersión de Heisenberg, tanto para los haces de partículas que van a la derecha como a la izquierda, se comprueba ensanchando o estrechando las rendijas A y B. Si las rendijas son más estrechas, deberían entrar en juego contadores que están más arriba y más abajo, vistos desde las rendijas. La entrada en juego de estos contadores indica los ángulos de dispersión más amplios que corresponden a una rendija más estrecha, según las relaciones de Heisenberg.

posteriormente fue criticado, ejemplifica su creencia de que el realismo cuántico debe preservarse mediante el desafío experimental. Para Popper, entonces:

- La teoría cuántica sigue siendo una conjetura.
- Su estructura probabilística puede ser falsable.
- El objetivo es aproximarse a la realidad, no simplemente predecir observaciones.

El realismo de Hacking toma un camino notablemente diferente: evita en gran medida los debates metafísicos y se centra, en cambio, en lo que los físicos realmente hacen. En la ciencia cuántica, señala Hacking, muchos fenómenos no se descubren, sino que se crean. La mayoría de los fenómenos cuánticos no existen sin los experimentos que los producen son creados en condiciones controladas (Hacking, 1983: cap. 9, 13). Por ejemplo, el efecto Aharonov-Bohm⁶, o los patrones de interferencia en el experimento de la doble rendija, no son fenómenos con los que uno se topa por casualidad en la naturaleza; se construyen en el laboratorio mediante configuraciones cuidadosas. Hacking argumenta que esta creación no

Ahora, la rendija en A se hace muy pequeña y la rendija en B muy ancha. Popper escribió que, según el argumento EPR, hemos medido la posición "y" para ambas partículas (la que pasa por A y la que pasa por B) con la precisión Δy , y no solo para la partícula que pasa por la rendija A. Esto se debe a que, a partir del estado EPR entrelazado inicial, podemos calcular la posición de la partícula 2, una vez conocida la posición de la partícula 1, con aproximadamente la misma precisión. Podemos hacer esto, argumenta Popper, aunque la rendija B esté completamente abierta.

Por lo tanto, Popper afirma que se obtiene un "conocimiento" bastante preciso sobre la posición y de la partícula 2; su posición y se mide indirectamente. Y dado que, según la interpretación de Copenhague, es nuestro conocimiento el que describe la teoría, y especialmente las relaciones de Heisenberg, cabe esperar que el momento p_y de la partícula 2 se disperse tanto como el de la partícula 1, aunque la rendija A sea mucho más estrecha que la rendija ampliamente abierta en B.

Ahora bien, la dispersión puede, en principio, comprobarse con la ayuda de los contadores. Si la interpretación de Copenhague es correcta, entonces los contadores en el extremo opuesto de B que indican una dispersión amplia (y una rendija estrecha) deberían ahora contar coincidencias: contadores que no contaron ninguna partícula antes de que se estrechara la rendija A. En resumen: si la interpretación de Copenhague es correcta, cualquier aumento en la precisión de la medición de nuestro mero conocimiento de las partículas que pasan por la rendija B debería incrementar su dispersión.

Popper se inclinaba a creer que la prueba fallaría en contra de la interpretación de Copenhague, tal como se aplica al principio de incertidumbre de Heisenberg. Si la prueba fallara a favor de la interpretación de Copenhague, argumentaba Popper, podría interpretarse como indicativa de acción a distancia.

Fuente: https://everything.explained.today/Popper%27s_experiment/

⁶ El efecto Aharonov-Bohm es un fenómeno de la mecánica cuántica en el que las partículas cargadas se ven influenciadas por un campo electromagnético aunque se muevan exclusivamente en el espacio libre de campo. Un fenómeno en el que la no trivialidad topológica de un campo de norma es medible físicamente. Además, esta no trivialidad topológica, que puede expresarse como un número n , por ejemplo, es un invariante topológico global y, por lo tanto, no es expresable mediante una fórmula local; este último punto contrasta con un invariante topológico más simple, como la dimensión del espacio subyacente, que es deducible localmente.

reduce su realidad. Por el contrario, su fiabilidad, resistencia y utilidad en sistemas experimentales justifican su consideración como reales. De modo que, el realismo en el mundo cuántico, para Hacking, se centra en:

- La estabilidad práctica de un fenómeno en diferentes configuraciones.
- La capacidad de intervenir y controlar entidades cuánticas.
- La persistencia del comportamiento causal a pesar de la opacidad teórica.

Por lo tanto, la interferencia electrónica es real, no porque una teoría la describa bien, sino porque podemos producirla, manipularla y confiar en ella de forma consistente en tecnologías como los microscopios de efecto túnel o el hardware de computación cuántica.

Así, Hacking distingue entre los fenómenos descubiertos y los creados en el laboratorio. En *Representar e intervenir*, argumenta que la física moderna a menudo no aborda fenómenos revelados pasivamente por la naturaleza, sino aquellos diseñados mediante la acción humana: Los fenómenos no son simplemente descubiertos; a menudo son contruidos, diseñados y estabilizados mediante intervención experimental (Hacking, 1983: cap. 13).

Esto es particularmente evidente en la mecánica cuántica:

- El efecto de túnel cuántico, utilizado en microscopios de efecto túnel de barrido, es un fenómeno que ahora podemos producir y explotar de forma fiable.
- La emisión de fotón único desde puntos cuánticos es un fenómeno diseñado para la comunicación segura.
- Los condensados de Bose-Einstein no solo se descubren, sino que se enfrían, estabilizan y mantienen en su lugar mediante condiciones técnicas extremadamente precisas.

Hacking sigue manteniendo, como Popper, su compromiso con la idea de que, incluso en la física cuántica, existe una estructura real del mundo, que buscamos comprender mediante conjeturas y refutaciones, manipulación y experimentación. En *Conjeturas y refutaciones*, Popper formula la “tercera concepción de las teorías” de la que es posible sintetizar que, el realismo es la creencia de que hay un mundo

real que existe independientemente de nosotros, y que nuestras teorías intentan describirlo, aunque siempre imperfectamente (Popper, 1994: 150).

La mecánica cuántica complica esta perspectiva porque sus predicciones son a menudo estadísticas, no deterministas. Sin embargo, es posible adaptar el falsacionismo a este contexto. Aceptar que las teorías cuánticas pueden comprobarse en términos de distribuciones de probabilidad en lugar de resultados precisos. Si bien Popper propuso su propia versión de una interpretación de la mecánica cuántica, una que seguiría siendo realista y causal, pero coherente con el éxito empírico de la teoría, esta no ha sido ampliamente adoptada, el falsacionismo puede reorientarse para contextos probabilísticos, siempre que mantengamos una actitud crítica hacia la metafísica de la teoría. Examinemos cómo funciona el modelo conjetura → intervención → representación en un caso cuántico.

Ejemplo: Entrelazamiento cuántico y experimentos de la Prueba de Bell:

1. Conjetura: La teoría de la mecánica cuántica predice que las partículas en estados entrelazados mostrarán correlaciones que violan las desigualdades clásicas (Teorema de Bell).⁷
2. Intervención: Los físicos desarrollan experimentos, por ejemplo, el experimento de Aspect⁸ de 1981, utilizando polarizadores, detectores y fuentes de entrelazamiento controladas.
3. Fenómeno: La observación repetida de correlaciones que violan las desigualdades de Bell⁹ se convierte en un fenómeno: no solo una observación puntual, sino un efecto reproducible y manipulable.

⁷ El teorema de Bell establece que no existe una teoría física para las variables locales ocultas que pueda reproducir las predicciones de la mecánica cuántica, y afirma que, si ciertas predicciones de la teoría cuántica son correctas, nuestro mundo es no local. «No local» significa que existen interacciones entre eventos demasiado distantes en el espacio y demasiado próximos en el tiempo como para que puedan estar conectados, incluso mediante señales que se desplazan a la velocidad de la luz.

⁸ El experimento de Aspect fue el primer experimento de mecánica cuántica que demostró la violación de las desigualdades de Bell con fotones utilizando detectores distantes. Su resultado de 1982 permitió una mayor validación de los principios de entrelazamiento cuántico y de localidad. También ofreció una respuesta experimental a la paradoja de Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen, propuesta unos cincuenta años antes.

⁹ La desigualdad de Bell destaca la existencia de fuertes correlaciones entre los componentes de un sistema compuesto. Estas correlaciones no pueden ser reproducidas por ninguna teoría de variables ocultas locales, ya que persisten a distancias muy largas. Son la característica distintiva del entrelazamiento.

En términos de Hacking, estamos justificados en creer en partículas entrelazadas y sus propiedades no porque la teoría sea metafísicamente verdadera, sino porque podemos manipular el entrelazamiento y utilizarlo para crear nuevos fenómenos, por ejemplo, la teletransportación cuántica o el cifrado.

En términos de Popper, la teoría que predice estas correlaciones es una conjetura, contrastada experimentalmente. Si no coincide con la distribución estadística observada, debe revisarse o reemplazarse. El hecho de que sobreviva a repetidas pruebas le otorga corroboración, no certeza.

La creación de nuevos fenómenos cuánticos ofrece varias ventajas epistémicas:

1. Proporciona nuevas bases para probar teorías que, de otro modo, podrían parecer metafísicas.
2. Refuerza el realismo de entidades: las entidades involucradas deben ser reales si podemos usarlas para producir y controlar efectos.
3. Valida la visión de Popper de que el conocimiento crece a través del error y el desafío experimental: cada nueva tecnología cuántica invita a nuevas pruebas y refinamientos.

Es importante destacar que este proceso también excluye el confirmacionismo. Que un experimento tenga éxito repetidamente no significa que la teoría sea verdadera. Más bien, significa que la teoría aún no ha sido refutada y que las entidades involucradas pueden considerarse reales a efectos prácticos y explicativos.

En la mecánica cuántica, la representación no es un reflejo de la naturaleza, es el resultado de la participación activa, donde las conjeturas se comprueban mediante la intervención y los fenómenos se construyen mediante aparatos. Lo que emerge es un realismo construido, pero no por ello menos objetivo por haber sido diseñado. Esto es lo que Hacking llama realismo para causas reales: creemos en los electrones no porque los veamos, ni porque tengamos una teoría verdadera, sino porque podemos hacer cosas con ellos (Hacking, 1983: cap.13). Y lo que Popper llama realismo conjetural: aunque no podemos saber que nuestras teorías son verdaderas, podemos estar seguros de que algunas son mejores que otras (Popper, 1994: 150).

Ambas perspectivas convergen en la idea de que el realismo científico se logra: no mediante afirmaciones metafísicas, sino sobreviviendo a la falsificación y permitiendo la intervención mediante la experimentación.

Una contribución definitoria de la filosofía de Ian Hacking es su elevación de los instrumentos científicos, de herramientas pasivas a agentes epistémicos activos en la producción de conocimiento. En *Representar e intervenir* (1983), Hacking insiste en que para comprender cómo llegamos a creer en entidades inobservables y, de hecho, para comprender el proceso mismo del descubrimiento científico, debemos considerar no solo la teoría, sino también las prácticas materiales mediante las cuales los fenómenos se construyen, estabilizan y hacen visibles. En el centro de estas prácticas se encuentran los instrumentos, que no se limitan a descubrir la realidad, sino también la coproducen junto con la teoría y la práctica. Hacen que los fenómenos sean duraderos, reproducibles y manipulables, transformando así el estatus epistémico de las entidades inobservables.

En el modelo de Popper, las teorías se ponen a prueba deduciendo consecuencias que pueden contrastarse con afirmaciones empíricas. Sin embargo, no profundiza en cómo, materialmente, se lleva a cabo dicha prueba. Hacking llena este vacío al demostrar que los instrumentos son los mediadores a través de los cuales probamos las afirmaciones teóricas a través de la creación de nuevos fenómenos. Por ejemplo, una cámara de niebla hace visibles las trazas de partículas subatómicas, no porque las partículas puedan verse directamente, sino porque sus interacciones previstas con gotas de vapor se han traducido en efectos físicos. De igual manera, los microscopios electrónicos, los aceleradores de partículas o los interferómetros cuánticos se construyen para escenificar confrontaciones experimentales específicas entre las conjeturas y el mundo. Por lo tanto, los instrumentos no son neutrales. Son la materialización de conjeturas:

- Están contruidos para probar supuestos teóricos.
- Sus configuraciones incorporan expectativas causales.
- Su fallo revela errores no solo de diseño, sino también de teoría.

Esto reafirma la idea popperiana: no probamos teorías directamente, sino mediante una cadena de suposiciones, predicciones e intervenciones materiales; los instrumentos son el centro de esa cadena. De ello se deriva que un fenómeno se vuelve real en el discurso científico no cuando se observa una sola vez, sino cuando es:

- a) Estabilizado (repetible en diferentes ensayos),
- b) Manipulable (se puede activar y desactivar),
- c) Portátil (se produce en laboratorios con configuraciones similares).

Los instrumentos son fundamentales para los tres criterios. Consideremos el enfriamiento por láser utilizado en física atómica para acercar las partículas al cero absoluto:

- El fenómeno (comportamiento cuántico extremo a bajas temperaturas) no es natural.
- Se crea mediante una alineación precisa de láseres, trampas y cámaras de vacío.
- Los instrumentos hacen que esta realidad sea reproducible, elevándola así de la curiosidad teórica al compromiso ontológico.

Esta ruta práctica hacia el realismo trastoca las prioridades clásicas: no creemos primero, luego detectamos; intervenimos primero, luego inferimos. El fenómeno que creemos observar es en realidad una estabilización creada por nuestros aparatos (Hacking, 1983: cap. 13). En el realismo de entidades de Hacking, la realidad de los electrones, *quarks* o neutrinos no se infiere a partir de la coherencia teórica, sino que se justifica mediante la intervención mediada por instrumentos. Por ejemplo:

- Los electrones no son reales porque tengamos una teoría perfecta sobre ellos.
- Son reales porque podemos guiar sus trayectorias, enfocar sus haces y producir efectos predecibles mediante instrumentos magnéticos y eléctricos.

Su realidad no es metafísica, sino instrumental. Los instrumentos se convierten en los canales a través de los cuales las entidades responden a nuestras acciones.

Cuando los efectos de una entidad se median a través de instrumentos de forma estable y controlable, la tratamos como real. Por lo tanto, los instrumentos:

- a) Traducen la teoría a una configuración experimental.
- b) Median entre la acción humana y la respuesta natural.
- c) Materializan lo teórico en lo observable.

No son recopiladores pasivos de datos, sino actores epistémicos que también pueden desestabilizar la teoría. Cuando un instrumento no produce el efecto esperado, se convierte en un agente de refutación, muy en línea con el falsacionismo de Popper. Sin embargo, el fallo suele ser ambiguo:

- ¿Es errónea la teoría?
- ¿Funciona mal el instrumento?
- ¿Es la configuración insuficientemente sensible?

Tal ambigüedad demuestra que el realismo experimental depende de la fiabilidad de los instrumentos, que deben probarse e interpretarse dentro de una red de prácticas.

Popper considera la falsación como una relación lógica ($O \rightarrow T$, si $\neg T$, entonces $\neg O$). Hacking demuestra que, en la práctica, la falsación está mediada materialmente:

1. Esto ocurre en la interfaz entre la teoría, el experimento y la herramienta. Y
2. Esto replantea la metodología de Popper a la luz de la ciencia contemporánea: no como lógica pura, sino como un método con andamiaje tecnológico.

Para Hacking, los instrumentos no son accesorios de la teoría; son coproductores de conocimiento. Representan, prueban e incluso inventan las entidades y los efectos que consideramos reales. Al hacerlo, ellos:

- Unen la conjetura y la observación.
- Fundamentan la intervención en la instrumentalidad.
- Sirven como agentes tanto de confirmación como de crítica.

En una síntesis popperiana-hackingiana, los instrumentos son la columna vertebral material del método experimental. Traducen las conjeturas en predicciones manipulables, revelan la resistencia de la naturaleza a la manipulación y permiten que los fenómenos emerjan mediante prácticas estabilizadoras. Sin ellos, la ciencia moderna estaría epistémicamente ciega; mediante ellos nos relacionamos con el mundo, no como espectadores pasivos, sino como constructores falibles y curiosos de fenómenos.

Sin embargo, las posturas filosóficas representadas por Karl Popper e Ian Hacking suelen considerarse metodológica y conceptualmente distintas: Popper, el teórico deductivo y crítico de la inducción; Hacking, el experimentalista centrado en la práctica causal. A pesar de ello, podemos decir que sus posturas no solo son compatibles, sino que se refuerzan mutuamente. Juntas, proporcionan el andamiaje para un realismo robusto, falibilista y práctico, adecuado para interpretar dominios científicos complejos como la mecánica cuántica. De este modo, es viable sintetizar las ideas de ambos autores en un modelo epistemológico coherente: uno que parte de la conjetura, avanza mediante la intervención experimental y llega a una representación tentativa basada en la acción. Este enfoque unificado preserva el racionalismo crítico de Popper, a la vez que lo fundamenta en las prácticas materiales que defiende Hacking.

En esencia, esta epistemología se basa en una orientación realista: la creencia de que la ciencia busca describir e interactuar con una realidad independiente de la mente. Sin embargo, a diferencia del realismo clásico, que a menudo se basa en la certeza metafísica, este modelo:

- Parte de la conjetura (Popper),
- Justifica la creencia mediante la acción (Hacking),
- Acepta la falibilidad y la revisión (ambos), y
- Limita el compromiso ontológico a lo que es causalmente manipulable (Hacking).

Esto significa que la verdad nunca se posee del todo. Las teorías no son inviolables, son herramientas cuyo valor reside en su capacidad de generar consecuencias

comprobables y permitir una interacción efectiva con el mundo. No podemos verificar teorías, pero podemos eliminarlas mediante la crítica empírica (Popper, 1994: 238). Lo real es lo que puede resistirse a nuestra intervención (Hacking, 1983: cap. 13). Esta postura converge en un modelo donde el realismo es condicional: creemos en la realidad de las entidades que persisten a través de pruebas críticas e intervención experimental, pero no asumimos la verdad de ningún sistema teórico completo.

Una de las mayores contribuciones de Hacking es situar la experimentación y la instrumentación en el centro de la filosofía de la ciencia. Nos insta a observar cómo los científicos realmente producen conocimiento, no mediante la especulación metafísica, sino mediante:

- La construcción de instrumentos.
- La estabilización de las condiciones experimentales.
- El ajuste de los aparatos hasta que surjan efectos reproducibles.

Popper, por su parte, enfatiza la humildad epistémica necesaria para practicar la ciencia: ninguna afirmación es inmune a la revisión. Esto se acerca perfectamente con la explicación de Hacking. Ambos rechazan el fundacionalismo y, en cambio, adoptan un tipo de experimentación epistémica, donde el conocimiento crece a través de la construcción, la retroalimentación y el fracaso. En la física cuántica, esto es especialmente crucial:

- Fenómenos como el entrelazamiento deben crearse, mantenerse y verificarse.
- Los instrumentos deben ajustarse para detectar correlaciones sutiles.
- Las teorías deben permanecer abiertas a la reinterpretación a medida que se observan nuevos efectos.

Esto no es relativismo epistémico. Es realismo bajo presión: un realismo forjado en el crisol de la experimentación y expuesto a la implacable prueba de la falsación.

¿Cuál es, entonces, la estructura de esta epistemología unificada? Consiste en varios compromisos:

Etapa Epistemológica	Contribución de Popper	Contribución de Hacking
1. Conjetura	Las teorías son hipótesis audaces y provisionales que deben probarse.	Las teorías son hipótesis audaces y provisionales que deben probarse.
2. Falsación	Las teorías son hipótesis audaces y provisionales que deben tratar de refutarse.	Los fenómenos resisten o obedecen a la intervención.
3. Intervención	No se enfatiza (pero se acepta en escritos posteriores).	Central: la realidad emerge a través de la manipulabilidad.
4. Corroboración	Las teorías que sobreviven obtienen apoyo provisional.	Los efectos repetibles respaldan la creencia en entidades.
5. Representación	Las teorías se aproximan a la realidad, nunca la alcanzan.	La representación se deriva del éxito práctico.

De esta estructura, derivamos un realismo pragmático-crítico:

- a) Pragmático, en su dependencia de la práctica experimental,
- b) Crítico, en su negativa a equiparar la supervivencia con la verdad,
- c) Realista, en su compromiso con un mundo que resiste la manipulación y nos sorprende.

Postura que si bien presenta mejoras, también limitaciones:

- a) No ofrece certeza, solo grados de fiabilidad.
- b) No resuelve el problema de la subdeterminación (múltiples teorías que explican los mismos datos).
- c) No se compromete con la verdad como correspondencia, solo con el éxito en la experimentación.

Aún así, previene la arrogancia epistémica, fomentan la apertura a la revisión y acercan la filosofía con la práctica científica real, especialmente en campos de vanguardia como la mecánica cuántica, donde el conocimiento suele ser tentativo y las teorías evolucionan rápidamente. Esta restricción epistémica útil para este modelo realista nos recuerda que incluso cuando creemos en la realidad de entidades manipuladas (electrones, cúbits, quarks), debemos ser cautelosos en nuestras afirmaciones metafísicas. Tanto Popper como Hacking comparten esta restricción:

- Popper nunca afirma conocer la verdad, solo avanzar hacia ella.

- Hacking cree en las entidades, no en la completitud de la teoría.

La síntesis epistemológica vinculada al racionalismo crítico de Popper, está en concordancia con el realismo de entidades de Hacking, lo cual constituye una postura filosófica resiliente y receptiva. Ofrece un realismo para la ciencia moderna: capaz de abordar las complejidades de la mecánica cuántica, la inestabilidad de los paradigmas teóricos y las complejidades de la práctica experimental. Este no es un realismo de optimismo metafísico. Es un realismo de autocrítica y experimentalismo, basado en el reconocimiento de que:

1. No se parte de hechos, sino de conjeturas. Estas son audaces, falibles y, a menudo, metafísicas. La ciencia progresa no mediante la acumulación de confirmaciones, sino mediante la comprobación crítica de estas conjeturas. Esto evita el dogma, impulsa la innovación y fomenta una cultura intelectual abierta a la autocorrección.
2. Pone a prueba conjeturas mediante la intervención, no la observación pasiva. Hacking desplaza el centro de la epistemología de la teoría a la práctica. La realidad de una entidad no se establece por su lugar en una teoría, sino por nuestra capacidad de interactuar con aquella, manipularla y producir fenómenos estables. «Si puedes rociarlas, son reales». Esto es realismo en acción.
3. La representación solo se da después de intervenir con éxito. La representación no es un espejo de la naturaleza, sino el producto de una interacción disciplinada. Las teorías obtienen su fuerza representacional no por ajustar las observaciones, sino por sobrevivir al desafío, permitir el control y extender el éxito predictivo. Tanto Popper como Hacking coinciden: la representación debe ser retrospectiva, no presuntiva.
4. Es siempre falsacionista. Ningún éxito garantiza la verdad, ningún experimento asegura la finalidad. Las mejores teorías son aquellas que han superado las pruebas más severas, no aquellas con más confirmaciones. Tanto la lógica de la falsación de Popper como el énfasis de Hacking en la

resistencia nos recuerdan que la ciencia es un diálogo con un mundo que responde, a menudo de maneras inesperadas.

5. Mantiene un empirismo limitado. Incluso en nuestros compromisos realistas la adecuación empírica debe seguir siendo el requisito mínimo de cualquier teoría. Es posible creer en entidades inobservables cuando están causalmente entrelazadas con nuestras prácticas experimentales, pero no debemos afirmar saber qué está más allá de nuestra capacidad de comprobación.

Este realismo es especialmente adecuado para la física cuántica, donde:

- Las teorías son matemáticamente rigurosas, pero ontológicamente opacas.
- Las entidades son inobservables, pero se nos resisten de maneras predecibles.
- Los fenómenos no se descubren simplemente, se construyen en laboratorios.
- El éxito experimental no significa claridad metafísica.

En tal contexto, nuestra mejor actitud filosófica es aquella que:

- Comienza con la conjetura, no con la observación.
- Se involucra mediante la intervención, no mediante la observación pasiva.
- Acepta los fenómenos como contruidos pero reales.
- Sostiene las teorías con ligereza, pero las utiliza con audacia.
- Cree en la realidad, pero no en las respuestas definitivas.

Este es un realismo de método, no metafísico, un realismo basado en cómo trabajamos, no solo en lo que creemos. Capta lo que Hacking practica y lo que Popper predica: la ciencia como una aventura de error, acción y un contacto cada vez más profundo con un mundo que no es nuestro para dominar, pero que podemos aprender, imperfectamente, a navegar. A medida que la física se aventura en nuevos dominios (computación cuántica, materia oscura, hipótesis del multiverso), esta epistemología realista ofrece un marco para mantener tanto el rigor como la moderación. Orientado a:

1. Construir mejores experimentos,

2. Formular conjeturas más arriesgadas y precisas, y
3. Tratar los éxitos como puntos de partida, no como puntos de descanso. Invita a una ciencia autocrítica, con fundamento material y ontológicamente sobria. Y dota a la filosofía de las herramientas para seguir el ritmo de la práctica, donde las teorías cambian, las tecnologías evolucionan y la realidad continúa contrarrestando la situación.

CAPÍTULO III. CRÍTICA Y AMPLIACIÓN AL REALISMO EXPERIMENTAL DE IAN HACKING

III.I. Leyes mentirosas y mundos moteados: el realismo intervencionista y basado en modelos de Nancy Cartwright

En este tercer capítulo se abordará en gran medida la propuesta de Nancy Cartwright, pero la intención es verla como una crítica y un complemento al realismo experimental de Hacking. En la perspectiva de este último, las capacidades del investigador para intervenir en el mundo y producir fenómenos termina restando espesor ontológico a la realidad misma, de tal manera que hay siempre un riesgo de relativismo y antirrealismo: el investigador concibe como reales las cosas que puede manipular a partir de los experimentos e instrumentos que puede diseñar; sin embargo, siempre podemos preguntarnos, ¿tales entidades son reales solo porque se les puede manipular?, sin embargo ¿no dependerían demasiado de la actividad performativa del científico, ignorando las capacidades de las entidades mismas, es decir, su propio espesor ontológico? Esta cuestión es la que la propuesta de Nancy Cartwright trataría de subsanar con su realismo basado en capacidades de entidades, mismas que son locales y de máquinas nomológicas.

Este capítulo parte también de una afirmación que se ha convertido en un punto clave en la filosofía de la ciencia reciente: las leyes físicas, como suele afirmarse, no describen literalmente lo que ocurre en el mundo caótico fuera del laboratorio. En cambio, las leyes que escribimos —las de Newton, las de Maxwell y muchas ecuaciones cuánticas— funcionan como reglas idealizadas que se vuelven verdaderas y explicativamente eficaces solo en circunstancias cuidadosamente preparadas.

Las leyes fundamentales de la física no describen hechos verdaderos sobre la realidad. Presentadas como descripciones de hechos, son falsas; modificadas para ser verdaderas, pierden su poder explicativo fundamental (Gaeta, 2013: 1).

Esta afirmación, que las leyes mienten a menos que se integren en contextos concretos, es el primer paso en un programa sostenido de replanteamiento de lo

que el realismo científico debería otorgar: no ecuaciones fundamentales universales portadoras de verdad, sino más bien (a) capacidades causales, que son las tendencias, poderes o habilidades inherentes de las entidades para producir ciertos efectos en las condiciones adecuadas. Como lo explica Cartwright en *Capacidades de la Naturaleza y su Medición* (1989): las capacidades son lo que hace que las leyes funcionen cuando lo hacen y fallen cuando no lo hacen. Así, un electrón tiene la capacidad de repeler otros electrones y atraer protones, y los láseres tienen la capacidad de producir luz coherente, pero solo en configuraciones diseñadas. Tal realismo se sustenta en (b) máquinas nomológicas, que son disposiciones estables y repetibles de componentes (entidades, estructuras, condiciones) que, al operar en el entorno adecuado y protegidas de interferencias, producen un comportamiento regular y conforme a una ley, tal que una ley se cumple mediante el funcionamiento de una disposición estable de componentes —una máquina nomológica— que, protegida y funcionando correctamente, produce el comportamiento regular que describe la ley (Cartwright, 1999: 50), y condiciones especiales en las que se manifiestan las leyes. Este realismo daría lugar a (c) una “ontología moteada” en la que se cumplen diferentes leyes en distintos ámbitos. Cartwright desarrolla este argumento en particular en *Las capacidades de la naturaleza y su medición* (1989) y *El mundo moteado* (1999), y su perspectiva se ha convertido en un punto de referencia central tanto para los defensores del realismo tradicional centrado en leyes como para los realistas experimentales que priorizan la manipulación y la construcción de modelos por encima de la inferencia a leyes universales literales. Para comprender tal postura es necesario: (1) exponer la tesis central de Cartwright sobre el alcance de verdad de las leyes y la metafísica que propone como respuesta; (2) ilustrar cómo se aplica esta tesis en casos físicos concretos (física láser, decoherencia/amortiguamiento cuántico, cámaras de burbujas y de nubes, el cometa Halley como caso histórico); (3) situar a Cartwright con respecto a otras posturas: el realismo tradicional (fundamentalista) centrado en leyes, el realismo experimental basado en la manipulación propuesta por Ian Hacking, y las teorías de la representación basadas en modelos o centradas en instrumentos, para enmarcar la discusión con Hacking y con el realismo basado en la inferencia; (4)

evaluar las consecuencias filosóficas del programa de Cartwright para el realismo científico: ¿cómo se debe configurar un realismo defendible sobre las leyes, los modelos, los instrumentos y el papel de la experimentación?

Si Cartwright tiene razón, es necesario revisar varias prácticas filosóficas ampliamente compartidas. Los filósofos que infieren que el éxito de la ciencia se basa en la verdad de leyes matemáticas universales se enfrentan a un nuevo problema: gran parte de la ciencia más estable y prácticamente efectiva parece una regularidad artificial, verdadera solo cuando los científicos crean las condiciones adecuadas. En términos más prácticos, esta perspectiva transforma la forma en que los filósofos piensan sobre la explicación, la modelización y el papel justificativo de los experimentos. En concreto, ayuda a explicar la divergencia entre (a) las idealizaciones matemáticas utilizadas para generar predicciones y (b) las leyes fenomenológicas, que son regularidades empíricas y descriptivas que resumen los fenómenos observados en dominios específicos sin pretender universalidad ni un profundo poder explicativo, contrastadas con las leyes fundamentales de la física (como las leyes de Newton, las ecuaciones de Maxwell y la ecuación de Schrödinger), que se supone describen la estructura más general de la realidad. Tal que se trata de entidades dependientes del contexto, en las que los experimentalistas se basan para manipular los sistemas. El énfasis de Cartwright en las capacidades y las máquinas nomológicas promete, por lo tanto, un replanteamiento ontológico (lo que existe y funciona) y una reorientación metodológica (lo que se considera una buena justificación científica).

Este capítulo parte de tres hipótesis de trabajo que las secciones posteriores cuestionarán y desarrollarán:

1. Las leyes son idealizaciones, no descripciones literales: muchas ecuaciones fundamentales se interpretan mejor como reglas que se vuelven empíricamente verdaderas solo en circunstancias preparadas o protegidas (máquinas nomológicas, de las que los elementos forman parte); leídas literal y universalmente, las leyes son falsas. Los argumentos y ejemplos detallados de Cartwright respaldan esta afirmación en casos importantes.

2. Capacidades + modelos = un realismo defendible: en lugar de la creencia en leyes matemáticas universales, una forma de realismo centrado en capacidades causales, construcción exitosa de modelos e intervención experimental nos brinda una sólida comprensión epistémica del mundo (esta es la dirección hacia la que apunta el «realismo de modelos» de Cartwright).
3. La evidencia experimental/de manipulación complementa, pero no reemplaza por completo, la inferencia: el énfasis de Ian Hacking en la manipulabilidad captura una importante ruta pragmática hacia el compromiso ontológico, pero una epistemología completa debe dar cuenta tanto de la manipulación como de la inferencia de teorías/modelos; la explicación de Cartwright ayuda a proporcionar el componente de modelo y capacidad de esa síntesis. Estas hipótesis se pondrán a prueba prestando una cuidadosa atención a los ejemplos de física que utiliza Cartwright y evaluando si sus recursos conceptuales (capacidades, máquinas nomológicas, ontología patchwork¹⁰) son suficientes para explicar tanto la eficacia de la práctica científica como la plausibilidad de un compromiso realista con las entidades teóricas.

La imagen tradicional de la ciencia se basa en gran medida en la idea de que las leyes de la naturaleza describen la realidad tal como es. Desde los *Principia* de Newton, tanto filósofos como científicos han asumido que conocer las leyes de la naturaleza es conocer el mundo. En este sentido, las leyes se consideraban descriptivas y universales: descriptivas, ya que revelan cómo es la realidad, y universales, ya que se aplican sin excepción en el espacio y el tiempo. Nancy Cartwright cuestiona ambas suposiciones. Su afirmación de que «las leyes de la física mienten» no implica un rechazo de la ciencia, sino un diagnóstico de cómo funcionan realmente las leyes en la práctica.

“Las leyes de la física mienten”, esto quiere decir que no describen fielmente la realidad, sino que son ficciones útiles que nos permiten construir modelos

¹⁰ La *ontología patchwork* de Cartwright (o "mundo jaspeado") plantea la idea de que la realidad no se rige por un único conjunto de leyes universales sin excepciones. En cambio, el mundo se estructura como una colcha de retazos: las diferentes regiones presentan un orden, pero cada orden es local, parcial y dependiente del contexto.

eficaces". Esta formulación de Gaeta (2013) resume la tesis central de Cartwright: las leyes de la física no logran su propósito al revelarnos la verdad literal sobre el mundo, sino al funcionar como ficciones idealizadas dentro de dominios cuidadosamente controlados.

El primer paso en la crítica de Cartwright es demostrar que las leyes científicas solo se cumplen bajo supuestos idealizados que rara vez se dan en la naturaleza. La segunda ley de Newton, $F = ma$, es un caso paradigmático. En los sistemas físicos reales, ningún cuerpo está sujeto a una sola fuerza neta. El movimiento siempre implica múltiples influencias: atracción gravitatoria, fricción, fuerzas normales, resistencia del aire e incluso interacciones electromagnéticas. La "ley" solo funciona cuando abstraemos todas estas influencias menos una o creamos una cámara de vacío donde se minimizan las perturbaciones. Las leyes de la física no son descripciones verdaderas de la realidad. Solo describen sistemas altamente idealizados en los que se eliminan los factores perturbadores (Gaeta, 2013). Por lo tanto, la aparente universalidad de $F = ma$ es una ilusión cuidadosamente construida. La ley solo se cumple en las condiciones que diseñamos, condiciones que rara vez, o nunca, ocurren de forma natural.

Los argumentos de Cartwright se pueden respaldar con múltiples ejemplos, extraídos de diferentes ámbitos de la física:

- La Ley de Coulomb de la Electroestática establece que la fuerza entre dos cargas varía inversamente con el cuadrado de la distancia entre ellas. Pero, en realidad, las cargas nunca están perfectamente aisladas. Existen en entornos conductores, influenciados por campos de fondo y efectos cuánticos. La ley solo es fiable cuando creamos condiciones de laboratorio —como el vacío y el apantallamiento— que se aproximan a los supuestos del modelo.
- La Ley de los Gases Ideales ($PV = nRT$) describe los gases como conjuntos de partículas perfectamente elásticas que no interactúan. Sin embargo, los gases reales se desvían significativamente de esta ley a altas presiones o bajas temperaturas, donde las fuerzas intermoleculares y los volúmenes finitos de partículas son importantes. En este caso, la ley solo es útil como

aproximación. Incluso nuestras leyes más célebres, como la ley de los gases ideales, solo se cumplen cuando los sistemas se simplifican, cuando pretendemos que las moléculas reales carecen de las mismas propiedades que innegablemente poseen (Gaeta, 2013).

- La Ley de Refracción de Snell ofrece otro ejemplo ilustrativo. Indica el ángulo en el que la luz se curva al entrar en un nuevo medio. Pero esta ley presupone materiales homogéneos e isotrópicos e ignora complejidades como la absorción o la dispersión. En sistemas ópticos reales, funciona solo de forma aproximada, en condiciones de ingeniería.

Con ello es viable ilustrar el punto de Cartwright: la “mentira” no es que las leyes sean falsas en todos los sentidos, sino que pretenden una verdad universal, siendo válidas solo en circunstancias especiales e idealizadas.

Para Cartwright, el hecho de que las leyes mientan no menoscaba su importancia; al contrario, la mentira es productiva. Al pretender universalidad, las leyes proporcionan fórmulas simplificadas que pueden insertarse en los modelos. Su función no es describir el mundo directamente, sino funcionar como herramientas dentro de la construcción de modelos más estrechamente vinculados a la práctica empírica.

Las leyes de la física no establecen los hechos. Solo establecen verdades sobre los objetos en modelos. Las leyes mientan, pero esa mentira nos es útil. Permite usar las matemáticas de manera que podamos predecir y controlar fenómenos bajo condiciones específicas (Cartwright, 1983). Por lo tanto, las leyes no deben juzgarse por su verdad literal, sino por su papel instrumental en el proceso de modelización. Son ficciones que triunfan porque podemos diseñar condiciones —mediante laboratorios, instrumentos y tecnologías— donde sus supuestos se mantienen lo suficientemente bien como para ofrecer predicciones útiles.

El análisis de Cartwright replantea el estatus epistémico de las leyes. El falsacionismo de Popper consideraba las leyes como descripciones generales de la realidad. Para Popper, por ejemplo, el poder de una ley científica residía en su falsabilidad: era una afirmación universal expuesta a una posible refutación. La crítica de Cartwright lo desmiente. Si las leyes ya presuponen contextos idealizados,

su falsación nos dice poco sobre el mundo exterior a esos contextos. Lo que importa, argumenta, no es si las leyes son literalmente verdaderas, sino cómo funcionan como instrumentos dentro de la práctica científica. Su verdad es siempre la "verdad en un modelo", no la verdad sobre el mundo.

Esto no reduce las leyes a meras convenciones; en cambio, las sitúa dentro de un marco más amplio: las leyes sirven de andamiaje para los modelos, que a su vez se conectan con la realidad mediante la intervención y la experimentación. La afirmación de Cartwright de que "las leyes mienten" tiene dos implicaciones cruciales:

1. Contra el universalismo: desafía la idea de que la ciencia es una búsqueda de leyes universales válidas en todas partes. Si las leyes son inherentemente idealizadas, ninguna ley por sí sola puede reivindicar tal alcance.
2. Hacia una ciencia centrada en modelos: desvía nuestra atención de las leyes a los modelos, los experimentos y las intervenciones. Lo que confiere a la ciencia su poder no es la verdad literal de las leyes, sino la forma en que nos permiten construir representaciones fiables y específicas de cada dominio.

Las leyes no son reflejos de la realidad, sino ingredientes de las recetas de la ciencia. Mienten, pero de forma productiva: tergiversan para potenciar la práctica científica.

Si las leyes de la física no describen el mundo literalmente, como argumenta Cartwright, surge naturalmente la pregunta: ¿en qué se basa la ciencia para lograr sus éxitos predictivos y explicativos? Su respuesta es inequívoca: la ciencia funciona mediante modelos. No son las leyes en abstracto las que generan conocimiento, sino las formas concretas en que los científicos las utilizan dentro de los modelos para representar y manipular sistemas.

Las leyes científicas solo son verdaderas en los modelos, pero los modelos son lo que los científicos realmente utilizan para explicar, predecir e intervenir (Cartwright, 1983). Los modelos son el verdadero motor de la ciencia. Son construcciones parciales, con supuestos específicos, que permiten aplicar las leyes

en dominios concretos. Así, mientras que las leyes son ficciones idealizadas, los modelos son los vehículos prácticos que conectan la teoría con la realidad.

Para Cartwright, un modelo no es una copia en miniatura de la realidad, sino un sistema diseñado: una estructura de ecuaciones, diagramas o simulaciones que combinan leyes con supuestos para aproximar aspectos de los fenómenos. Los modelos:

- Incorporan idealizaciones (p.ej., ignoran la fricción, suponen masas puntuales, etc.),
- Se basan en supuestos específicos del dominio (p. ej., fluidos homogéneos, agentes racionales), y
- Buscan una adecuación parcial, no una verdad universal.
- Son eficaces precisamente porque no buscan la completitud. Capturan factores causales seleccionados mientras excluyen otros.

Cartwright ilustra sus afirmaciones con múltiples casos de la física:

- La luz como onda y partícula. La física utiliza dos modelos de la luz incompatibles: el modelo ondulatorio explica la difracción y la interferencia, mientras que el modelo corpuscular explica el efecto fotoeléctrico. Ninguna de estas ecuaciones es válida a nivel global, pero cada una es eficaz en su contexto. El éxito de la ciencia no reside en reconciliarlas bajo una ley universal, sino en implementar el modelo que funcione.
- Dinámica de Fluidos y Turbulencia. Las ecuaciones de Navier-Stokes se consideran leyes fundamentales del movimiento de fluidos. Sin embargo, como señala Cartwright, no pueden resolverse para flujos turbulentos, que dominan el comportamiento de los fluidos en el mundo real. Los ingenieros se basan en modelos simplificados (aproximaciones de flujo laminar, modelos de capa límite, heurísticas computacionales) que solo tienen validez local. El éxito en este caso es pragmático: los modelos funcionan “donde” funcionan, no en todas partes.
- El modelo del gas ideal. $PV = nRT$ no describe literalmente la elasticidad de los gases. En cambio, funciona como parte del modelo del gas ideal, donde

las moléculas se consideran perfectamente elásticas y no interactúan. Cuando las condiciones se desvían (por ejemplo, en altas presiones), los físicos recurren al modelo de Van der Waals, que incorpora fuerzas intermoleculares. La ciencia, por lo tanto, se trata de pluralismo de modelos, no de leyes universales.

Estos ejemplos muestran que la práctica científica implica elegir, adaptar y alternar entre modelos, en lugar de aplicar leyes universales directamente.

Cartwright recurre a menudo a la economía para ilustrar la ubicuidad de los modelos. Los economistas construyen modelos de mercados perfectamente competitivos o de elección racional, sabiendo que ninguna economía real satisface estos supuestos. Sin embargo, estos modelos pueden aislar tendencias causales —por ejemplo, cómo se ajustan los precios bajo la competencia— incluso si los supuestos son falsos.

Las leyes no rigen la realidad directamente. Rigen únicamente los objetos en los modelos que construimos. Esto es cierto tanto en física como en economía (Cartwright, 1983). La comparación con la economía subraya su argumento: la ciencia progresa no descubriendo verdades universales, sino proliferando modelos eficaces en todos los ámbitos.

Dado que los modelos siempre son parciales, forman un mosaico en lugar de un sistema unificado. En diferentes contextos, los científicos utilizan modelos diferentes, a veces incluso inconsistentes, porque cada uno captura distintos aspectos de la realidad. Las leyes de la física no describen la realidad. Describen modelos, y los modelos describen solo partes de la realidad, bajo condiciones restringidas (Cartwright, 1983). Este carácter fragmentado no es un defecto, sino un reflejo de cómo funciona realmente la ciencia. La fortaleza de la ciencia no reside en la unificación global, sino en la eficacia local.

Los análisis de Cartwright implican una reorientación en la filosofía de la ciencia. En lugar de preguntarnos si las leyes son verdaderas, deberíamos preguntarnos cómo funcionan los modelos. La autoridad epistémica pasa de las leyes a los modelos:

- Las leyes tienen autoridad solo en la medida en que funcionan en los modelos.
- Los modelos tienen autoridad porque producen predicciones e intervenciones exitosas.

Así, la filosofía de Cartwright baja a las leyes del trono de la universalidad y eleva los modelos como motores de la práctica científica.

Pero la crítica de Cartwright a las leyes y su énfasis en los modelos no la llevan al escepticismo. No argumenta que la ciencia no pueda describir la realidad. Al contrario, insiste en una forma robusta de realismo, pero una que se base no en la verdad de las leyes universales, sino en la existencia de capacidades causales y en nuestra capacidad de intervenir en el mundo. De esta manera, Cartwright propone un cambio en el enfoque metafísico del realismo científico: de las leyes a las capacidades, de la representación a la manipulación.

En *Capacidades de la naturaleza y su medición* (1989), Cartwright introduce el concepto de capacidades como el núcleo ontológico de su filosofía. Una capacidad es la capacidad de una entidad o sistema para producir un efecto específico bajo ciertas condiciones. Las capacidades no son regularidades universales e invariables, sino poderes que pueden manifestarse o permanecer latentes según el contexto. Las capacidades son las que hacen que las leyes funcionen cuando lo hacen y fallen cuando no. Las leyes describen lo que sucedería si una sola capacidad actuara sola, pero en realidad las capacidades se combinan, interfieren y compiten (Cartwright, 1989).

En otras palabras, mientras que las leyes asumen un mundo reducido a un solo factor, las capacidades reconocen la complejidad de la realidad. Son los pilares de la causalidad. Cartwright ilustra su concepto con ejemplos de diferentes ciencias:

- Medicina: la aspirina tiene la capacidad de aliviar el dolor de cabeza, pero solo bajo ciertas condiciones. Si el dolor de cabeza es causado por deshidratación o una enfermedad neurológica, la capacidad podría no manifestarse. La ley “la aspirina cura el dolor de cabeza” es falsa como

generalización universal, pero la capacidad es real porque podemos aprovecharla en las circunstancias adecuadas.

- Física: los electrones tienen la capacidad de desviarse en un campo magnético. Esto no significa que todos los electrones, en todas partes, se desvíen constantemente; significa que, cuando se colocan en las condiciones adecuadas (dentro de un campo magnético), lo hacen de forma fiable.
- Biología: las enzimas tienen la capacidad de catalizar reacciones, pero solo en entornos con el pH, la temperatura y las concentraciones de sustrato adecuados. De nuevo, la ley «esta enzima cataliza la reacción X» es demasiado simple; la capacidad es condicional, pero real.

Estos ejemplos demuestran cómo las capacidades proporcionan una ontología más fiel que las leyes. Las capacidades explican por qué las intervenciones científicas tienen éxito en algunos casos y fracasan en otros: porque los sistemas reales contienen múltiples capacidades, que pueden manifestarse o no según las condiciones.

¿Por qué deberíamos ser realistas con respecto a las capacidades? Para Cartwright, la justificación es la intervención. Se alinea con la famosa máxima de Ian Hacking: «Si puedes rociarlos, son reales». Hacking argumentó que estamos justificados en creer en los electrones porque podemos usarlos: para grabar patrones en silicio, para crear imágenes en microscopios electrónicos, para diseñar láseres. Cartwright amplía esta línea de pensamiento. Lo que fundamenta nuestra creencia en los poderes causales es nuestra capacidad de manipularlos para producir efectos. Lo que justifica nuestro realismo no es la verdad literal de las leyes, sino nuestra capacidad de intervenir en los sistemas y manipular sus potencias (Gaeta, 2013). Esta perspectiva intervencionista vincula el realismo directamente con la práctica. Las capacidades son reales porque resisten y responden a nuestras intervenciones de manera estable.

La filosofía de Cartwright encuentra apoyo en la forma en que se diseñan los experimentos.

- Cámaras de niebla y electrones: no observamos los electrones en abstracto. En cambio, construimos cámaras de niebla donde los electrones ionizan el vapor, dejando rastros visibles. Estos rastros revelan la capacidad del electrón para interactuar con la materia. Nuestro realismo sobre los electrones surge de estas manipulaciones experimentales.
- Ensayos controlados aleatorios (ECA) en medicina: un ECA no prueba una ley universal como "este medicamento cura todos los dolores de cabeza". En cambio, aísla la capacidad del medicamento para aliviar los dolores de cabeza en poblaciones específicas bajo condiciones controladas. El ensayo justifica el realismo sobre la capacidad, no sobre una ley universal.
- Semiconductores en ingeniería: el diseño de transistores se basa en la capacidad de los electrones para fluir a través del silicio dopado bajo diferencias de voltaje. Esta capacidad se aprovecha en innumerables dispositivos, confirmando su realidad mediante la intervención.

Por lo tanto, los experimentos no verifican leyes universales, sino que revelan y estabilizan capacidades.

Las capacidades también explican por qué las leyes fallan en entornos no controlados. Leyes como $F = ma$ o la ley de Coulomb describen lo que sucedería si una sola capacidad actuara de forma aislada. Pero en realidad, las capacidades rara vez actúan solas. Se combinan, interfieren y, a veces, se anulan entre sí. Las capacidades rara vez se manifiestan de forma aislada. Por eso las leyes, que describen capacidades aisladas, rara vez son literalmente verdaderas (Cartwright, 1989).

Esta perspectiva socava la concepción universalista de las leyes. Sugiere que las leyes son simplificaciones, mientras que las capacidades captan la complejidad de la realidad causal. Al desviar la atención de las leyes a las capacidades, Cartwright reconstruye el realismo científico sobre nuevas bases. El realismo ya no significa creer que las leyes son universalmente verdaderas. Significa creer que los poderes que manipulamos en experimentos y tecnologías son reales. No deberíamos preguntarnos si las leyes son verdaderas, deberíamos

preguntarnos qué capacidades son reales, pues son las capacidades las que la ciencia descubre, mide y explota (Cartwright, 1989).

Esta ontología se ajusta mejor a la práctica científica real que el realismo basado en leyes. Los científicos son realistas en cuanto a los poderes causales que utilizan, no en cuanto a la universalidad de las ecuaciones.

Así, la filosofía de Cartwright replantea la epistemología y la ontología de la ciencia:

- a) Epistémicamente, justificamos el realismo mediante intervenciones que revelan capacidades.
- b) Ontológicamente, nos comprometemos con un mundo compuesto de poderes causales, no de leyes universales.

Esto hace que su realismo sea intervencionista (basado en la manipulación), basado en capacidades (centrado en los poderes) y plural (reconoce la complejidad).

La crítica de las leyes y la defensa de modelos y capacidades llevan a Cartwright a su metáfora más famosa: el mundo moteado. Frente a la imagen de la naturaleza regida por un sistema unificado de leyes universales, Cartwright propone una visión de la realidad como un mosaico, plural y con un orden local. Esta visión proporciona la base ontológica de su realismo intervencionista y basado en capacidades. Las leyes de la física no describen el mundo; describen un mosaico altamente idealizado. El mundo mismo está moteado (Cartwright, 1999). El mundo no es uniforme ni reducible a un conjunto único de leyes. Es un mosaico de órdenes locales que dependen de contextos específicos.

Durante siglos, la filosofía de la ciencia se ha visto influenciada por la idea de la universalidad: la esperanza de que la ciencia pudiera descubrir un conjunto de leyes válidas "siempre y en todas partes". La mecánica newtoniana fue aclamada como un sistema universal; posteriormente, la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica se consideraron candidatas a una teoría definitiva.

Cartwright rechaza esta idea. El problema no es solo que las leyes existentes no sean universales, sino que la idea misma de leyes universales malinterpreta el funcionamiento de la ciencia. Las leyes, como demostró anteriormente, son idealizaciones que solo funcionan en condiciones restringidas. Los modelos, por su

propia naturaleza, son locales y específicos de un dominio. Las capacidades, también, se manifiestan solo bajo ciertas condiciones. Por lo tanto, la ciencia no puede ofrecer una explicación única y abarcativa del mundo. En cambio, produce verdades fragmentadas y locales.

Cartwright ilustra el carácter mosaico de la ciencia con casos de diferentes disciplinas de la física:

- Mecánica cuántica vs. mecánica clásica. La mecánica cuántica rige los fenómenos microscópicos, mientras que la mecánica clásica continúa describiendo objetos macroscópicos. Ninguna teoría subsume a la otra por completo; en su lugar, los científicos utilizan el modelo que mejor se adapta a la escala y las condiciones del momento.
- Termodinámica vs. mecánica estadística. La termodinámica se aplica a sistemas en equilibrio, la mecánica estadística explica conjuntos de partículas. Ambos marcos se superponen, pero no pueden reducirse entre sí.
- Electromagnetismo y óptica. Las ecuaciones de Maxwell describen las ondas electromagnéticas, pero los fenómenos ópticos a menudo se tratan con modelos de rayos que ignoran las propiedades de las ondas. Estos modelos se contradicen, pero ambos son eficaces en la práctica.
- Ciencias interdisciplinarias. La economía, la biología y la física se basan en modelos diferentes, a menudo incompatibles en sus supuestos, pero eficaces dentro de sus dominios. No existe una ley única que los unifique.

Estos ejemplos respaldan la afirmación de que la ciencia no es una estructura monolítica, sino un mosaico de prácticas. Cada modelo, cada ley, cada experimento funciona localmente, pero no universalmente.

La metáfora de lo “moteado” transmite dos ideas clave:

1. Pluralidad de órdenes. La realidad no está estructurada uniformemente por un conjunto de leyes. En cambio, las diferentes regiones del mundo exhiben patrones diferentes, capturados por distintos modelos.
2. Coexistencia de Orden y Desorden. Algunos dominios están bien estructurados y son predecibles; otros se resisten a la unificación. Así como

una superficie moteada tiene zonas de luz y oscuridad, el mundo tiene regiones de orden y regiones donde no se aplica un orden único.

El mundo no es el lugar simple y unificado imaginado por la búsqueda de una Teoría del Todo. Es un mundo moteado, donde los órdenes locales coexisten sin reducción universal (Cartwright, 1999).

Cabe la preocupación de que este pluralismo conduzca al relativismo: si la ciencia solo produce verdades locales, ¿cómo podemos confiar en ellas? Cartwright responde que la objetividad no requiere universalidad. Los modelos y capacidades locales pueden ser robustos, reproducibles y resistentes al error, incluso si solo se aplican en contextos específicos.

Por ejemplo, el modelo del gas ideal no es universalmente cierto, pero sí es objetivamente fiable bajo ciertas condiciones. De igual manera, la capacidad de los electrones para desviarse en un campo magnético es real y reproducible, incluso si se manifiesta solo bajo las condiciones adecuadas. Por lo tanto, la ciencia produce conocimiento objetivo y situado. Sus verdades no son globales, sino locales; no universales, sino estables donde se aplican.

La ontología moteada de Cartwright tiene implicaciones de gran alcance:

- Epistemología: en lugar de buscar una teoría unificada, la ciencia debería adoptar el pluralismo. La medida del éxito no es la consistencia global, sino la eficacia local.
- Metodología: los científicos deberían centrarse en construir modelos e intervenciones adecuados a dominios específicos, en lugar de imponer los fenómenos en marcos universales.
- Metafísica: la realidad misma puede ser plural. La búsqueda de una “teoría del todo” no comprende la naturaleza del mundo, que está estructurado por capacidades en lugar de leyes universales.

El realismo científico no exige un orden único y universal. Basta con reconocer que en distintos contextos descubrimos capacidades y regularidades locales que nos permiten intervenir en el mundo (Gaeta, 2013).

Lejos de socavar el realismo, el mundo moteado lo fortalece. Al centrarse en las capacidades y las intervenciones, Cartwright fundamenta el realismo en lo que podemos hacer con la naturaleza. Tenemos justificación para creer en electrones, enzimas o mecanismos económicos, no porque encajen en una teoría universal, sino porque podemos manipular sus capacidades en la práctica.

Su realismo es, por lo tanto:

- a) Intervencionista: basado en la manipulación.
- b) Basado en modelos: dependiente de representaciones locales y parciales.
- c) Fragmentario: acepta el pluralismo y rechaza la reducción universal.

Este realismo es más humilde que la visión basada en leyes, pero también más fiel a la práctica científica.

El análisis de Nancy Cartwright sobre las leyes, los modelos, las capacidades y el mundo moteado no es una mera observación metodológica, es una reconfiguración a gran escala del realismo científico. Para filósofos como Karl Popper, el realismo estaba ligado a la falsabilidad de las leyes universales: la ciencia avanza mediante la formulación de conjeturas audaces que pueden ser refutadas por la experiencia. Para Ian Hacking, el realismo se fundamenta en la manipulación experimental: tenemos derecho a creer en las entidades cuando podemos intervenir con éxito en ellas. Cartwright sintetiza y transforma ambas posturas. Argumenta que el realismo debe entenderse no como un compromiso con la verdad literal de las leyes universales, ni simplemente como una creencia en entidades manipulables, sino como un reconocimiento de la realidad de las capacidades causales y la estructura fragmentada del mundo.

La primera implicación de la obra de Cartwright es un rechazo rotundo a la concepción universalista de las leyes. Popper, por ejemplo, sostenía que la universalidad de las leyes era precisamente lo que les otorgaba su falsabilidad y su valor epistémico. Como él mismo lo expresó célebremente: cuanto más prohíbe una teoría, mejor es (Popper, 1994). Pero para Cartwright, esta exigencia de universalidad es errónea, porque las leyes mismas son ficciones que solo se sostienen en modelos idealizados. No deberíamos preguntarnos si las leyes son

verdaderas. Deberíamos preguntarnos qué capacidades son reales (Cartwright, 1989). El error del positivismo y del falsacionismo es pensar que las leyes describen la realidad. En realidad, describen sólo sistemas idealizados. Por lo tanto, el realismo no puede vincularse a leyes universales, debe vincularse a los éxitos locales de los modelos y a las capacidades que estos descubren.

Aquí Cartwright converge con el realismo experimental de Ian Hacking. Hacking argumentó que nuestra creencia en entidades se justifica cuando podemos intervenir con éxito. Creemos en los electrones, dijo, no porque una teoría los describa con exactitud, sino porque podemos usarlos en experimentos y tecnologías: «Si puedes rociarlos, son reales».

Cartwright coincide, pero amplía este marco. Para ella, lo que manipulamos en la práctica no son meras entidades, sino capacidades. Un electrón es real en la medida en que posee poderes causales —como la capacidad de desviarse en un campo magnético o de ionizar vapor en una cámara de niebla— que pueden activarse de forma fiable en experimentos. Lo que justifica nuestro realismo no es la verdad literal de una teoría, sino la capacidad de intervenir en el mundo y manipular las potencias que descubrimos (Gaeta, 2013). Esta teoría intervencionista desplaza la base del realismo de las teorías abstractas a la práctica experimental.

La noción de Cartwright del mundo moteado tiene implicaciones radicales para la ontología. Si la realidad es un mosaico de órdenes locales, entonces el realismo debe ser fragmentario. No existe una imagen científica única y unificada del mundo; en cambio, existen muchas verdades locales, cada una basada en capacidades y modelos que se aplican en ámbitos restringidos. El mundo no es el lugar simple y unificado imaginado por la búsqueda de una Teoría del todo; es un mundo moteado, donde los órdenes locales coexisten sin reducción universal (Cartwright, 1999).

Este realismo plural no se derrumba en el relativismo. Las verdades locales son objetivas porque son reproducibles e inerciales dentro de sus ámbitos. Pero no pueden extenderse universalmente. Desde la perspectiva de Cartwright, el realismo científico debe repensarse en tres líneas:

1. Intervencionista: el realismo se justifica por nuestra capacidad de manipular el mundo de forma estable.
2. Basado en modelos: la autoridad científica no reside en leyes, sino en los modelos que conectan la teoría con la práctica.
3. Fragmentario: el mundo se estructura localmente, no se rige por leyes universales.

Esta perspectiva presenta la ciencia como una empresa centrada en la práctica, donde el conocimiento se construye mediante modelos, experimentos e intervenciones, en lugar del descubrimiento de verdades globales sin excepciones. Colocado junto a Popper y Hacking, el realismo de Cartwright revela tanto continuidades como desviaciones:

- En contra de Popper: el énfasis de Popper en las leyes universales y la falsabilidad es incompatible con la visión de Cartwright de que las leyes mienten. Cartwright redefine el realismo, alejándolo de las leyes universales y acercándolo a las capacidades locales.
- Con Hacking: Cartwright comparte el énfasis de Hacking en la intervención, pero añade una profundidad ontológica. Hacking se centró en las entidades como manipulables; Cartwright se centra en las capacidades como la verdadera estructura causal subyacente a la manipulación.

Así, Cartwright integra el experimentalismo de Hacking con una ontología más matizada y va decisivamente más allá del falsacionismo basado en leyes de Popper.

La implicación final de la obra de Cartwright es una nueva visión del realismo: una visión modesta pero robusta. La ciencia no revela un orden natural único y regido por leyes. En cambio, revela un mosaico plural de capacidades y modelos. El realismo sobrevive, pero de una forma diferente:

- Las leyes no son ciertas en todas partes, en cambio, las capacidades son reales aquí.
- Las teorías no son literalmente verdaderas, en cambio, los modelos funcionan en condiciones específicas.
- No hay unidad de la ciencia, sino una pluralidad moteada.

El realismo científico no requiere que creamos en leyes universales. Requiere que reconozcamos la realidad de los poderes que explotamos en la práctica (Cartwright, 1999). La obra de Nancy Cartwright redefine una de las imágenes más arraigadas en la filosofía de la ciencia: la creencia de que la ciencia revela el mundo mediante leyes universales y sin excepciones. Partiendo de la provocativa tesis de que «las leyes de la física mienten», demuestra que las leyes no describen literalmente la realidad, sino que funcionan como herramientas idealizadas, válidas únicamente en contextos cuidadosamente diseñados. A partir de ahí, redirige nuestra atención a los modelos, las capacidades y la estructura fragmentada del mundo.

La trayectoria de su argumento se puede resumir en cuatro puntos:

1. Es una crítica de las leyes como descripciones literales. Leyes como $F = ma$, la ley de Coulomb o la ley de los gases ideales solo funcionan en situaciones idealizadas, a menudo construidas artificialmente. «Mienten» al presentarse como universales mientras que solo funcionan en modelos.

Las leyes de la física no establecen los hechos. Solo establecen verdades sobre los objetos en los modelos (Cartwright, 1983). Los modelos, en cambio, son los verdaderos motores de la ciencia. Combinan leyes con supuestos y aproximaciones para producir representaciones localizadas y viables. Los modelos, no las leyes, explican el éxito de la ciencia en la práctica.

2. El segundo paso profundiza este análisis al pasar de los modelos a las capacidades. Los modelos funcionan porque aprovechan las capacidades causales: la capacidad de las entidades para producir efectos en determinadas condiciones. La aspirina alivia el dolor de cabeza, los electrones se desvían en campos magnéticos, las enzimas catalizan reacciones. Estas no son leyes universales, sino poderes estables y manipulables.

Las capacidades son las que hacen que las leyes funcionen cuando lo hacen y fallen cuando no lo hacen (Cartwright, 1989). Las capacidades proporcionan la base ontológica del realismo. Explican tanto el éxito de los modelos como el fracaso de las leyes en entornos no controlados.

3. El tercer paso se expande hacia una visión ontológica: el mundo moteado. La realidad no es un orden uniforme regido por leyes universales, sino un mosaico de dominios locales estructurados por diferentes capacidades. La mecánica cuántica, la mecánica clásica, la termodinámica y la economía capturan diferentes aspectos de este mosaico.

El mundo no es el lugar simple y unificado imaginado por la búsqueda de una Teoría del todo. Es un mundo moteado (Cartwright, 1999). Este pluralismo no es relativismo. Los órdenes locales son objetivos, reproducibles e inerciales. Pero no pueden extenderse globalmente.

4. El cuarto paso es una redefinición del realismo. Para Cartwright, el realismo científico no exige creer en leyes universales ni en la verdad literal de las teorías. Requiere compromiso con la realidad de las capacidades que descubrimos y explotamos en la práctica.

El realismo científico no exige un orden único y universal. Basta con reconocer las capacidades y regularidades locales que descubrimos en contextos específicos (Gaeta, 2013). Se trata de un realismo modesto: humilde en su rechazo del universalismo, pero sólido en su fundamento práctico experimental.

En contraste con Popper y Hacking, la contribución de Cartwright se hace evidente.

- Frente a Popper, rechaza el marco universalista de leyes y falsabilidad. La falsación se aplica solo a sistemas idealizados, no a la complejidad de la realidad. Su realismo no se basa en conjeturas y refutaciones, sino en manipulaciones estables de capacidades.
- Con Hacking, comparte el enfoque en la intervención. Al igual que él, insiste en que tenemos derecho a creer en lo que podemos manipular. Pero añade una profundidad ontológica crucial: lo que manipulamos son capacidades, no solo entidades. Las capacidades explican por qué las intervenciones tienen éxito y por qué los modelos funcionan. En este sentido, Cartwright amplía el realismo experimental de Hacking y supera decisivamente el falsacionismo basado en leyes de Popper.

La filosofía de Nancy Cartwright ofrece una poderosa imagen alternativa de la ciencia:

- a) La ciencia no descubre leyes universales, construye modelos locales.
- b) La ciencia no verifica verdades literales, manipula capacidades causales.
- c) La ciencia no revela un cosmos unificado, revela un mundo moteado.

Este realismo es intervencionista, basado en modelos y fragmentario. Es una visión que se ajusta a la práctica científica real —plural, desordenada y pragmática—, al tiempo que afirma la objetividad del mundo. No deberíamos preguntarnos si las leyes son verdaderas. Deberíamos preguntarnos qué capacidades son reales, pues son capacidades las que la ciencia descubre, mide y explota (Cartwright, 1989). Con este cambio, Cartwright preserva el espíritu del realismo, abandonando sus ambiciones universalistas. Nos ofrece una ciencia a la vez más humilde y más poderosa: más humilde en su metafísica, pero poderosa en su capacidad de actuar sobre el mundo y transformarlo.

III.II. De la falsación a la intervención: Popper y Cartwright frente a Hacking

El siglo XX produjo una serie de cambios importantes en nuestra comprensión de la ciencia. Karl Popper, escribiendo en las décadas de 1930 y 1950, buscó asegurar el estatus racional de la investigación científica apoyándola en el principio de falsabilidad: la ciencia avanza no confirmando teorías, sino refutándolas. Décadas más tarde, Ian Hacking desvió la atención de la teoría hacia la práctica experimental, afirmando que nuestra justificación para el realismo reside en nuestra capacidad de intervenir en el mundo, más que en conjeturas universales. A finales de siglo, Nancy Cartwright cristalizó una nueva ontología de la ciencia, afirmando en *El mundo moteado* (1999) que las leyes "mienten" y que el mundo no está gobernado por un orden universal, sino por un mosaico de capacidades locales. Los apartados anteriores de esta investigación sitúan esta transformación como una migración filosófica: de las estructuras lógicas de la conjetura (Popper) a la primacía de la

manipulación experimental (Hacking), donde la tensión entre la conjetura popperiana y la intervención hackiniana forma una dialéctica central, que la ontología moteada de Cartwright ayuda a mediar.

Esta confrontación es importante porque revela tres imágenes fundamentalmente diferentes de lo que significa ser realista en la ciencia:

- Para Popper, el realismo significa creer que las leyes científicas, como conjeturas universales, nos acercan a la verdad al sobrevivir a la falsación. En *La lógica de la investigación científica* (1980), insiste: La ciencia no comienza con observaciones, sino con problemas y con teorías tentativas.
- Para Hacking, el realismo significa creer que las entidades que manipulamos con éxito en experimentos son reales, independientemente de si las teorías sobre ellas son literalmente ciertas. En *Representar e intervenir* (1983: 23), afirma: “Si puedes rociarlas, son reales”.
- Para Cartwright, el realismo debe ser modesto y local: el mundo no está unificado bajo leyes universales, sino «moteado», compuesto de capacidades que se manifiestan solo en contextos diseñados. Como escribe en *El mundo moteado*: las leyes de la física no describen la realidad. Más bien son descripciones altamente idealizadas de situaciones que nos permiten comprender qué poderes causales se encuentran presentes y cómo se movilizan en un contexto dado (Cartwright, 1999).

La estructura conjetural racional de Popper, el giro experimental de Hacking y la ontología basada en las capacidades de Cartwright no son visiones aisladas, sino momentos en la evolución del realismo. Entender su confrontación es entender cómo la filosofía de la ciencia refleja la transformación de la ciencia misma: desde los sueños universalistas de la física hasta el realismo pragmático, local e impulsado por la práctica de la ciencia contemporánea.

El proyecto de Karl Popper surgió como una reacción contra el optimismo verificacionista del Círculo de Viena. Para Moritz Schlick y Rudolf Carnap, el significado de un enunciado científico residía en su verificabilidad mediante la experiencia. Popper replicó que la verificación nunca puede ser concluyente: ningún

número de ejemplos positivos puede justificar una ley universal. La inducción no es una forma válida de razonamiento. Ningún número de observaciones particulares puede justificar una ley universal (Popper, 1980). Las teorías científicas son hipótesis conjeturales, de forma universal, que adquieren contenido empírico precisamente porque corren el riesgo de ser falsadas. Las leyes científicas no son generalizaciones inductivas de la experiencia, sino conjeturas audaces, afirmaciones provisionales que pueden refutar mediante contrapruebas. La ciencia no comienza con la observación sino con problemas y con conjeturas tentativas (Popper, 1980).

Esta visión de la ciencia es normativa: el estatus científico de una teoría no depende de su verdad, sino de su falsabilidad. Lo que distingue a la astrología de la física no es el tema, sino la disposición a arriesgarse a la refutación. Esta epistemología sustenta el realismo; así, aunque nunca verificamos las leyes, sobrevivir a la falsación significa que una teoría tiene mayor verosimilitud o cercanía a la verdad.

Una característica crucial del realismo de Popper es su apego a las leyes universales. Las teorías científicas, insiste, deben ser cuantificadas universalmente: «Todos los electrones tienen carga $-e$ », «Todas las masas se atraen», y así sucesivamente. La universalidad de las leyes es lo que las expone a la falsación. Observaciones particulares como: «este electrón desviado en un campo magnético», no pueden constituir ciencia a menos que se incluyan en una afirmación universal.

Aquí radica la primera tensión con filósofos posteriores. Como Cartwright argumentaría décadas después, las leyes pueden mentir porque solo son aplicables en contextos idealizados y específicos. Para Popper, sin embargo, la universalidad es innegociable: sin ella, no hay ciencia.

El caso de la mecánica cuántica es esclarecedor. El principio de incertidumbre de Werner Heisenberg parecía socavar el determinismo al afirmar una indeterminación ontológica: las partículas carecen simultáneamente de posición y momento definidos. Popper se resistió a esta interpretación. En su opinión, la incertidumbre era una limitación epistémica, no una característica de la realidad

misma. Popper insistió en que la mecánica cuántica, si se tomaba literalmente como indeterminista, contradecía la imagen científica de una realidad regida por leyes. Para él, la incapacidad de predecir un evento no significaba que el mundo en sí careciera de causalidad: Que no podamos predecir un evento no significa que no esté determinado por causas la indeterminación de nuestro conocimiento no es una prueba de la indeterminación del mundo (Popper, 1994).

Esta defensa del realismo determinista revela tanto la fortaleza como la limitación de la postura de Popper: su insistencia en leyes universales lo lleva a malinterpretar o rechazar aspectos de la teoría cuántica que entran en conflicto con la universalidad. De tal modo que podemos hablar de fortalezas del realismo de Popper:

- Rigor normativo: proporciona un claro criterio de demarcación que distingue la ciencia de la pseudociencia.
- Modestia epistémica: niega la verificación y la certeza, basando el conocimiento en conjeturas provisionales.
- Compromiso con la realidad: sostiene que la ciencia aspira a la verdad, aunque sea asintóticamente.

Pero también de debilidades a la luz de desarrollos posteriores:

- Dependencia de la universalidad: la insistencia de Popper en que las leyes deben ser universales es cuestionada por Cartwright, quien demuestra que las leyes rara vez se cumplen fuera de contextos de ingeniería.
- Descuido de la práctica experimental: su explicación privilegia las conjeturas teóricas sobre la manipulación experimental, un punto que Hacking revertirá.
- Interpretación errónea de la física cuántica: al tratar la incertidumbre como epistémica en lugar de ontológica, Popper revela su apego a una ontología determinista incompatible con la ciencia moderna.

La contribución de Popper es fundamental y limitada. Fundamental, porque la conjetura sigue siendo el primer paso en la ciencia: antes de la intervención debe existir una hipótesis. Limitada, porque Popper vincula la conjetura a la universalidad y descuida el papel de la intervención en la estabilización y construcción de los

fenómenos. Para Cartwright: las conjeturas importan, pero operan solo dentro de las máquinas nomológicas locales, no en un cosmos universalmente regido por leyes.

Si Popper situaba la legitimidad de la ciencia en la lógica de la falsación, Ian Hacking la reubica en las prácticas materiales del laboratorio. *Representar e intervenir* tiene un carácter pragmático: la filosofía de la ciencia había estado dominada durante demasiado tiempo por las teorías de la representación —cómo las teorías se proyectan en la realidad—, descuidando la dimensión igualmente crucial de la intervención —cómo los científicos manipulan la realidad mediante la experimentación—. Durante mucho tiempo, los filósofos de la ciencia se han centrado en el aspecto teórico de la ciencia, la representación de la naturaleza. Quiero desviar la atención hacia el otro lado: la intervención en la naturaleza (Hacking, 1983).

El realismo de Hacking se basa en un criterio experimental: tenemos derecho a creer en entidades que podemos manipular para producir efectos estables. Aquí, el realismo no se asegura por la supervivencia de las teorías contra la falsación, sino por el éxito práctico de la manipulación. La realidad del electrón no se establece por la verdad de la electrodinámica cuántica, sino por la capacidad de enfocar electrones en haces, desviarlos con campos magnéticos y usarlos para grabar patrones en chips de silicio, creando así un nuevo fenómeno, nueva realidad.

Hacking radicaliza el orden de prioridad epistémica: antes de representar entidades en teoría, ya intervenimos con ellas en la práctica. Los instrumentos y las técnicas hacen que las entidades sean visibles y manipulables; las representaciones les siguen. Esto invierte la secuencia popperiana. Para Popper, la ciencia comienza con conjeturas, que luego se ponen a prueba. Para Hacking, la ciencia comienza con intervenciones, a partir de las cuales se construyen representaciones. Pero no descarta la conjetura como paso primero. Así mismo, muestra cómo la premisa de Hacking “para representar primero debemos intervenir” articula una nueva epistemología: la representación es derivativa, no fundacional. El experimento, no la ley universal, fundamenta el realismo.

Hacking respalda su argumento con casos contemporáneos:

- Cámaras de niebla: nunca “vemos” los electrones directamente, pero en una cámara de niebla su capacidad para ionizar vapor deja rastros visibles. Manipular la presión, la temperatura y los campos nos permite estabilizar el fenómeno. La intervención no solo revela la realidad sino que también la crea al producir algo que antes no estaba allí.
- Tecnología de semiconductores: la realidad del electrón se confirma por la capacidad de utilizar su flujo a través del silicio dopado para construir transistores, los componentes básicos de la electrónica moderna.
- Física láser: los rayos de luz coherentes no se describen simplemente mediante leyes, sino que se diseñan mediante dispositivos que explotan las transiciones cuánticas en los átomos.

Estos ejemplos muestran cómo el realismo surge de la práctica: las entidades son reales porque podemos hacer cosas con ellas.

Este enfoque en la intervención es, como se puntualizó en II.II., un desafío directo a Popper. Mientras que Popper veía la fuerza de la ciencia en sus conjeturas universales expuestas a la refutación, Hacking muestra que gran parte de la ciencia procede mediante manipulaciones estables, a menudo sin una teoría universal. La práctica experimental puede ser realista sin recurrir a leyes globales.

Por ejemplo, la reproducibilidad de las trayectorias de electrones en una cámara de niebla fundamenta la creencia en los electrones, independientemente de si la teoría cuántica sobrevive o no a la falsación.

De todo lo anterior es posible apuntar las fortalezas del realismo de Hacking:

- Centrado en la práctica: refleja cómo se hace realmente la ciencia, destacando los instrumentos, los laboratorios y las configuraciones experimentales.
- Centrado en las entidades: ofrece una ruta directa al realismo sobre entidades no observables mediante la intervención.
- Pluralista: admite múltiples teorías siempre que las intervenciones tengan éxito.

Y las debilidades y límites que presenta:

- Debilidad ontológica: Hacking fundamenta el realismo en las entidades, pero deja ambigua la cuestión de qué es exactamente real en ellas: su existencia, su estructura, sus poderes causales.
- Descuido de las leyes: minimiza el papel de las teorías y las leyes, que siguen desempeñando un papel crucial en la orientación de las intervenciones.
- Problema del mosaico: sin una dimensión ontológica, el realismo experimental corre el riesgo de caer en el pragmatismo: las entidades son "reales" porque funcionan, pero ¿cuál es la base ontológica de este trabajo?

Hacking es crucial para llevar la filosofía de la ciencia a la práctica al restablecer la importancia de los instrumentos y los entornos experimentales como fuentes epistémicas. Sin embargo, no es suficiente, es necesaria una base metafísica más profunda: las intervenciones tienen éxito porque las entidades tienen capacidades, una noción que Hacking insinúa, pero no desarrolla. Este vacío es precisamente lo que Cartwright llenará. Su mundo moteado aporta la profundidad ontológica que falta en Hacking: lo que revelan las intervenciones no son simplemente vínculos, sino sus capacidades causales dentro de máquinas nomológicas específicas.

La filosofía de la ciencia de Nancy Cartwright surge de la insatisfacción con dos supuestos arraigados y ligados a los dos autores antes abordados:

1. Que las leyes de la naturaleza describen deterministamente el mundo, como en el marco popperiano, donde las leyes universales son la unidad básica de la ciencia.
2. Que el realismo puede basarse únicamente en el éxito pragmático de la intervención con entidades, como en el realismo experimental de Hacking.

La propuesta de Cartwright para atender ambos puntos consiste en: (1) las leyes "mienten" porque solo se aplican en condiciones idealizadas; (2) el realismo debe fundamentarse no en leyes o entidades, sino en capacidades causales: la capacidad de las cosas para producir efectos en condiciones específicas. Esto conduce a su tesis ontológica sobre un mundo fragmentado: la naturaleza no está unificada bajo leyes universales, sino fragmentada, estructurada por órdenes locales que emergen

en contextos estables. Las leyes de la física no establecen los hechos. Solo establecen verdades sobre objetos en modelos (Cartwright, 1983).

En *El Mundo Moteado*, reafirma la tesis con mayor crudeza: las leyes de la física no describen la realidad. Más bien, describen situaciones altamente idealizadas. El mundo mismo está moteado (Cartwright, 1999).

De este modo, a diferencia de Popper, quien consideraba la universalidad como el sello distintivo de la ciencia, Cartwright demuestra que las leyes son, en el mejor de los casos, verdaderas cuando corresponden a modelos específicos, donde los supuestos simplificadores (planos sin fricción, cargas aisladas, gases ideales) las hacen funcionar. Fuera de estos contextos artificiales no pueden considerarse tal.

Para explicar por qué las leyes a veces funcionan, Cartwright introduce el concepto de “máquinas nomológicas”: disposiciones estables y diseñadas que producen un comportamiento regular. Una ley se cumple mediante el funcionamiento de una disposición estable de componentes, una máquina nomológica, que produce un comportamiento regular cuando está protegida de interferencias (Cartwright, 1983).

Algunos ejemplos incluyen:

- Cámaras de niebla, donde la interacción de electrones, vapor y campos magnéticos produce trazas visibles de forma fiable.
- Láseres, donde las transiciones atómicas controladas generan luz coherente.
- Ensayos controlados aleatorios, que estabilizan las capacidades causales en medicina.

Las máquinas nomológicas muestran por qué la insistencia de Popper en las leyes universales tergiversa la ciencia: las leyes funcionan solo dentro de estas configuraciones locales, no universalmente.

Cartwright va más allá de Hacking al insistir en que lo que revelan las intervenciones no son solo entidades, sino sus capacidades. Un electrón es real porque puede desviarse en campos magnéticos, ionizar vapor y fluir a través de semiconductores. La aspirina es real porque tiene la capacidad de aliviar dolores de

cabeza bajo ciertas condiciones. Las capacidades son las que hacen que las leyes funcionen cuando lo hacen y fallen cuando no (Cartwright, 1989).

Esta ontología de capacidades aborda una debilidad de Hacking: la intervención por sí sola muestra que algo funciona, pero no por qué. Las capacidades explican la estabilidad de las intervenciones.

La culminación del proyecto de Cartwright es su ontología fragmentada:

El orden es local. No hay razón para pensar que el mismo tipo de orden se extienda a todas partes. Las leyes que tenemos son fragmentadas; también lo es el orden en la naturaleza (Cartwright, 1999: 230).

El mundo es fragmentado: algunas regiones exhiben orden a través de capacidades estables y máquinas nomológicas, otras se resisten a la unificación. Esto no es caos ni reduccionismo, sino un mosaico de regularidades locales.

- Contra Popper: Cartwright rechaza la universalidad de las leyes. La falsación no puede fundamentar el realismo si las leyes son idealizaciones que solo se sostienen en contextos restringidos. El proyecto de Popper presupone un orden unificado que no existe.
- Más allá de Hacking: Cartwright coincide con Hacking en que la intervención fundamenta el realismo, pero especifica que lo que las intervenciones revelan son capacidades, no entidades simples. Esto profundiza la base metafísica del realismo experimental.

Mientras que las conjeturas de Popper proporcionan un andamiaje epistémico y las intervenciones de Hacking proporcionan una base práctica, las capacidades de Cartwright proporciona una base ontológica. Las conjeturas y las intervenciones no operan universalmente, sino dentro del mosaico local del mundo moteado. De este modo, Cartwright proporciona el marco que permite reconciliar a Popper y Hacking: las conjeturas nos guían para identificar capacidades, las intervenciones las manipulan y la ontología *patchwork* explica su validez local.

La ciencia no puede comenzar *ex nihilo*. Incluso las intervenciones de Hacking presuponen una hipótesis sobre qué entidades y procesos podrían existir. Para construir un experimento de cámara de nubes, por ejemplo, los físicos tuvieron que conjeturar que los electrones existen y que ionizarían el vapor bajo ciertas

condiciones. La ciencia no comienza con la observación sino con problemas y con conjeturas tentativas (Popper, 1980).

La noción de conjetura de Popper proporciona el andamiaje epistémico para toda la práctica posterior. Incluso si las “leyes mienten”, en el sentido de Cartwright, e incluso si las intervenciones son primarias, en el sentido de Hacking, el proceso científico comienza con una hipótesis que enmarca el experimento.

Sin embargo, como se precisó en II.II. y II.III., las conjeturas permanecen vacías a menos que estén vinculadas a intervenciones. El marco de Popper se inclina demasiado hacia la lógica de los enunciados universales, descuidando el papel central de los instrumentos y las técnicas. Antes que representación, hay intervención; la posibilidad de manipular entidades es la condición de posibilidad de su representación científica. El andamiaje epistémico de la conjetura debe fundamentarse en la práctica experimental, donde las entidades se estabilizan y los fenómenos se construyen.

Las conjeturas (Popper) y las intervenciones (Hacking) requieren una explicación de lo que se conjetura y manipula. Cartwright proporciona esto a través de la teoría de las capacidades: Las capacidades son lo que hace que las leyes funcionen cuando lo hacen, y fallen cuando no lo hacen (Cartwright, 1989).

Las capacidades explican el éxito de las intervenciones: por qué las cámaras de niebla muestran con fiabilidad las trazas de electrones, por qué la aspirina a veces alivia los dolores de cabeza, por qué los láseres producen luz coherente. Las conjeturas universales de Popper se disuelven en hipótesis locales sobre las capacidades, y las intervenciones de Hacking adquieren fundamento ontológico en la realidad basada en capacidades de Cartwright.

El universalismo de Popper flaquea ante la incertidumbre cuántica, mientras que las intervenciones de Hacking siempre están condicionadas por el contexto, por ello Cartwright apunta hacia una visión moteada de la ciencia. El mundo no está unificado bajo leyes universales, sino estructurado por máquinas nomológicas locales donde conjeturas e intervenciones convergen.

El orden es local. No hay razón para pensar que el mismo tipo de orden se extienda a todas partes. Las leyes que tenemos son fragmentarias; también lo es el orden en la naturaleza (Cartwright, 1999: 230).

El realismo debe ser fragmentario, sensible a la práctica y basado en capacidades. Estas cualidades permiten sintetizar un ciclo de tres etapas:

1. Conjetura (Popper) → La ciencia comienza con hipótesis que enmarcan los problemas y anticipan las capacidades.
2. Intervención (Hacking) → Las hipótesis cobran sentido mediante manipulaciones experimentales que estabilizan los fenómenos.
3. Realismo de retazos (Cartwright) → Tanto las conjeturas como las intervenciones operan dentro de dominios locales estructurados por capacidades, no por leyes universales.

Este ciclo evita las debilidades de cada postura cuando se considera individualmente. Se preserva el rigor racional de Popper, se reconoce el realismo experimental de Hacking y la ontología pluralista de Cartwright fundamenta a ambos.

La confrontación entre Popper, Hacking y Cartwright no es un reemplazo (un paradigma derrocando al otro), sino un *continuum*: Popper proporciona la forma epistémica, Hacking el contenido pragmático y Cartwright la estructura ontológica.

Si el realismo es que la ciencia nos dice algo verdadero sobre el mundo, entonces debemos preguntarnos en qué se basa esta afirmación de verdad.

- Para Popper, es la universalidad y la falsabilidad de las leyes conjeturales.
- Para Hacking, es el éxito reproducible de las intervenciones con entidades.
- Para Cartwright, es el reconocimiento de las capacidades causales, lo que hace que las cosas funcionen, y la estructura fragmentada del mundo moteado.

La confrontación revela un ciclo necesario: conjetura → intervención → realismo de capacidad local.

El primer eje de confrontación se sitúa entre el falsacionismo basado en leyes de Popper y el realismo experimental basado en entidades de Hacking. Popper insiste en que sin leyes universales, la ciencia deja de ser ciencia. No podemos verificar teorías, pero podemos eliminarlas mediante la crítica empírica (Popper, 1980). La supervivencia de una teoría bajo pruebas de falsación marca un avance

hacia la verdad (verosimilitud). Para él, es irrelevante si podemos manipular electrones, lo que importa es si las afirmaciones universales sobre los electrones sobreviven a la refutación.

Hacking, en cambio, niega que el realismo requiera leyes universales. El realismo no se asegura mediante la verdad conjetural, sino mediante la práctica experimental. Para él, la falsabilidad de una teoría es secundaria. Lo que fundamenta la creencia en los electrones es que podemos enfocarlos, desviarlos y grabar chips con ellos.

Por lo tanto, Popper y Hacking difieren en cuanto a qué constituye la justificación del realismo: la falsabilidad de las leyes frente a la manipulación exitosa de entidades.

Cartwright media en esta disputa demostrando que tanto Popper como Hacking tienen parte de razón y parte de error.

- Popper se equivoca al pensar que las leyes son la verdadera base del realismo, porque las leyes "mienten".
- Hacking acierta al enfatizar la intervención, pero se equivoca al detenerse en las entidades. Lo que manipulamos no son objetos simples, sino sus capacidades causales. Por ejemplo, la capacidad de los electrones para desviarse, ionizarse y fluir lo que explica la estabilidad de las intervenciones.

Así, Cartwright replantea la confrontación: las leyes falsables no son verdades universales, y las intervenciones revelan capacidades, no entidades aisladas. Por lo tanto, el realismo debe basarse en capacidades y ser local.

Sin embargo, Popper y Hacking pueden reconciliarse en el marco de Cartwright. Las conjeturas de Popper siguen siendo necesarias: sin hipótesis, las intervenciones carecen de dirección. Pero las conjeturas solo cobran sentido cuando se vinculan a intervenciones que estabilizan los fenómenos (Hacking). Y tanto las conjeturas como las intervenciones solo se sostienen localmente, dentro del mosaico de capacidades (Cartwright).

Esto constituye una migración epistemológica:

1. Popper: la ciencia comienza con conjeturas, pero su universalismo se extralimita.
2. Hacking: la ciencia fundamenta el realismo en la intervención, pero su ontología sigue siendo débil.
3. Cartwright: la ciencia descubre capacidades en un mundo moteado, reconciliando conjetura e intervención.

Este ciclo ejemplifica la continuidad del realismo científico: la filosofía evoluciona no descartando a sus predecesores, sino integrando sus ideas en una ontología más sensible a la práctica.

Aun así, hay diferencias irreconciliables:

- Universalidad vs. Localidad: Popper insiste en leyes universales; Cartwright insiste en verdades locales. Este conflicto no puede ser suavizado.
- Fundamentación epistémica vs. ontológica: Popper fundamenta el realismo en la lógica y la falsación; Hacking y Cartwright en la intervención y las capacidades.
- Determinismo vs. Pluralismo: Popper defiende el determinismo incluso contra la mecánica cuántica; Cartwright abraza el pluralismo y la fragmentación.

Estas tensiones marcan no solo un desacuerdo teórico, sino también una divergencia ontológica, y pese a esto la confrontación da como resultado un realismo sintético que integra fortalezas:

- De Popper, conservamos el rigor de la conjetura y el espíritu crítico de la falsación.
- De Hacking, adoptamos la primacía de la intervención y la autoridad epistémica del experimento.
- De Cartwright, heredamos la ontología de las capacidades y la metafísica de un mundo moteado y fragmentado.

Estas vertientes forman un ciclo epistemológico: la conjetura sustenta la intervención, la intervención al realismo entitativo, y las capacidades explican la estabilidad de ambos. Esta síntesis resulta en un realismo conjetural,

intervencionista y fragmentario, un realismo más fiel a las prácticas y la complejidad ontológica de la ciencia moderna.

Cada perspectiva atiende una dimensión diferente de la ciencia y, en conjunto, trazan una metodología que va desde la conjetura universal hasta la intervención experimental y el pluralismo basado en capacidades.

La contribución de Popper reside en su rigurosa visión de la ciencia como un ciclo de conjeturas y refutaciones. Su realismo se basa en la universalidad de las leyes y su exposición a la falsación, y capta el espíritu crítico de la ciencia: las teorías deben ser audaces, arriesgadas y provisionales. Sin embargo, la confianza en leyes universales sobreestima su alcance. La ciencia a menudo triunfa no mediante afirmaciones universales, sino mediante intervenciones locales basadas en modelos.

El realismo experimental de Hacking desplaza el enfoque de la universalidad lógica a la práctica experimental, y se justifica mediante la intervención. Las entidades se vuelven reales no al sobrevivir a la falsificación, sino al ser manipuladas de forma estable y reproducible, y al producir nuevos fenómenos, nueva realidad.

Esta reorientación corrige la negligencia de Popper con respecto a los instrumentos, los laboratorios y las técnicas. Sin embargo, la explicación de Hacking sigue siendo ontológicamente débil: afirma que las entidades son reales, pero no profundiza en lo que fundamenta sus capacidades.

Cartwright proporciona la ontología que falta. Su crítica de que «las leyes mienten» redefine el realismo, alejándolo de la universalidad. Las leyes solo son verdaderas en modelos y contextos diseñados: máquinas nomológicas. Lo que las intervenciones revelan son las capacidades, los poderes causales que explican el éxito de las manipulaciones. Las capacidades son lo que hace que las leyes funcionen cuando lo hacen y fracasen cuando no lo hacen (Cartwright, 1989).

Su visión ontológica de un mundo moteado afirma el pluralismo: la realidad es un mosaico de órdenes locales, no una estructura monolítica unificada por un único conjunto de leyes.

- La conjetura (Popper) proporciona el andamiaje epistémico.

- La intervención (Hacking) fundamenta el realismo en la práctica.
- Las capacidades y el mosaico (Cartwright) aportan la profundidad ontológica.

La filosofía de la ciencia evoluciona no descartando a sus predecesores, sino integrando sus perspectivas en un realismo más sensible a la práctica.

La confrontación produce un realismo con tres rasgos definitorios:

1. Conjetural: La ciencia comienza con hipótesis. Sin conjeturas, las intervenciones carecen de dirección.
2. Intervencionista: El realismo se justifica por la manipulación estable de los fenómenos. Sin intervención, las conjeturas permanecen vacías.
3. Fragmentario: El mundo es moteado, estructurado por capacidades locales, no regido por leyes universales. Sin reconocer el pluralismo, el realismo se derrumba en dogmatismo.

Tal realismo sintético es a la vez más acotado y más estable que sus predecesores: (1) porque abandona el sueño de la verdad universal y, (2) porque se basa en las prácticas reales y la complejidad ontológica de la ciencia.

El realismo científico no exige que creamos en la universalidad de las leyes. Requiere que reconozcamos la realidad de los poderes que explotamos en la práctica (Cartwright, 1999). Popper, Hacking y Cartwright representan tres generaciones filosóficas, cada una respondiendo a los desafíos de su tiempo. La confrontación es estructural: conjetura, intervención y pluralismo forman un ciclo cuya continuidad tiene la capacidad de definir la filosofía de la ciencia.

El resultado es un realismo que no busca la unidad a toda costa, sino que abraza la ciencia tal como es: conjetural en su origen, experimental en su práctica y ontológicamente fragmentaria.

III.III. De la conjetura a la representación en un mundo fragmentado: Causalidad, capacidades y los límites del universalismo

En el capítulo anterior se articuló un modelo epistémico conciso y contundente: Conjetura → Intervención → Representación. A esa lectura, Popper aporta el impulso epistémico (conjetura), Hacking la prioridad metodológica (intervención) y la representación que es la articulación comunicativa y teórica final (modelos, ecuaciones, descripciones discursivas). Este modelo captura un movimiento históricamente reconocible en la filosofía de la ciencia del siglo XX: la migración de las teorías centradas en la lógica a las teorías centradas en la práctica.

La inserción de la postura de Nancy Cartwright complejizará ese movimiento. Sus afirmaciones centrales —que las leyes "mienten", que las regularidades científicas son típicamente fenomenológicas y localizadas, y que lo que descubrimos son capacidades que se manifiestan dentro de máquinas nomológicas— obligan a revisar cómo debe entenderse cada etapa del ciclo. Si el mundo es un mosaico de órdenes locales, las conjeturas no pueden ser globales, las intervenciones no pueden ser neutrales y las representaciones no pueden aspirar a un alcance universal.

Este apartado desarrolla esta revisión en profundidad y tiene dos objetivos complementarios:

1. Analítico: explicar el concepto de Cartwright de capacidades causales y máquinas nomológicas, situar a Hacking y Popper en relación con estos conceptos y articular las implicaciones metodológicas para el ciclo Conjetura → Intervención → Representación.
2. Sintético: proponer un realismo viable y sensible a la práctica —centrado en las capacidades, anclado en la intervención y fragmentario— que preserve el espíritu crítico de Popper, se apropie del énfasis experimental de Hacking y respete la humildad ontológica de Cartwright.

Primeramente será revisada la ontología de Cartwright, situando luego a Popper y a Hacking en relación con ella y, finalmente, volviendo al ciclo propuesto para analizar las paradojas y las consecuencias prácticas. Serán utilizados casos

científicos concretos (experimentos cuánticos, cámaras de nubes, láseres, semiconductores, ensayos clínicos) para vincular las afirmaciones filosóficas con la práctica de laboratorio.

Para Cartwright, una capacidad (o poder causal) es una disposición intrínseca de una entidad para producir ciertos efectos en condiciones apropiadas. Las capacidades no son meras regularidades ni enunciados legales; más bien, son características ontológicas que explican por qué una regularidad puede producirse cuando se establecen las condiciones de fondo. Las capacidades tienen al menos las siguientes características:

- Fundamento ontológico: pertenecen a entidades (electrones, moléculas de aspirina, enzimas, mercados).
- Manifestación condicional: una capacidad puede estar latente hasta que el contexto la activa.
- Composicionalidad e interferencia: las capacidades se combinan, interactúan y pueden bloquearse mutuamente.
- Estabilidad bajo manipulación: las capacidades son la razón por la que las intervenciones pueden ser reproducibles en condiciones nominalmente similares.

Las capacidades hacen que las leyes funcionen cuando lo hacen y fallen cuando no (Cartwright, 1989); esto expresa la prioridad explicativa de las capacidades: las leyes no son hechos metafísicos antecedentes; más bien, necesitamos comprender qué poderes causales están presentes y cómo se movilizan en un contexto dado.

Recordando el concepto de máquina nomológica, ésta es una disposición estructurada, a menudo diseñada, de componentes y condiciones de entorno que genera un patrón estable de comportamiento; es decir, que permite que las capacidades se manifiesten de forma predecible. Ejemplos:

- Cámara de niebla: vapor, sobresaturación, campos magnéticos/eléctricos; juntos producen trazas visibles de partículas cargadas. La máquina estructura la interacción entre capacidades (ionización, condensación) para revelar el comportamiento de las partículas.

- Láser: un resonador, medio de ganancia, inversión de población, retroalimentación óptica; juntos hacen que la capacidad de emisión estimulada produzca luz coherente.
- Transistor: silicio dopado, uniones, polarizaciones de voltaje: estas condiciones permiten que la movilidad electrónica y las capacidades de la estructura de bandas produzcan un comportamiento similar al de un interruptor.

Las máquinas nomológicas explican por qué aparece una regularidad similar a una ley en un experimento particular: porque la máquina garantiza que las capacidades interferentes se supriman o controlen, permitiendo que las capacidades objetivo predominen. Fuera de esta máquina, la misma ley puede no describir los resultados.

Cartwright distingue las leyes fenomenológicas (regularidades locales, empíricas y ajustadas a modelos) de las denominadas leyes fundamentales (ecuaciones dinámicas globales). Las leyes fenomenológicas suelen tener mayor aplicabilidad en la ingeniería y la práctica porque se adaptan a las condiciones donde las capacidades se manifiestan de forma fiable. Sin embargo, la utilidad no es evidencia de universalidad.

Por su parte, frente a Cartwright, pongamos el racionalismo crítico de Karl Popper, el cual se basa en dos convicciones esenciales:

- (1) El objetivo de la ciencia es la verdad, y
- (2) Esta verdad se manifiesta en regularidades universales, similares a leyes.

Aunque Popper niega, como es bien sabido, que los enunciados universales puedan verificarse, insiste en que la ciencia progresa hacia la verdad mediante un proceso de conjeturas y refutaciones, y este progreso se mide por la verosimilitud: el grado en que una teoría se aproxima a la verdad. Así, la racionalidad del progreso científico no depende de la verdad de nuestras teorías, sino de su capacidad para aproximarse a la verdad: de su verosimilitud (Popper, 1994).

Para Popper, la confianza en la ciencia no proviene de la confirmación empírica, sino de esta esperanza racional asintótica de que, al eliminar errores, nuestras teorías se acerquen más a la verdad. El ideal de las leyes universales

sustenta esta esperanza: solo si el mundo se rige por regularidades causales generales puede la verosimilitud tener sentido.

Esta confianza en la universalidad es epistémica, porque el método de falsación presupone generalizaciones comprobables, y metafísica, porque asume la realidad de un mundo objetivamente regido por leyes.

Tal universalismo se vuelve insostenible en el ámbito cuántico. La indeterminación de los eventos microfísicos —ejemplificada por el principio de Heisenberg— socava la convicción de Popper de que todo fenómeno debe, en principio, derivarse de leyes universales. La insistencia de Popper en que la incertidumbre es epistémica, no ontológica, reinscribe el realismo dentro de un horizonte determinista que la mecánica cuántica ya no admite.

Por lo tanto, el proyecto de verosimilitud de Popper se enfrenta a que si las leyes son similares al mundo, nuestras teorías pueden aproximarse a la verdad, y si el mundo es fragmentario, compuesto de capacidades locales e interacciones contingentes, la noción misma de verosimilitud pierde coherencia.

La ontología de capacidades de Cartwright desafía directamente este marco. Para ella, las leyes no son verdades globales, sino idealizaciones locales; por lo tanto, el progreso no puede medirse por la proximidad a una única verdad universal, sino por la expansión y el refinamiento del conocimiento local fiable. No existe una única historia verdadera sobre cómo funciona el mundo. Lo que tenemos son muchas historias verdaderas, cada una sobre su propio ámbito (Cartwright, 1999).

Adoptar la postura de Cartwright es dar un giro epistemológico que consiste en sustituir el telos de la verdad universal por la práctica de la experimentación local. Entonces, la verosimilitud de Popper da paso a lo que podría llamarse “fidelidad pragmática”: la precisión de los modelos dentro de sus dominios construidos.

Por su parte, Ian Hacking se sitúa en una posición ambigua entre el optimismo universalista de Popper y el realismo pluralista de Cartwright. A primera vista, Hacking parece preservar la confianza de Popper en una realidad independiente y estructurada: su realismo de entidades afirma que el éxito experimental atestigua la existencia de entidades reales y manipulables. Sin

embargo, sus compromisos metodológicos difieren marcadamente de los de Popper.

El autor austriaco busca la verdad mediante la refutación de teorías generales; Hacking busca la realidad mediante el éxito de experimentos particulares. El contraste podría expresarse esquemáticamente:

Criterio de Realismo	Popper	Hacking
Base de confianza	Falsación de leyes universales	Manipulabilidad y reproductividad
Alcance de la verdad	Universal	Localismo mesurado, da lugar central a la experimentación en contexto específico
Agente epistémico	Crítico teórico	Manipulación experimental
Tipo de objeto	Leyes, teorías	Entidades, instrumentos, fenómenos

El realismo de Hacking es, por lo tanto, local y práctico. Cuando escribe que «si puedes rociarlos, son reales», afirma un criterio de eficacia experimental, no de universalidad teórica. La realidad de una entidad depende de nuestra capacidad para intervenir sobre ella con éxito en condiciones controladas, una visión que coincide estrechamente con las máquinas y capacidades nomológicas de Cartwright. Sin embargo, Hacking nunca abandona por completo la aspiración de Popper al orden y la explicación. Sus intervenciones presuponen estabilidad: que las capacidades reveladas en el laboratorio persistan en contextos comparables. Por lo tanto, habita un realismo transicional:

- No radicalmente universalista, porque su ontología es experimental y local;
- No totalmente pluralista, porque presupone que las capacidades estables pueden replicarse en otros lugares.

En este sentido, Hacking se erige como un puente entre Popper y Cartwright: conserva el compromiso de Popper con el realismo, pero traslada su fundamento de la universalidad teórica a la estabilidad experimental.

La iniciativa de Nancy Cartwright es a la vez liberadora y desestabilizadora. Al rechazar la idea de una estructura única y universal de la naturaleza, abre la

posibilidad de un realismo pluralista en el que las verdades científicas son locales, contextuales y se superponen. Pero el precio de este pluralismo es alto, epistemológica, metodológica y ontológicamente.

Una vez que se abandona el universalismo, la verdad misma se vuelve fragmentaria. La imagen de Popper de la ciencia como un enfoque asintótico de una realidad única debe ser reemplazada por un mosaico de verdades parciales e irrealizables. Cada dominio experimental —mecánica clásica, óptica cuántica, genética, economía— produce su propia explicación válida, aunque limitada, de la realidad.

Cartwright acepta esta fragmentación como realismo honesto. Las leyes que se cumplen para los objetos en los modelos no se cumplen para los objetos en la realidad en su conjunto (Cartwright, 1983).

Sin embargo, esta honestidad socava la narrativa unificadora del progreso: si no existe una única verdad objetiva, ¿cómo medimos la mejora? El ciclo de Conjetura → Intervención → Representación, presentado en esta investigación, debe, por lo tanto, repensarse como un proceso local recursivo¹¹, no como una trayectoria global.

En el sistema de Popper, la falsación proporciona un método universal de demarcación: una afirmación es científica si es refutable. El localismo de Cartwright disuelve este criterio. En un mundo fragmentado, no existe una lógica única de prueba, porque cada dominio requiere diferentes estrategias, instrumentos y herramientas estadísticas. El método se vuelve específico para cada objeto, determinado por las capacidades investigadas. Esto no es relativismo metodológico, sino pluralismo metodológico: el rigor científico sobrevive, pero es interno a cada práctica local.

Finalmente, el rechazo de Cartwright al universalismo implica que la realidad misma es ontológicamente plural. No existe un tejido unificado de la naturaleza gobernado por un puñado de leyes fundamentales; en cambio, el mundo se

¹¹ En el marco de las motas, capacidades y máquinas nomológicas de Nancy Cartwright el ciclo Conjetura → Intervención → Representación no se trata de un movimiento lineal ni un método universal, sino un proceso local, recursivo y creador de nuevas parches (patches) dentro del mundo moteado (dappled world) descrito por Nancy Cartwright, donde cada vuelta del ciclo produce una nueva mota y refina las capacidades que pueden manifestarse.

compone de fragmentos de orden, cada uno sostenido por la interacción de capacidades locales. En esto consiste su ontología de retazos (*patchwork*): el orden es local. El mundo no es una estructura única, sino un mosaico de muchos tipos diferentes de orden (Cartwright, 1999).

La unidad de la ciencia es un ideal regulador, no un hecho ontológico. Cuestionar el universalismo conlleva la pérdida de la simplicidad, pero obtiene fidelidad a la realidad científica. Así, la ciencia se convierte en el proceso de crear máquinas nomológicas que extraen orden de un mundo que, de otro modo, estaría desordenado. Al introducir el pluralismo de Cartwright en el marco triádico Conjetura → Intervención → Representación, este último experimenta una sutil transformación.

La conjetura de Popper apuntaba a la verdad universal. Bajo la influencia de Cartwright, dicha conjetura se vuelve situacional: las hipótesis son respuestas creativas a anomalías empíricas específicas dentro de dominios delimitados. Un científico ya no busca la ley de la naturaleza, sino el mecanismo o la capacidad que opera en un sistema dado. Por ejemplo, conjeturar que un láser emite luz coherente debido a la inversión de polaridad no es una afirmación universal sobre la luz, sino una hipótesis sobre la capacidad de una máquina específica. La conjetura es, por lo tanto, imaginación contextual, guiada por la práctica y los aparatos.

La intervención aparece ahora como el acto epistémico central: la construcción de un orden local donde las capacidades puedan manifestarse. Cada experimento se convierte en un mundo a pequeña escala: dentro de sus límites, las capacidades se estabilizan, surgen regularidades y se logra la reproducibilidad. Aquí reside la convergencia de Hacking y Cartwright: la realidad se revela no mediante la contemplación, sino mediante la manipulación. Sin embargo, la adición de Cartwright aporta la razón ontológica: las intervenciones funcionan porque las capacidades son reales y las máquinas las canalizan. Enfatizar la ontología fragmentada es, por lo tanto, enfatizar la localidad del experimento: cada configuración de laboratorio es un cosmos autónomo con sus propias reglas, su propio microorden, su propia lógica de representación. La ciencia progresa no descubriendo verdades globales, sino construyendo y estabilizando las locales.

Así, relejendo la Conjetura → Intervención → Representación desde la óptica de Cartwright, es posible ofrecer una propuesta detallada que considera la capacidad.

- Etapa 1 — Conjetura local

La conjetura sigue siendo indispensable: los científicos deben hipotetizar que alguna capacidad o conjunto de capacidades podría estar presente. Pero en lugar de formular hipótesis como leyes universales, el científico pragmático formula hipótesis locales: por ejemplo, "Bajo las condiciones A-B-C, la entidad E mostrará la capacidad P". La metodología de Popper sigue siendo relevante como lógica de contrastación crítica, pero su ambición se ha redimensionado: ya no buscamos leyes universales, sino hipótesis locales arriesgadas.

Por ejemplo, proponer que los electrones tienen momentos magnéticos que se descomponen bajo campos magnéticos no homogéneos (hipótesis de Stern-Gerlach), es una conjetura sobre una capacidad manifiesta bajo un aparato específico.

- Etapa 2 — Intervención: construcción de máquinas nomológicas

La intervención es la etapa en la que construimos la máquina. El diseño experimental es la metodología: creamos condiciones de contorno, suprimimos las capacidades de interferencia y amplificamos la capacidad objetivo.

Para observar partículas cargadas ionizantes, los físicos crean vapor sobresaturado y establecen campos electromagnéticos. En este ejemplo, la cámara de niebla no es un observador pasivo: es un dispositivo que hace visible la capacidad de ionización de la partícula en forma de pistas. La intervención estabiliza los fenómenos y revela capacidades.

De igual forma, en el experimento de doble rendija, los fenómenos (interferencia vs. detección de partículas) se producen mediante un dispositivo experimental: geometría de rendija, detectores, dispositivos de trayectoria. Muchos

fenómenos cuánticos se construyen así, con instrumentos expresamente diseñados para dar cuenta de fenómenos muy concretos.

- Etapa 3 — Representación: modelos fenomenológicos y límites

La representación traduce los resultados experimentales en modelos. Pero como observa Cartwright, estos modelos no son descripciones universales: son leyes fenomenológicas o teorías efectivas válidas para el régimen operativo de la máquina. La representación incluye tanto teorías formales como esquemas prácticos para la creación de nuevas herramientas y fenómenos.

De ello podemos entender que la teoría de bandas y las aproximaciones de masa efectiva son modelos que representan el comportamiento de los electrones en sólidos bajo condiciones específicas de dopaje, temperatura y campo. Son eficaces localmente (permiten el diseño de transistores), pero no afirman una verdad universal sobre todos los sistemas electrónicos.

La representación completa el ciclo al articular el conocimiento local en forma simbólica o matemática. Pero estas representaciones ya no reivindican la universalidad. Son mapas de capacidades, diagramas de máquinas, modelos de comportamiento efectivo: verdaderos dentro de ciertos límites, falsos fuera de ellos. Nuestras leyes son verdaderas respecto a los objetos de nuestros modelos, no respecto al mundo tal como es (Cartwright, 1983).

De esta manera, la representación se convierte en pluralismo de modelos: una proliferación de mapas parciales, cada uno de los cuales describe fielmente una región del mundo moteado. La ciencia se puede mostrar como una cartografía de capacidades en lugar de una geometría de leyes.

Sin embargo, así como el trabajo Cartwright abre la puerta a una ontología realista no universal, da pie a varias paradojas que redefinen el panorama filosófico:

1. Paradoja de la coherencia: ¿cómo puede una ciencia fragmentada permanecer unificada?

La ontología fragmentada de Cartwright implica que la realidad se compone de órdenes locales, cada uno gobernado por sus propias

capacidades y máquinas nomológicas. Si cada dominio experimental funciona de forma autónoma, ¿cómo puede la ciencia en su conjunto mantener la coherencia en lugar de degenerar en fragmentos disyuntos?

El ciclo dinámico Conjetura → Intervención → Representación proporciona coherencia. Cada ciclo, aunque local, provee interfaces con otros: las conjeturas inspiran nuevas intervenciones en dominios adyacentes; las intervenciones exitosas requieren representaciones que a menudo importan herramientas, instrumentos y técnicas matemáticas de campos vecinos. Así, la coherencia surge de forma práctica, no metafísica.

- Popper aporta disciplina lógica: las conjeturas deben ser comprobables, incluso localmente.
- Hacking aporta continuidad metodológica: los instrumentos, materiales y habilidades se transmiten entre dominios.
- Cartwright aporta humildad ontológica: las máquinas locales interactúan, sus compatibilidades crean una «red de parches».

La solución consiste en hallar coherencia en el interdominio mediante ciclos superpuestos de conjetura, intervención y representación. La unidad no se logra mediante una ley universal, sino mediante la interoperabilidad práctica de las prácticas científicas.

2. Paradoja del realismo: Si los fenómenos se crean en experimentos, ¿sigue siendo sostenible el realismo?

Tanto Hacking como Cartwright argumentan que los fenómenos se construyen en el laboratorio, es decir, se hacen visibles o medibles mediante configuraciones experimentales. Si los fenómenos dependen de nuestras intervenciones, ¿cómo podemos afirmar que son reales y no artificiales?

El modelo integrado defiende un realismo centrado en la capacidad. Los fenómenos se construyen, pero lo que revelan son las capacidades reales de las entidades: capacidades que persisten independientemente de la observación del científico, incluso si solo se manifiestan en condiciones específicas.

- La perspectiva de Popper garantiza el compromiso ontológico con una realidad independiente, nuestras conjeturas pretenden describir algo que existe independientemente de nosotros.
- La propuesta de Hacking: demuestra que la manipulabilidad es evidencia de la realidad: si podemos intervenir sistemáticamente, entonces lo que manipulamos debe existir.
- La postura de Cartwright: proporciona el puente ontológico: en tanto los experimentos tienen éxito porque aprovechan las capacidades genuinas de las entidades.

El realismo sobrevive como realismo de capacidades. La realidad no se invalida por la construcción, se revela mediante la activación de poderes causales reales dentro de contextos construidos. Somos realistas no en cuanto a nuestras representaciones, sino en cuanto a las capacidades que posibilitan nuestra intervención.

3. Paradoja del progreso: sin una verdad universal, ¿qué significa el progreso científico?

La verosimilitud de Popper presupone que la ciencia progresa al acercarse a una única verdad. El pluralismo de Cartwright desmantela ese ideal: si las leyes son locales y los modelos son fragmentarios, ¿qué se considera progreso?, ¿cómo podemos comparar el "valor de verdad" de dos teorías locales?

El progreso se redefine como la expansión y estabilización de los órdenes locales, aumentando nuestra capacidad de controlar y comprender las capacidades de las entidades en distintos contextos.

- Popper proporciona el mecanismo crítico: la conjetura y la refutación garantizan una mejora racional incluso dentro de los dominios locales.
- Hacking proporciona el mecanismo empírico: las intervenciones generan nuevos instrumentos y nuevos regímenes experimentales, ampliando el alcance de la manipulación.

- Cartwright proporciona el mecanismo ontológico: cada nueva máquina revela capacidades adicionales, ampliando el mosaico del orden.

A partir de lo anterior, el progreso puede verse como la expansión recursiva de la fiabilidad local. La ciencia no avanza hacia una única verdad, sino generando nuevas regiones estables de práctica y comprensión: un mosaico cada vez más amplio de control e inteligibilidad.

4. Paradoja del método: Si cada objeto define su propio método, ¿sigue la ciencia metodológicamente unificada?

La máxima de Cartwright de que «el objeto define el método» parece amenazar la unidad metodológica. Si cada campo inventa sus propias herramientas y criterios, ¿pierde la ciencia su fundamento racional?

El ciclo triádico propuesto proporciona una estructura metametodológica: todas las ciencias, sea cual sea su objeto, siguen la lógica de Conjetura → Intervención → Representación. Esto brinda una unidad formal sin imponer una uniformidad sustantiva. El objeto determina cómo funciona cada etapa (el tipo de conjetura, el diseño de las intervenciones, el tipo de representación).

El ciclo en sí mismo mantiene la coherencia racional entre disciplinas. Los estándares críticos de Popper garantizan que las conjeturas sigan siendo falsables o comprobables, y Hacking garantiza que las intervenciones mantengan una base empírica. Cartwright garantiza que las representaciones se mantengan ontológicamente modestas.

La solución radica en el pluralismo metodológico dentro de una arquitectura epistémica unificada donde no existe un único método científico, pero todas las prácticas científicas instancian el mismo ritmo triádico.

5. Paradoja de la inducción y la deducción: Si las leyes son locales, ¿puede la inferencia seguir siendo racional?

El rechazo de Popper a la inducción y su insistencia en la deducción universal se vuelven problemáticos en un mundo pluralista y local. Si ninguna

ley es universal, ¿podemos seguir razonando deductivamente?, y si los datos dependen del contexto, ¿podemos generalizar inductivamente?

El razonamiento se vuelve local pero disciplinado. La inducción y la deducción son válidas dentro del dominio de cada máquina nomológica:

- Deducción: dentro de un modelo dado, podemos inferir consecuencias lógicamente (p. ej., predecir las trayectorias de los electrones en un campo magnético).
- Inducción: a través de intervenciones repetidas, podemos generalizar capacidades empíricamente (p. ej., inferir que la aspirina reduce el dolor en ciertas condiciones biológicas).

La vigilancia lógica de Popper previene la sobreextensión; el control experimental de Hacking garantiza la robustez empírica; la ontología de Cartwright explica por qué la inferencia es válida: porque las mismas capacidades se evidencian en condiciones límite similares.

Sostener una racionalidad contextual nos demuestra que es posible que la inducción y la deducción se relegitimen como prácticas inferenciales locales, disciplinadas por el escrutinio crítico y fundamentadas en capacidades estables.

6. Paradoja del realismo fragmentario: Si la realidad es un mosaico, ¿qué la mantiene unida?

La ontología de Cartwright corre el riesgo de disolver la realidad en fragmentos aislados, donde cada máquina nomológica revela solo un orden local. ¿Qué garantiza que el mundo permanezca como una totalidad coherente en lugar de un collage inconexo?

La coherencia se restablece mediante la continuidad de las capacidades. Las capacidades son locales en su manifestación, pero globales en su existencia: los mismos tipos de poderes causales (electromagnéticos, gravitacionales, bioquímicos) recurren en todos los dominios, aunque en diferentes combinaciones.

- El realismo metafísico de Popper consolida la creencia de que un solo mundo subyace a estas variaciones.
- Las intervenciones de Hacking revelan la interoperabilidad de los fenómenos (los mismos electrones pueden funcionar en la física de partículas y la tecnología de semiconductores).
- Cartwright explica que estas capacidades recurrentes se ensamblan de forma diferente en cada máquina nomológica.

El mundo no es un monolito de leyes, sino una red de capacidades que interactúan: un mosaico conectado, unificado por hilos causales recurrentes. Esto es la continuidad ontológica a través de las capacidades.

7. Paradoja de la Representación: Si todos los modelos son locales, ¿cómo pueden describir la realidad?

Si las leyes son idealizaciones válidas solo dentro de los modelos, como argumenta Cartwright, ¿cómo pueden las representaciones científicas pretender describir la realidad en lugar de simplemente simularla?

El marco integrado trata la representación como una mimesis pragmática: un mapeo de cómo se comportan las capacidades bajo ciertas restricciones. Un modelo "representa la realidad" cuando coordina con éxito las intervenciones y predicciones dentro de su contexto previsto.

- Popper: los modelos siguen siendo criticables, son descripciones conjeturales, abiertas a la refutación.
- Hacking: los modelos son herramientas operativas que funcionan dentro de los experimentos.
- Cartwright: los modelos capturan las capacidades e interacciones locales.

La representación como verdad situada nos permite ver que los modelos científicos son verdaderos *in situ*: dicen la verdad sobre el mundo tal como lo organizan nuestras intervenciones.

El modelo Conjetura → Intervención → Representación resuelve estas paradojas no negándolas, sino transformándolas en tensiones productivas. Cada etapa absorbe una función filosófica de sus predecesoras:

- De Popper, hereda el rigor crítico y la lógica de la conjetura.
- De Hacking, hereda el realismo metodológico a través de la intervención material.
- De Cartwright, hereda el pluralismo ontológico y la metafísica de las capacidades.

El ciclo se vuelve así autocorrectivo: la conjetura se reabre tras cada representación, permitiendo que las verdades locales alimenten nuevas intervenciones. El resultado es un realismo fragmentado: autoconsistente, adaptativo y fiel a la práctica científica real.

Paradoja	Naturaleza del problema	Contribución de Popper	Contribución de Hacking	Contribución de Cartwright	Resolución en el modelo integrado (C → I → R)
1. Coherencia	Si la ciencia es un mosaico de prácticas locales, ¿cómo se mantiene unificada?	Proporciona disciplina lógica y método crítico; coherencia a través de la falsabilidad y la crítica racional.	Proporciona puentes metodológicos: los instrumentos y las intervenciones viajan entre dominios.	Proporciona humildad ontológica: los órdenes locales interactúan a través de capacidades y máquinas compartidas.	La coherencia surge de la superposición de ciclos epistémicos y prácticas experimentales compartidas. La ciencia se unifica mediante la interoperabilidad de métodos y modelos, no por una ley universal.
2. Realismo	Si los fenómenos se construyen experimentalmente, ¿pueden seguir siendo reales?	Garantiza un compromiso ontológico: las conjeturas se refieren a un mundo independiente.	Define la realidad a través de la manipulabilidad: las entidades son reales si podemos intervenir sobre ellas.	Explica por qué las intervenciones tienen éxito: las capacidades reales producen los efectos observados.	El realismo se centra en la capacidad: somos realistas acerca de los poderes causales revelados por la intervención controlada.
3. Progreso	Sin la verdad universal, ¿cómo puede progresar la ciencia?	Proporciona racionalidad crítica: progreso como eliminación del error y aumento de la verosimilitud.	Muestra una evolución técnica: nuevos instrumentos permiten intervenciones más profundas y fenómenos más ricos.	Redefine el progreso como la expansión de un orden local confiable, no la convergencia hacia una única verdad.	El progreso significa ampliar y estabilizar el mosaico: cada ciclo añade una nueva región de control práctico y explicativo.

Paradoja	Naturaleza del problema	Contribución de Popper	Contribución de Hacking	Contribución de Cartwright	Resolución en el modelo integrado (C → I → R)
4. Metodo	Si cada objeto define su propio método, ¿es la ciencia metodológicamente coherente?	Proporciona una lógica metanormativa: la conjetura y la refutación estructuran la investigación racional.	Proporciona una base experimental: un método ligado a la intervención, no mera teoría.	Afirma la sensibilidad al objeto: los métodos deben ajustarse a las capacidades causales del objeto.	Pluralismo metodológico dentro de una arquitectura epistémica unificada: todas las ciencias instancian el mismo ritmo triádico (C→I→R).
5. Inducción y deducción	¿Puede el razonamiento seguir siendo racional si las leyes son sólo locales?	Protege contra la generalización excesiva; deducción dentro del marco crítico.	Demuestra cómo la reproducibilidad justifica una generalización limitada.	Fundamenta la inferencia local en capacidades estables y condiciones controladas.	La racionalidad se vuelve contextual: la inferencia es válida dentro del dominio operacional de cada máquina nomológica.
6. Realismo fragmentado	Si el mundo es un mosaico, ¿qué garantiza su unidad?	Afirma el realismo metafísico: existe una única realidad, aunque sea parcialmente cognoscible.	Muestra continuidad a través de entidades: los mismos objetos operan en múltiples contextos.	Explica la unidad a través de capacidades que se repiten en todas las máquinas.	Continuidad ontológica a través de poderes causales recurrentes: una única realidad expresada en múltiples configuraciones locales.
7. Representación	Si todos los modelos son idealizados, ¿pueden describir la realidad?	Mantiene la representación criticable y comprobable; evita el dogmatismo.	Trata los modelos como herramientas operativas que coordinan intervenciones.	Fundamenta la representación en la precisión fenomenológica dentro de condiciones limitadas.	Representación como verdad situada: los modelos son verdaderos in situ cuando coordinan con éxito la intervención y la predicción.

Tabla 1.1¹²

¹² Esta tabla muestra sistemáticamente cómo cada filósofo —Popper, Hacking y Cartwright— contribuye a la resolución de cada paradoja generada al integrar la ontología fragmentada de Cartwright en el modelo triádico: Conjetura → Intervención → Representación.

En resumen:

Popper → proporciona lógica y realismo a la conjetura

↓

Hacking → proporciona fundamento empírico mediante la intervención

↓

Cartwright → proporciona fundamento ontológico mediante capacidades y una ontología de mosaico

↓

Modelo Integrado → integra los tres en una arquitectura epistémica recursiva

Por lo tanto: ciencia = una red dinámica de ciclos locales que produce verdades estables pero no universales.

Cada paradoja (coherencia, realismo, progreso, método, inferencia, fragmentación, representación) encuentra su solución no negando el mosaico, sino organizándolo a través del ciclo propuesto. Popper ancla la racionalidad crítica, Hacking consolida el realismo experimental y Cartwright proporciona la base metafísica. El marco integrado estabiliza así la pluralidad, convirtiendo la fragmentación en un mosaico estructurado de conocimiento localizado basado en capacidades.

En el diagrama de la siguiente página es posible visualizar cómo Popper proporciona la *lógica crítica* y la idea de conjetura racional. Hacking traslada esa racionalidad al terreno de la *práctica experimental*. Cartwright aporta el *fundamento ontológico* de las capacidades y la visión de un *mundo jaspeado* de órdenes locales. El *modelo triádico recursivo* —**Conjetura** → **Intervención** → **Representación** — , que integra las tres perspectivas, mantiene la coherencia racional (Popper), el realismo empírico (Hacking) y la pluralidad ontológica (Cartwright).

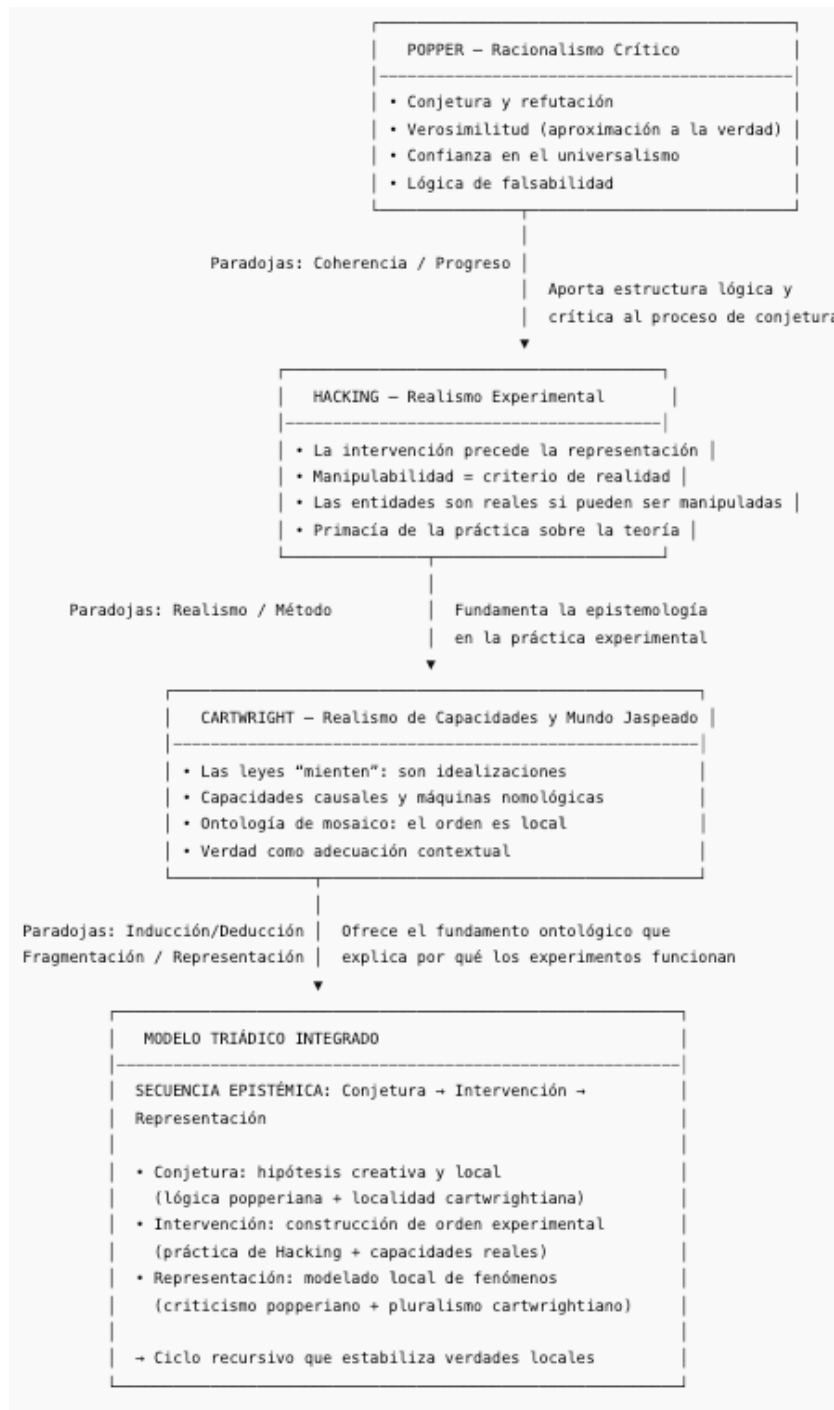


Diagrama 1.2¹³

¹³

Diagrama de flujo conceptual de la integración:

- Popper aporta la lógica racional crítica de la investigación científica.
- Hacking traslada esta lógica al ámbito de la práctica experimental.
- Cartwright fundamenta el éxito experimental en capacidades reales y adopta una ontología fragmentada de órdenes locales.

Partiendo de todo lo anterior, es posible indicar que los experimentos cuánticos son especialmente instructivos porque resaltan el papel de la intervención en la creación de fenómenos. Hacking y Cartwright enfatizan que muchos fenómenos cuánticos se crean en el laboratorio. El aparato de medición no solo revela una propiedad preexistente, sino que produce un fenómeno (por ejemplo, un evento de detección particular). La estabilidad del fenómeno se logra mediante la máquina nomológica.

Las capacidades de Cartwright son compatibles con la teoría cuántica si se reinterpretan con cuidado: las capacidades en los dominios cuánticos pueden ser propensiones estadísticas o capacidades para producir ciertas distribuciones bajo intervenciones repetidas. Por ejemplo, la capacidad de un electrón podría describirse mejor como una propensión a producir resultados de espín ascendente o descendente cuando se mide a lo largo de un eje, manifestado de forma reproducible en un aparato de Stern-Gerlach¹⁴.

La insistencia de Popper en el determinismo causal no encuentra cabida en este contexto. Sin embargo, el enfoque de Cartwright permite una postura realista sin determinismo: las capacidades pueden ser genuinamente probabilísticas y las máquinas locales pueden dar como resultado estadísticas estables. Por lo tanto, Cartwright ofrece un punto intermedio: realismo sobre capacidades que pueden ser probabilísticas en lugar de deterministas.

El marco de Cartwright rescata la utilidad práctica de la inducción y la deducción, pero en contextos localizados. La deducción sigue siendo la maquinaria inferencial en los modelos: dado el modelo y las condiciones iniciales, deducir consecuencias (simulación). La inducción (generalización empírica) es legítima cuando se limita al dominio de la máquina y cuando los resultados muestran robustez ante perturbaciones. Las afirmaciones generales de que la inducción es inválida (en el sentido estricto de Popper) siguen siendo lógicamente correctas; en

El modelo propuesto integra las tres perspectivas en un modelo triádico recursivo que reconcilia la universalidad (Popper), la práctica (Hacking) y la localidad (Cartwright) dentro del proceso vivo de Conjetura → Intervención → Representación.

¹⁴ En física cuántica, el experimento de Stern-Gerlach demuestra que la orientación espacial del momento angular está cuantizada. Por lo tanto, se revela que el sistema experimentado a escala atómica posee propiedades intrínsecamente cuánticas.

la práctica, los científicos se basan en el razonamiento inductivo únicamente localizado en máquinas nomológicas estables.

Bajo la perspectiva del método definido por el objeto, el diseño de experimentos se convierte en la habilidad epistémica central. Así, la habilidad del experimentalista consiste en:

- (i) Identificar capacidades objetivo,
- (ii) Construir máquinas que expongan dichas capacidades,
- (iii) Probar la robustez ante perturbaciones, y
- (iv) Articular representaciones vinculadas a la máquina.

La verosimilitud (cercanía a la verdad), en el sentido de Popper, requiere una reinterpretación en tanto que la confianza en una teoría es condicional: una representación tiene verosimilitud relativa a una clase de máquinas nomológicas.

Etapas	Popper	Hacking	Cartwright	Modelo Integrado
Conjetura	Hipótesis universales orientadas a la verdad	Hipótesis pragmáticas que guían la intervención	Hipótesis locales sobre las capacidades	Conjetura contextual: imaginación guiada por capacidades
Intervención	Prueba por falsificación	Manipulación como criterio de realidad	Construcción de máquinas nomológicas	Creación experimental de orden local
Representación	Leyes universales que expresan la realidad	Modelos de entidades e interacciones	Leyes fenomenológicas, validez local	Representaciones locales y plurales: mapas de un mundo fragmentado

Tabla 1.3¹⁵

El enfrentamiento entre Popper, Hacking y Cartwright, reinterpretado a través de la lente triádica propuesta, revela una transformación en la filosofía de la ciencia. El realismo resultante no es ni el universalismo de Popper ni un instrumentalismo ingenuo. Es un realismo centrado en la capacidad: la verdad no es correspondencia

¹⁵ Esta tabla es una síntesis conceptual que muestra cómo Popper, Hacking y Cartwright convergen y se complementan dentro del modelo epistémico triádico: Conjetura → Intervención → Representación. Cada columna muestra la contribución de un filósofo a cada etapa epistémica, y la última columna muestra qué sucede cuando estas funciones se integran en una metodología unificada.

global, sino fiabilidad local; el método no es falsación universal, sino intervención sensible a los objetos; el progreso no es aproximación a una única verdad, sino expansión de un conocimiento local coherente.

En este realismo, el objeto define la metodología. Cada fenómeno exige su propia experimentalidad, y la ciencia, lejos de ser un espejo de la naturaleza, se convierte en un proceso creativo y recursivo: un tejido de conjeturas, intervención y representación a lo largo de un mundo moteado y capacitado.

CONCLUSIONES

El núcleo epistémico de la ciencia es una coreografía iterativa y práctica: la conjetura proporciona dirección; la intervención construye posibilidad; la representación registra y comunica el resultado estabilizado. Para comprender cómo esta coreografía genera conocimiento, debemos examinar con mayor precisión el movimiento intermedio: la construcción de las condiciones experimentales (intervención), en qué consisten finalmente las representaciones (verdad fragmentada) y cómo los ciclos repetidos producen el mosaico que Cartwright denomina el mundo moteado. Solo al explicitar estas tres dimensiones podremos resolver plenamente las tensiones filosóficas que impulsaron este estudio.

La intervención se describe a menudo en términos simplificados — «manipulamos X y observamos Y»—, pero esto subestima la verdadera naturaleza del trabajo experimental. La intervención en el laboratorio diseña, ensambla y calibra configuraciones complejas para que ciertos poderes causales se manifiesten mientras que otros se suprimen. Nancy Cartwright denomina a estas configuraciones máquinas nomológicas. Las máquinas nomológicas son configuraciones predefinidas, repetibles y, a menudo, artificiales, de materiales, instrumentos, condiciones de contorno y procedimientos que, al funcionar correctamente, producen de forma fiable un efecto particular. Tres características de las máquinas nomológicas podemos obtener:

1. Diseño estructural. Una máquina es una arquitectura específica: materiales colocados, fuerzas aplicadas, detectores alineados, bucles de realimentación ajustados. Las mismas entradas nominales producen salidas diferentes en arquitecturas distintas. Consideremos la cámara de niebla: solo cuando se combinan una sobresaturación precisa, un campo eléctrico establecido y una fuente ionizante aparecen las trazas de partículas. La cámara no es un registro pasivo sino que es la que produce los fenómenos de trazas a partir de eventos ionizantes.
2. Blindaje y control. Las máquinas aíslan las capacidades del objetivo eliminando o estabilizando las interferencias. Los láseres, por ejemplo,

requieren geometrías de cavidad controladas, medios de ganancia e inversión de población. Sin un blindaje cuidadoso contra el ruido térmico o las perturbaciones de modo, se produce un colapso de coherencia. El éxito del efecto láser no depende únicamente de las «leyes de emisión», sino de la capacidad de la máquina para mantener las condiciones precisas que permiten que la emisión estimulada sea dominante.

3. Reproducibilidad mediante manipulación. Una máquina nomológica se construye de manera que operadores expertos puedan reproducir el mismo patrón de eventos. Los aparatos de Stern-Gerlach producen deflexiones discretas de haces atómicos porque la máquina alinea los gradientes magnéticos, la colimación del haz y las superficies de detección para estabilizar la manifestación de la capacidad de espín. La reproducibilidad se logra controlando los parámetros de la máquina y documentándolos como parte del protocolo experimental.

De estas características es posible derivar que las intervenciones no son simples pruebas de leyes preexistentes sino actos constructivos que actualizan las capacidades causales de las cosas bajo condiciones de ingeniería específicas. Esto explica por qué el éxito experimental puede justificar la creencia en entidades, incluso en ausencia de una derivación teórica inmediata, similar a una ley. Lo que el científico manipula no es un objeto desnudo, sino un objeto integrado en una máquina que activa sus capacidades. Esta es la intuición de Hacking convertida en ontológica: la manipulabilidad demuestra la presencia de capacidades, pero Cartwright nos explica por qué es posible: la máquina nomológica adecuada puede canalizar esas capacidades hacia efectos estables y observables. Así, la representación es verdad en un caso concreto, no en general.

Si las intervenciones crean las condiciones bajo las cuales aparecen las capacidades, ¿qué logra la representación? La representación entonces cumplirá tres funciones indispensables: registrará el fenómeno, modelará su comportamiento y comunicará las condiciones y los resultados para que otros profesionales puedan recrear o extender el fenómeno. Pero la representación, en el modelo integrado, no

es un espejo universal sino veraz solo en un caso concreto y presenta las siguientes cualidades:

- Localidad de validez. Las representaciones son descripciones precisas del comportamiento de las capacidades dentro del régimen operativo de una máquina nomológica dada. Por ejemplo, el modelo de estructura de bandas de los semiconductores representa el comportamiento de los electrones en redes cristalinas bajo ciertos regímenes de dopaje y temperatura; no representa (ni pretende representar) el comportamiento de los electrones en contextos arbitrarios de materia condensada.
- Idealización y ajuste artificial. Los modelos representacionales a menudo idealizan las capacidades que interfieren precisamente porque la máquina las suprime. Una ecuación similar a la ley de los gases se ajusta mejor a un experimento en una cámara de vacío cuidadosamente controlada que a una atmósfera planetaria turbulenta. Por lo tanto, la «veracidad» de la ley de los gases es condicional y depende del contexto.
- Andamiaje comunicativo. Las representaciones especifican (a) el patrón observado y (b) los parámetros de la máquina, y (c) las desviaciones esperadas. Permiten a otros equipos reproducir o adaptar la máquina. La publicación de un gráfico, un esquema y un protocolo constituye en sí misma un acto de representación que transmite cómo se logró la veracidad en el contexto específico.

De este modo, como destaca Cartwright, las leyes, en tanto afirmaciones universales generales, mienten cuando se toman como descripciones del mundo en general, pero pueden describir con veracidad lo que ocurre dentro de contextos diseñados. La representación, por lo tanto, pasa de la elevada ambición de la descripción universal a una afirmación pragmática: los modelos son veraces en el contexto específico que están diseñados para describir.

Este replanteamiento redefine el estatus filosófico de los modelos: una representación puede ser epistemológicamente poderosa y ontológicamente significativa sin aspirar a un estatus global e infalible. El criterio de adecuación se

convierte en: ¿Coordina el modelo de manera fiable las intervenciones y predicciones dentro del ámbito operativo previsto de la máquina? Si la respuesta es afirmativa, la representación se justifica como veraz en el contexto específico.

La combinación de los puntos anteriores da lugar a la idea sintética central: el ciclo Conjetura → Intervención → Representación es el mecanismo mediante el cual la práctica científica fabrica el mundo moteado, parche a parche:

1. Conjetura como hipótesis de capacidad. Los científicos formulan conjeturas sobre qué capacidades podrían activarse bajo qué condiciones. Estas no son leyes universales, sino propuestas: si construimos la máquina M con parámetros P, esperamos que la capacidad C exhiba el comportamiento B.
2. Intervención como construcción de la máquina. La conjetura impulsa la ingeniería de una máquina nomológica. La intervención busca diseñar un entorno donde la capacidad conjeturada sea la influencia causal dominante, y las causas interferentes se minimicen o controlen.
3. Representación como mapeo de parches. Cuando el experimento se estabiliza, los investigadores producen artefactos representacionales — gráficos de datos, modelos, diagramas— que mapean el patrón observado y documentan las condiciones de la máquina. Esta representación no es una ley de la naturaleza en general, sino un mapa del nuevo parche.
4. Recursión y formación de redes. Los parches exitosos pueden conectarse: las máquinas pueden modificarse, los parámetros variarse y los efectos superpuestos documentarse. Con el tiempo, la acumulación de dichos parches forma una red —no un único entramado— de órdenes locales interrelacionados. La transferencia de representaciones entre parches es posible cuando el análisis comparativo muestra que las mismas capacidades operan bajo condiciones compatibles (de ahí el problema práctico de la transportabilidad y la validez externa).

Este ciclo triádico no solo produce parches, sino que también explica su ontología: los parches son lo que son porque existen capacidades y las máquinas son capaces de generarlas. Por lo tanto, el mosaico no es ni puramente subjetivo ni puramente

arbitrario: es un conjunto estructurado de capacidades actualizadas bajo condiciones diseñadas.

Con estos mecanismos explícitos se muestra, con mayor profundidad filosófica, cómo el modelo integrado resuelve las principales paradojas que una lectura ingenua de Hacking por sí sola produciría.

El ciclo triádico produce fragmentos que se superponen, comparten instrumentos e importan herramientas de representación. Las normas críticas popperianas garantizan que las hipótesis sean comprobables; la intervención hackingiana proporciona procedimientos replicables; las capacidades cartwrightianas proporcionan continuidad ontológica. Así, la coherencia surge de la interoperabilidad operativa: máquinas compatibles, estándares de documentación compartidos y protocolos comparativos. Las disciplinas científicas son coherentes porque sus fragmentos pueden vincularse mediante capacidades, instrumentos y procedimientos transferibles compartidos: coherencia a través de la práctica en red. Por ejemplo, la física de semiconductores y la óptica cuántica comparten técnicas de manipulación de electrones. La transferencia entre dominios se produce porque las mismas capacidades electrónicas (carga, coherencia de espín, movilidad) pueden obtenerse en máquinas compatibles; por lo tanto, las percepciones representacionales pueden viajar entre los fragmentos.

Los fenómenos construidos son reales en la medida en que revelan capacidades que persisten a través de manipulaciones y contextos. La intervención reproducible demuestra que las capacidades no son artefactos de una configuración única, son poderes estables de los sistemas. El realismo se basa, por lo tanto, en la capacidad: la creencia en entidades se justifica si sus capacidades pueden instanciarse de manera fiable, no si están sujetas a una ley universal. Por ejemplo, los haces de electrones «creados» en experimentos con rayos catódicos muestran, sin embargo, patrones de deflexión consistentes en campos magnéticos en muchas máquinas diferentes, lo que evidencia una capacidad real.

El progreso consiste en la ampliación y estabilización del mosaico: producir más fragmentos, aumentar la robustez de las máquinas existentes, mejorar la transferibilidad de las representaciones y refinar los modelos para abarcar rangos

de parámetros más amplios. En lugar de converger en una única teoría, el progreso se mide por un mayor control, la integración explicativa entre los fragmentos y la productividad práctica (tecnología, predicción, manipulación). El desarrollo de la tecnología láser avanzada no produjo una gran ley unificadora; produjo una serie de mejoras en las máquinas y representaciones que ampliaron el control fiable sobre las interacciones luz-materia: un claro progreso científico y tecnológico.

Las normas metodológicas sobreviven, pero se vuelven condicionales y sensibles al contexto. El ciclo triádico es en sí mismo un metamétodo: toda buena práctica sigue a la conjetura, la intervención y la representación. Dentro de ese marco, las normas (p. ej., reproducibilidad, comprobaciones de robustez, documentación de los parámetros de la máquina, falsabilidad de hipótesis locales) rigen la práctica. Por lo tanto, el método es plural pero racional: se establecen estándares para cada parche, prestando atención a la transferibilidad y a las pruebas críticas. Por ejemplo, los ECA¹⁶ clínicos son máquinas nomológicas en medicina con protocolos estrictos que son estándares normativos de validez en parches médicos.

La inducción y la deducción son legítimas como reglas de inferencia locales. La deducción se aplica dentro de modelos vinculados a parámetros de la máquina; la inducción se justifica cuando las intervenciones repetidas muestran robustez ante perturbaciones. La crítica de Popper a la inducción ingenua sigue vigente: la inferencia es falible. Sin embargo, los científicos generalizan legítimamente dentro de límites respaldados por la estabilidad de la capacidad. Así, la inferencia es disciplinada, provisional y contextualmente delimitada. Inferimos que la aspirina reduce la fiebre en poblaciones similares a las muestras de ECA; la inducción se justifica por ensayos repetidos y la comprensión mecanicista de las capacidades farmacológicas, pero la extrapolación a poblaciones disímiles requiere pruebas adicionales específicas para cada máquina.

El mundo permanece ontológicamente continuo porque las capacidades son características recurrentes del mundo natural. Las máquinas revelan diferentes facetas de las mismas capacidades. El mosaico está estructurado por hilos causales

¹⁶ En medicina: ensayos controlados aleatorios.

recurrentes —interacciones electromagnéticas, afinidades químicas, restricciones mecánicas— que atraviesan los fragmentos. Por lo tanto, la fragmentación es epistémica (cómo accedemos al mundo y lo representamos) no ontológica (el mundo mismo mantiene la continuidad causal). El electromagnetismo da forma a fenómenos en óptica, electrónica y química; sus capacidades subyacen a muchos fragmentos y, por lo tanto, los conectan.

Y, finalmente, las representaciones son fiables cuando están vinculadas a la máquina que produjo los datos y cuando codifican las condiciones para su aplicación exitosa. La fiabilidad no es absoluta, sino contextual. Los científicos pueden mejorar la fiabilidad de los modelos codificando explícitamente las condiciones límite, los análisis de sensibilidad y los protocolos de intervención en las representaciones, lo que permite una transferencia responsable cuando existen similitudes apropiadas entre las máquinas. Así es como un modelo que predice el comportamiento de un transistor incluye la temperatura, los niveles de dopaje y la geometría; los límites del dominio documentados del modelo permiten su uso fiable en distintos laboratorios que pueden recrear dichas condiciones.

El modelo integrado — Conjetura → Intervención → Representación — insertado en la ontología moteada de Cartwright — da lugar a una nueva forma de realismo que es:

- Experimental (prioriza la intervención)
- Basado en la capacidad (fundamentación ontológica en poderes causales)
- Representacional localmente (verdad en parches) y
- Metodológicamente plural (sensible al objeto, pero regido por metanormas).

Este realismo respeta tanto el arte constructivo del trabajo de laboratorio como la naturaleza indómita del mundo: los científicos crean los contextos en los que se manifiestan las capacidades, pero una vez descubiertas, estas imponen restricciones y regularidades que escapan al control humano. La filosofía de la ciencia, entonces, no debe concebirse como un programa para descubrir una

verdad única y universal, sino como un programa para diseñar, dominar y mapear el mosaico de órdenes locales donde se manifiesta dicha verdad fragmentada.

El primer pilar de la nueva metodología exige abandonar los marcos evaluativos universalistas heredados de los positivistas lógicos, los racionalistas clásicos y los defensores de la ciencia unificada. Tradicionalmente, la producción científica se ha evaluado preguntándose si un experimento respalda una teoría universal, si un modelo representa con precisión el mundo en general y si las afirmaciones pueden abstraerse de contextos específicos a generalizaciones amplias. Sin embargo, Cartwright ha demostrado que las leyes que denominamos «fundamentales» a menudo no describen el mundo tal como existe; en cambio, describen circunstancias altamente idealizadas en las que una única capacidad puede manifestarse sin interferencias. De igual modo, Hacking demuestra que muchos fenómenos solo existen en condiciones de laboratorio diseñadas para estabilizar comportamientos específicos.

Por lo tanto, la evaluación científica debería reorientarse desde la validez universal hacia la robustez de las regularidades causales locales. Lo que importa no es si una representación es válida en toda la naturaleza, sino si el experimento activa de forma fiable la capacidad que pretende revelar, si la máquina es lo suficientemente estable como para producir efectos consistentes y si la representación refleja con precisión el comportamiento dentro de ese dominio específico.

En lugar de preguntarnos si un modelo es verdadero, nos preguntamos si es verdadero aquí, en esta máquina, bajo estas condiciones, para estas capacidades. Este cambio transforma la evaluación científica, pasando de la valoración de verdades absolutas al análisis minucioso de órdenes causales locales.

El modelo triádico de Conjetura → Intervención → Representación, una vez integrado con la ontología de Cartwright, se convierte en la base de una nueva metodología donde cada una de las siguientes etapas ofrece criterios distintos para evaluar las contribuciones científicas:

1. Evaluación de conjeturas: En un realismo centrado en las capacidades, las conjeturas ya no son enunciados universales sobre la estructura de la

naturaleza. Son propuestas sobre qué capacidades pueden manifestarse al crear condiciones específicas. Por lo tanto, evaluar una conjetura implica valorar su aplicabilidad: ¿indica claramente la conjetura las circunstancias en las que podría ponerse a prueba?, ¿especifica las capacidades implicadas e identifica posibles fuentes de interferencia? Las conjeturas adquieren valor no por su pretensión de universalidad, sino porque abren nuevas posibilidades para activar y observar poderes causales.

La noción de falsabilidad de Popper cobra aquí un nuevo significado. Una conjetura no es falsable en abstracto, es falsable dentro del instrumento diseñado para ponerla a prueba. ¿Puede el instrumento fallar al manifestar la capacidad predicha? Si la respuesta es afirmativa, entonces la conjetura tiene relevancia epistémica. La evaluación, por lo tanto, prioriza la precisión con la que las conjeturas definen las condiciones locales, más que su amplitud teórica.

2. Evaluación de intervenciones: la construcción de máquinas nomológicas para la intervención es el acto epistémico fundamental en el realismo experimental. Por consiguiente, la evaluación científica debe centrarse principalmente en la calidad de la construcción del instrumento. Un buen instrumento nomológico aísla capacidades, protege contra factores de interferencia y estabiliza los fenómenos para que los poderes causales puedan manifestarse de forma fiable. Esto requiere habilidad, creatividad y un profundo conocimiento empírico. Evaluar la producción científica se convierte, fundamentalmente, en evaluar el ingenio y la estabilidad de las máquinas que construyen los científicos.

La evaluación por pares debe determinar si la máquina realmente merece el título de «nomológica»: ¿activa consistentemente la capacidad que afirma revelar?, ¿resiste perturbaciones?, ¿puede reproducirse en otros laboratorios? Estas preguntas sustituyen el énfasis teórico de la evaluación clásica por un análisis práctico de la construcción material.

Igualmente importante es la evaluación del poder de intervención: ¿hasta qué punto puede el científico manipular el fenómeno una vez

construida la máquina? El criterio de manipulabilidad de Hacking ofrece una medida rigurosa: una entidad es real en la medida en que podemos usarla para producir efectos predecibles. Evaluar la producción científica implica, por lo tanto, medir el alcance, la precisión y la estabilidad de las manipulaciones logradas.

3. Evaluación de la representación: la representación es indispensable, pero se reconfigura. En lugar de pretender reflejar la naturaleza globalmente, la representación ofrece mapas del orden causal local, articulando cómo se comportan las capacidades dentro de las máquinas. Por lo tanto, la evaluación debe determinar si una representación describe con precisión el comportamiento de las capacidades en esa máquina, si indica claramente sus condiciones de validez y si evita la falsa universalización.

La métrica evaluativa proviene de la adecuación local: ¿guía esta representación las intervenciones de manera efectiva? ¿Predice el comportamiento dentro de la máquina?, ¿permite la construcción de nuevas capacidades con máquinas nuevas o con el perfeccionamiento de las existentes?

La portabilidad —no la universalidad— se convierte en el segundo criterio de evaluación. Una representación es sólida no si pretende ser una verdad global, sino si puede trasladarse de una máquina a otra manteniendo una adecuación aproximada. Este concepto sustituye la noción clásica de generalización teórica por un estándar pragmático y práctico de transferibilidad de modelos.

Un resultado científico adquiere legitimidad cuando completa con éxito el ciclo completo de Conjetura → Intervención → Representación. Esto significa que la investigación:

- a) Formula una conjetura basada en la activación plausible de capacidades,
- b) Construye una máquina capaz de manifestar dichas capacidades de forma fiable, y

- c) Produce una representación que describe el comportamiento específico de la máquina con claridad y precisión.

En la evaluación convencional, la investigación suele evaluarse de forma fragmentada: los teóricos proponen conjeturas; los experimentalistas las ponen a prueba; los modeladores representan los resultados. Pero en un realismo centrado en las capacidades, la madurez científica exige el ciclo completo. Una contribución que se limita a la conjetura, sin construir una máquina, es incompleta. Una máquina que produce resultados sin una articulación representacional adecuada es incomunicable. Una representación sin fundamento en la intervención se vuelve especulativa.

Así, la evaluación científica se vuelve cíclica: ¿completa la investigación el arco epistémico que revela, estabiliza y articula un orden local?, de no ser así, sería metodológicamente incompleta.

La metodología propuesta reorienta la evaluación científica en torno a los procesos que realmente producen conocimiento en la ciencia moderna poderando:

- La precisión de las conjeturas,
- El ingenio en la construcción de máquinas,
- La estabilidad de la activación de capacidades,
- La claridad y exactitud de las representaciones locales,
- La culminación del ciclo triádico completo, y
- El proceso local recursivo

Este replanteamiento no debilita los estándares, sino que los fortalece: exige condiciones de validez transparentes, reconoce la dependencia de la máquina y reconoce las complejidades de un mundo donde el orden es local, estratificado y, a menudo, construido.

Al centrarse en las capacidades en lugar de las leyes universales, en las máquinas en lugar de los modelos abstractos y en la verdad local en lugar de la representación global, la nueva metodología redefine el rigor científico de una manera que es a la vez ontológicamente fundamentada y empíricamente fiel.

Esta investigación comenzó con un problema interno a la filosofía de Ian Hacking: la aparente tensión entre representación e intervención dentro del realismo experimental. Si, como insiste Hacking, creemos en los electrones porque podemos usarlos, manipularlos y hacer que produzcan efectos, entonces la representación no puede ocupar el trono epistémico clásico que le asigna el realismo científico tradicional. Sin embargo, tampoco puede eliminarse. La práctica científica permanece saturada de modelos, diagramas, estructuras teóricas y articulaciones simbólicas. La pregunta central, entonces, no era si la representación importa, sino cómo importa una vez que se le ha otorgado primacía epistémica a la intervención.

A lo largo de este trabajo, la postura de Hacking demostró ser más radical y fecunda de lo que parece a primera vista. Su insistencia en que «el experimento tiene vida propia» no es un rechazo de la teoría, sino una reordenación de la autoridad epistémica. La intervención no es auxiliar del conocimiento; es constitutiva de él. Los fenómenos no se observan simplemente; se estabilizan. Las entidades no se postulan simplemente; se les obliga a actuar. En este sentido, Hacking desplaza el realismo tradicional centrado en las condiciones de verdad de las teorías y lo reemplaza por un realismo centrado en la manipulabilidad y la interacción causal.

Sin embargo, este cambio dejó un espacio conceptual abierto: ¿cuál es el estatus ontológico de lo estabilizado? ¿Qué fundamenta el éxito de la intervención? ¿Por qué las construcciones experimentales revelan algo real en lugar de algo meramente inventado?

Al integrar las nociones de Cartwright sobre capacidades causales y máquinas nomológicas, la investigación ha aportado la profundidad ontológica que Hacking deliberadamente dejó subdesarrollada. La intervención funciona porque las entidades poseen capacidades: poderes reales que pueden activarse en condiciones apropiadas. Los aparatos experimentales no son construcciones arbitrarias; son máquinas diseñadas para aislar y activar esas capacidades. Lo que Hacking describió como la creación y estabilización de fenómenos ahora puede entenderse como la manifestación controlada de capacidades dentro de entornos diseñados.

Esta aclaración ontológica no reemplaza a Hacking; lo fortalece. Al mismo tiempo, el desarrollo del modelo Conjetura → Intervención → Representación clarifica el ritmo epistémico implícito en su obra. El realismo de Hacking no elimina la representación; la sitúa como el momento final de un proceso que comienza con la anticipación conjetural y se fundamenta en la construcción experimental. La representación, en este marco reestructurado, se convierte en una "verdad en parche" —la articulación de regularidades locales dentro de máquinas estabilizadas— en lugar de un reflejo universal de la naturaleza. El mundo que emerge no es un cosmos teórico unificado gobernado por leyes sin excepciones, sino un paisaje moteado de dominios articulados experimentalmente.

Al regresar a Hacking, vemos que su realismo experimental nunca fue antiteórico; era antijerárquico-epistémico. Se negaba a priorizar la teoría sobre la práctica. Lo que esta investigación ha demostrado es que, una vez complementada con una ontología centrada en la capacidad y articulada a través del ciclo triádico, la postura de Hacking produce una explicación filosófica coherente y poderosa del conocimiento científico:

- El realismo no se asegura mediante leyes universales, sino mediante la activación reproducible de capacidades.
- La representación se justifica no por su alcance metafísico, sino por su adecuación operativa.
- El progreso científico no consiste en converger hacia una teoría definitiva, sino en expandir la red de máquinas que interactúan con la realidad con éxito.

Así, el círculo de investigación se cierra precisamente donde comenzó: con la insistencia de Ian Hacking en que experimentar es intervenir, y que la intervención es la mayor garantía de realismo disponible en la filosofía de la ciencia contemporánea.

- El círculo se cierra transformado.
- La representación no ha sido destronada; se ha reposicionado.
- La intervención no ha reemplazado a la ontología; la ha revelado.
- El realismo no se ha debilitado; se ha recalibrado.

La postura filosófica final que emerge de esta investigación es, por lo tanto, un realismo experimental basado en la capacidad, fiel a las ideas de Hacking centradas en el laboratorio, enriquecido por la ontología fragmentada de Cartwright y estructurado por el ciclo epistémico triádico que hace inteligible la producción científica.

En un mundo cada vez más mediado por instrumentos complejos, fenómenos contruidos y dominios tecnológicamente estabilizados, el realismo de Hacking resulta no solo defendible, sino indispensable. Su filosofía nos recuerda que la ciencia no se limita a describir lo existente, sino que aprende de lo existente al hacerlo actuar. Y en ese acto, lo real resiste, responde y se hace conocido.

La investigación termina donde comienza el realismo experimental: en el laboratorio, en la intervención y en las tenaces capacidades de un mundo que responde.

BIBLIOGRAFÍA

- Aristóteles. (2000). *Movimiento de los animales*. Ed. Gredos
- Aristóteles. (2000). *Marcha de los animales*. Ed. Gredos
- Aristóteles. (2000). *Partes de los animales*. Ed. Gredos
- Aristóteles. (2011). *Ética a Nicómaco*. Ed. Gredos.
- Aristóteles. (2000). *Acerca del Alma*. Ed. Gredos.
- Bueno, Otavio. (2010). *Models and scientific representations*. New York: Palgrave-Macmillan
- Butler, Judith. (1990). *El género en disputa*. Paidós.
- Carroll, Noël. (1999). *Philosophy of Art*. Psychology Press.
- Cartwright, Nancy. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Cambridge University Press.
- Cartwright, Nancy. (1989). *Capacidades de la Naturaleza y su Medición*. Cambridge University Press.
- Cartwright, Nancy. (1999). *The Dappled World: A study of the boundaries of science*. Cambridge University Press.
- Cartwright, Nancy. (2019). *Nature, the Artful Modeler: Lectures on Laws, Science, How Nature Arranges the World and How We Can Arrange It Better (The Paul Carus Lectures)*. Open Court.
- Chang, Hasok. (2016). *Pragmatic realism*. Revista de Humanidades de Valparaíso.
- Diéguez, Antonio. (1998). *Realismo científico, Una introducción al debate actual en la filosofía de la ciencia*. Málaga. Servicio de Publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Málaga.
- Diéguez, Antonio. (2020). *Filosofía de la ciencia. Ciencia, racionalidad y realidad*. UMA editorial.
- Diéguez, Antonio. (2013), *When do Models Provide Genuine Understanding, and why Does It Matter?*, History and Philosophy of the Life Sciences

- Frigg, Roman. Nguyen, James. (2017). *Of barrels and pipes*. Otávio Bueno, Gerorge Darby, Steven French and Dean Rickles (eds.): *Thinking about Science, Reflecting on Art*. Routledge.
- Frigg, Roman. (2010), *Models and Fictions*, Synthese.
- Gaeta, Rodolfo. (2013). *Sobre cómo mienten las leyes de la física*. Universidad de Buenos Aires.
- Giere, Ronald. (2004). *How Models Are Used to Represent Reality?*
- Giere, Ronald. (1999), *Science Without Laws*, Chicago: University of Chicago Press.
- Hacking, Ian. (1983). *Representing and Intervining*. Cambridge University Press.
- Hacking, Ian. (1975). *El surgimiento de la probabilidad*. Gedisa.
- Hacking, Ian. (1991). *Domesticación del azar*. Gedisa.
- Hacking, Ian. (2001). *An introduction to probability and inductive logic*. Cambridge University Press.
- Hacking, Ian. (2002). *Historical Ontology*, Harvard University Press.
- Hacking, Ian. (1972). *A Concise Introduction to Logic*. Random House.
- Hacking, Ian. (1975). *Why Does Language Matter to Philosophy?* Cambridge University Press, Cambridge.
- Hacking, Ian. (1975). *Logic of Statistical Inference*. Cambridge University Press.
- Hacking, Ian. (1999). *The Social Construction of What?*, Harvard University Press.
- Klein, Étienne. (2016). *La física cuántica*. Siglo XXI.
- Madrid, Carlos. (2020). *¿Es la ciencia una representación del mundo?* El basilisco, Universidad Complutense de Madrid
- martinez, María Laura. (2005). *El realismo científico de Ian Hacking: De los electrones a las enfermedades mentales transitorias*. Universidad Nacional de Quilmes.
- McEvoy, JP. (2003). *Introducing Quantum Theory: A Graphic Guide*. Icon Books.

- Navarro, Jesús. (2012). *¿Existe el mundo cuando no lo miras?* RBA Coleccionables.
- Norris, Christopher. (2003). *Quantum theory and realism*. Rutledge
- Pataut, Fabrice. (2022). *Postulated theoretical entities vs. technological real entities: remarks on Hacking and Giere*. <https://hal.science/hal-03826769v1>
- Platón. (2011). *República*. Ed. Gredos.
- Popper, Karl. (1980). *La lógica de la investigación científica*. Tecnos.
- Popper, Karl. (1985). *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Tecnos.
- Popper, Karl. (2007). *Conocimiento objetivo*. Tecnos.
- Popper, Karl. (1994). *Conjeturas y refutaciones*. Grupo Planeta (GBS).
- Popper, Karl. (1997). *El cuerpo y la mente*. Grupo Planeta (GBS).
- Popper, Karl. (2010). *Teoría cuántica y el cisma en Física*. Tecnos.
- Popper, Karl. (2014). *The Self and Its Brain: An Argument for Interactionism*. Routledge.
- Popper, Karl. (1987). *Is it true what she says About Tarski? Volume 62, Issue 240*. The Royal Institute of Philosophy.
- Qureshi, Tabish. (2004). *Understanding Popper's experiment*. *American Journal of Physics*
https://www.researchgate.net/publication/2192785_Understanding_Popper's_Experiment
- Scheiter, Krisanna. (2012). *Images, Appearances, and Phantasia in Aristotle*. <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/muse.union.edu/dist/9/93/files/2012/10/ImagesAppearances-and-Phantasia-in-Aristotle.pdf>
- Strevell, Evan. (2016). *Memory, Phantasia, and the Perception of Time*. <https://dsc.duq.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=etd>
- Vinolo, Stephan (2018). *Alain Badiou. El teatro y la política como subjetivaciones colectivas*, *Revista Filosofía*, Universidad de Antioquía, no. 58, pp. 99-118.
- Wandrey, Eric. (2013). *Mimesis according to Aristotle*. https://www.academia.edu/8259505/_Mimesis_According_to_Aristotle

Zouros, Georgios. *Popper's experiment and the interpretation of quantum mechanics*. <https://etheses.lse.ac.uk/2141/1/U613373.pdf>