



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
FILOSÓFICAS FACULTAD DE CIENCIAS**

**Constructivismo Natural: Hacia una propuesta pragmática de procesos en el
laboratorio de biología molecular. CRISPR/Cas 9 como estudio de caso**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA
CIENCIA PRESENTA**

Mtro. Arturo Arroyo Ramírez

Director de la Tesis:

Dr. Alfonso Arroyo Santos (FFyL-UNAM)

COMITÉ TUTOR:

Dr. Ricardo Vázquez Gutiérrez (FFyL-UNAM)

Dra. Edna María Suárez Díaz (FC-UNAM)

Dr. Godfrey Ernesto Guillaumin Juárez (UAM-I)

Dra. Fernanda Samaniego Bañuelos (FFyL-UNAM)

Ciudad Universitaria, CD.MX. mayo de 2024.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicada a Martha, Areli, Ariccia, Félix, Klaus y Omar. Mi familia...

Agradecimientos

Escribir una tesis de filosofía, es un ejercicio de meditación y de análisis, de discusión y diálogo con autoridades en la materia, ya sea que se ubiquen entre los contemporáneos o en la tradición. Entre las circunstancias vitales que implica la edición de una tesis doctoral, debo agradecer en primer lugar a la instancia de fomento y apoyo a la investigación principal de México, ya que CONAHCYT me permitió solventar mis estudios de grado, bajo el apoyo de una beca a tiempo completo, durante el periodo comprendido de marzo de 2018 a febrero de 2022.

Mi agradecimiento más sincero a mi asesor principal, el Dr. Alfonso Arroyo Santos, gracias a su crítica constructiva, a su diálogo propositivo y a sus objeciones valiosas, gracias por permitirme explorar y desarrollar ideas que fui trabajando en el decurso de los semestres en cada uno de los capítulos de la tesis.

Agradezco a todos los integrantes de mi comité de evaluación y asesoría del doctorado: Dr. Ricardo Vázquez Gutiérrez, Dra. Edna María Suárez Díaz y al Dr. Godfrey Ernesto Guillaumin Juárez. Quienes siempre me acompañaron en una revisión constante, propositiva y rigurosa. Agradezco también la Dra. Fernanda Samaniego Bañuelos, quien aceptó leer, comentar, y evaluar mi tesis.

Extiendo un sincero agradecimiento a la UNAM y al IIF en colaboración con la Facultad de Ciencias, por contar con un programa de posgrado riguroso, que permite a los estudiantes obtener una sólida formación en Filosofía de la Ciencia.

Índice

Introducción general	6
Primer capítulo: Descripción técnica del estudio de caso y primera aproximación a la tesis de “Constructivismo Natural”	
1.0 Introducción.....	17
1.1 Relevancia del estudio de caso	18
1.2 Antecedentes históricos del estudio de caso.....	21
1.3 Relevancia del pragmatismo para el estudio de caso.....	22
1.4 Explicación técnica o cómo funcionan los sistemas Cas.....	23
1.4.1 La implementación de un proceso de degradación vírica a una herramienta biotecnológica de edición genética	26
1.5 Constructivismo Natural.....	30
1.5.1 Elementos epistémicos y ontológicos del Constructivismo Natural	34
1.6 Consecuencias de mi propuesta.....	39
Segundo capítulo: Modelo interpretativo de mi propuesta	
2.0 Introducción	41
2.1 Pragmatismo en Charles Peirce.....	42
2.2 Realismo en Charles Peirce.....	48
2.3 El modelo de Sistema experimental de Hans J. Rheinberger.....	53
2.4 Una lectura de la máxima pragmática de Charles Peirce y el modelo de Hans J. Rheinberger...59	
2.5 Antecedentes de mi propuesta en filosofía de la Biología.....	60
2.6 Una lectura de CRISPR/Cas9 desde mi modelo interpretativo.....	64
Tercer capítulo: Estado del arte sobre la noción de “Procesos” en filosofía de la biología	
3.0 Introducción.....	67
3.1 Noción de proceso en Alfred N. Whitehead.....	68
3.2 Estado del arte de la discusión sobre la filosofía de procesos en Biología.....	72
3.3 Hacia una filosofía de procesos, basada en prácticas concretas de laboratorio	81
3.4 Conclusión	86

Cuarto capítulo: Análisis comparativo entre la noción de “Construcción social” de Knorr Cetina y la noción de “Construcción natural” instanciada en procesos del laboratorio de biomedicina

4.0 Introducción.....	89
4.1 Definición de Construcción Social (1981) de Karin Norr Cetina.....	90
4.2 Definición de Laboratorio (1999) de Karin Nnorr Cetina.....	99
4.3 Constructivismo Natural.....	103
4.4 Comparación sobre ambas nociones de “Construcción”.....	109
CONCLUSIONES	111
A) Hacia una filosofía de la ciencia enfocada en prácticas de laboratorio.....	112
B) Una noción de “realidad” pragmática.....	113
C) Una noción de “investigación” falibilista	114
D) Innovaciones de mi propuesta para repensar temas clásicos en filosofía de la ciencia.....	115
CRISPR/Cas9 revisitado	123
REFERENCIAS	125
PRIMER ANEXO: Comparación crítica entre una ontología de procesos y una ontología de estructuras	131
SEGUNDO ANEXO: Pragmatismo: la inteligibilidad trídica de inferencia en Charles S. Peirce	161

Introducción general

El problema del realismo en filosofía ha quedado registrado en la tradición desde la antigüedad, es uno de los temas por excelencia del cual se han ocupado los filósofos a lo largo de la historia. Investigar las propiedades de la realidad ha sido un ejercicio que ha estado presente en las escuelas filosóficas más importantes, de este modo, en la metafísica de los presocráticos, Platón y su teoría de las ideas, Aristóteles, su *Metafísica*, y el empirismo asociado a su filosofía, la Edad Media con el problema de los universales y el nominalismo, el surgimiento de la ciencia moderna en los albores del Renacimiento, Immanuel Kant, en la Modernidad, Friedrich Hegel, con el método dialéctico, y la lista continúa. En todos estos episodios de la filosofía, el tema de la realidad ha ocupado un lugar importante.

En la filosofía de la ciencia, la discusión sobre el programa del realismo contra el antirrealismo, ha tomado diferentes matices y el debate se ha extendido hasta la actualidad. Desde posiciones más radicales en la primera filosofía de la ciencia, con autores como Bertrand Russell (1906), quien mantuvo una discusión constante con John Dewey sobre la noción de verdad, pasando por las posiciones expresadas por el Círculo de Viena y el Positivismo Lógico, hasta el giro historicista de los programas de Thomas Kuhn y Paul Feyerabend. En este sentido destacan posiciones como la del “realismo interno” de raigambre kantiana y pragmática de Hilary Putnam, quien a su vez pusiera en la mesa el famoso “Argumento del no milagro” cuando decantaba una filosofía más realista (1975).

Un aspecto relevante de dicho debate sobre la realidad, es que se ha presentado la mayor parte de la discusión en el dominio de las *teorías científicas*. En este orden del argumento, se observa cómo el centrar la atención en aspectos netamente teóricos, no ha permitido zanjar la cuestión a favor de ninguno de los oponentes del debate. Es a partir de mediados de la década de los 80's que la discusión alcanza nuevas luces, al incorporarse la posición de la filosofía de la ciencia centrada en prácticas de laboratorio.

En esta línea de investigación, estudios pioneros como los trabajos de Bruno Latour y Steve Woolgar (1979), y Karin Knorr Cetina (1981), posicionan a los estudios sociales sobre ciencia y tecnología en un lugar importante dentro de la discusión sobre el realismo científico. Dichos estudios tienden principalmente al contextualismo y muestran una postura marcadamente relativista en los debates sobre la influencia de la sociedad en las diversas ramas de la investigación científica. De este modo, nociones tradicionales como: verdad, racionalidad y objetividad en ciencia, son analizadas y replanteadas desde un horizonte centrado en prácticas de laboratorio y la influencia de los constreñimientos sociales en ellas.

Es gracias a esta nueva filosofía de la ciencia enfocada en estudios sociales y justificada desde estudios de caso de laboratorio, que se comienza a replantear temas clásicos en la filosofía como el tema de la realidad. La corriente de estudios sociales continúa vigente, pero no es el lugar en el cual se posiciona mi tesis de doctorado, mi tesis es de corte pragmático a la manera de la máxima de Charles Peirce (1878):

“Considérese qué efectos, que pudieran concebiblemente tener repercusiones prácticas, concebimos que tiene el objeto de nuestra concepción. Entonces, nuestra concepción de esos efectos constituye la totalidad de nuestra concepción del objeto”.¹

El pragmatismo clásico norteamericano, movimiento que inaugura Peirce con dicha máxima, coloca en el centro de la reflexión filosófica a la noción de “acción” y las consecuencias de ésta en la realidad, de este modo, quiero hacer notar que en el pragmatismo de Peirce, existe un antecedente importante sobre la noción de “práctica”. Dicha noción había sido olvidada en la filosofía de la ciencia durante la segunda mitad del siglo XX.

Mi tesis retoma la máxima de Peirce y la actualiza, para desarrollar una ontología de procesos en un estudio de caso dentro de un laboratorio de avanzada, dentro del campo de la biomedicina y la bioquímica contemporáneas.

Desde mi interpretación, las consecuencias que señala Peirce en la máxima, no sólo son direccionadas por un sistema experimental, sino que son “creadas”. Sin duda, las comunidades de investigación en ciencia, toman procesos, funciones y entidades que están presentes en la naturaleza, pero, dentro del laboratorio, sucede algo extraordinario, ya que dichos *inputs naturales*, son manipulados, relacionados de maneras novedosas y aplicados a nuevos espacios del espectro bioquímico, por ejemplo, como evidencia la técnica de edición genética CRISPR/ Cas 9 en el estudio de caso seleccionado en mi propuesta.

De este modo, la intuición original de Peirce en la máxima, como la concepción de las consecuencias en la práctica que implica un concepto, es complementada y extendida con la propuesta de “construcción natural”, ya que el resultado de la investigación y aplicación eficiente de los sistemas experimentales, significa, ante todo, una ampliación del catálogo de procesos y nuevas relaciones

¹ Cfr. Peirce, 1878. (Reviu philosophique VII, [CP, 5.18]). “Consider what effects that might conceivably have practical bearing you conceive the object of your conception to have. Then your conception of those effects is the whole of your conception of the object”. Traducción de Darin Mc Nabb. (OFR: I, 180).

entre las entidades que conforman la ontología de la naturaleza. Ontología que de ningún modo se hubiera presentado *sin intervención de la comunidad de especialistas* y su labor experimental.

Cabe resaltar que no se puede crear cualquier cosa que deseemos en el catálogo de entidades y procesos que nos brinda la construcción natural, hay un límite, un *constreñimiento real* a la creación de naturaleza. En este sentido, la “realidad” aparece con dos características esenciales que la distinguen, la realidad vista como creación natural es una “actualización” de los potenciales de la naturaleza (procesos para modelar nuevas relaciones y entidades moleculares), para que, merced a la puesta en marcha de los sistemas experimentales, emerjan nuevas entidades y procesos en el laboratorio, los cuales, más tarde son implementados en aplicaciones en beneficio de la sociedad, por ejemplo, mediante la industria farmacéutica o agrícola.

Por otro lado, visto desde el lado del “constreñimiento” de posibilidad o imposibilidad de la realidad para la creación de naturaleza, la realidad permite ciertas actualizaciones del catálogo de procesos y entidades, al tiempo que inhibe otras.

Permítanme ejemplificar esta idea: los seres humanos hemos tenido el deseo de conquistar el medio aéreo mediante el vuelo. La imposibilidad, el constreñimiento que impone la realidad es manifiesto, en el sentido que los seres humanos no poseemos extremidades propicias para el vuelo. Sin embargo, mediante sofisticados programas de investigación en aviación, hemos conseguido desarrollar diversos modelos de aeroplanos, globos, aviones que nos han permitido conseguir dicha expectativa.

En este sentido, “hemos creado naturaleza”, las partes constituyentes de la ontología de la aviación siguen siendo naturales, es decir son elementos que están presentes en el medio. Sin embargo, es sólo gracias a la intervención de un sistema experimental con implicaciones tecnológicas que se ha hecho posible construir artefactos, vehículos, que posibilitan el vuelo.

En este orden de ideas, los seres humanos hemos construido naturaleza, porque hemos ampliado la ontología del mundo con la industria de la aviación. Un avión no es un objeto que aparezca naturalmente (sin la intervención humana) en la realidad, pero es una *posibilidad* de la realidad, y mediante elementos naturales de alta ingeniería se ha logrado construir un avión, sin embargo, no todos los aviones vuelan. Existen muchos modelos de aviación fallidos.

Un componente ligado a esta ontología constructiva de mi propuesta, es la posición epistémica del “falibilismo” en Peirce, (Cooke. 2007), en donde, el error en la investigación es visto como una virtud epistémica, ya que permite a los científicos, mejorar el sistema experimental. En este orden de ideas, el hecho de que existan resultados imprevistos en el decurso de un sistema experimental,

muestra que existen propiedades ontológicas de la realidad que no pueden ser sobrepasadas al capricho de los investigadores, sino que, por el contrario, es el sistema experimental el que debe adecuarse a las condiciones y posibilidades de la realidad.

Así, aparece un círculo virtuoso en la investigación y la experimentación: los científicos guiados por los objetivos de un sistema experimental, toman elementos de la naturaleza, los modifican e integran en nuevas relaciones, la realidad es el espacio en donde funcionan bien o mal dichos resultados de la investigación. En la realidad se posibilita o se inhiben las actualizaciones propuestas, y así, los científicos incorporan lo aprendido y ajustan el sistema experimental (falibilismo). El resultado es que en la ontología del mundo aparecen entidades y procesos, que siguen siendo naturales, pero han sido creados por la intervención de los seres humanos. Este proceso es lo que he dado en llamar “construcción natural”.

Ahora bien, la pregunta importante que surge de este planteamiento es: ¿cómo se amplía la *máxima pragmática*, con la noción de construcción natural?, en su versión original, la máxima señala una dirección de “consecuencia de nuestra concepción del concepto en la práctica”, de este modo la noción de “consecuencia” es implícita, el movimiento que realiza la construcción natural es “ampliar” y “explicitar” la noción de consecuencia de la máxima, al mostrar (como tendré ocasión de argumentar) que las consecuencias pueden ser dirigidas e incluso: *creadas*. Como se ejemplifica en el estudio de caso, al mostrar la creación de naturaleza en el laboratorio, misma que tiene un impacto fuerte en la sociedad. En vacunas, por ejemplo.

A) Presentación general de la Tesis:

La investigación aquí presentada, expone y desarrolla una posición de ontología pragmatista de acuerdo con Peirce, en una filosofía de la ciencia basada en prácticas, la propuesta tentativa de mi trabajo es denominada bajo la nomenclatura de “constructivismo natural”, esa es mi propuesta principal, aunado a esta propuesta, se relaciona una tesis instanciada en una noción de “procesos” en un estudio de caso de laboratorio de bioquímica contemporáneo como es CRISPR/ Cas 9.

El constructivismo natural es una manera novedosa de plantear problemas antiquísimos en filosofía de la ciencia, como es el intrincado tema de la *realidad*. En cuanto a la actividad científica, mi lectura es de carácter pragmático, la ciencia, bajo la lupa de la construcción natural, aparece como una actividad merced a la cual, la humanidad se ha adaptado de forma eficiente al medio, y además ha creado condiciones de hábitat muy sofisticadas. En este camino hemos aprovechado procesos y funciones propias del mundo natural, para satisfacer las demandas, deseos y expectativas que tenemos

como sociedad. Es decir, que el conocimiento científico no es una mera contemplación del orden nomológico de la naturaleza, sino una acción sobre la naturaleza, y como se mostrará, la ciencia es en una visión más radical, “una construcción de naturaleza”.

Entiendo por “construcción natural” a las formas direccionadas de investigación científica, en donde, gracias a las prácticas de las diversas ciencias, la humanidad ha conseguido encausar procesos y funciones de tipo: físico, químico y biológico, para “construir” el nicho urbano contemporáneo.

De este modo, mi tesis, posicionada en una noción de conocimiento entendida como *dirección, creación y manejo eficiente* de las consecuencias de una actividad y conceptos en la práctica; se encuentra ubicada entre dos extremos. Mi posición no es una especulación metafísica de carácter estructural, ni tampoco una negación epistémica que tiende al relativismo radical como es el caso de la “construcción social” y el así denominado “Programa fuerte” (1999), en los estudios de tipo sociales de la filosofía de la ciencia.

Mi propuesta es una integración pragmatista entre teoría y práctica, así como entre naturaleza y sociedad. Así, la categoría de “realidad” que se defenderá en esta tesis, surge de una interpretación de la máxima pragmática que postuló Peirce en 1878, así como una aplicación y extensión de dicha máxima a un estudio de caso de bioquímica contemporáneo, como es el ejemplo de la técnica de edición genética CRISPR/ Cas 9, técnica gracias a la cual, la dupla de investigadoras, Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier fueron galardonadas con el premio Nobel de Química (2020), por el amplio impacto positivo de esta herramienta en la actualidad, en luchas como la que hemos atravesado contra la situación pandémica reciente.

B) Realidad:

Dilucidar las propiedades de la “realidad” ha sido un problema clásico en filosofía, en la tradición pragmática, de la cual forma parte la presente tesis, el tema del realismo en filosofía de la ciencia se ha debatido en una discusión de carácter enfocado en una filosofía de la ciencia centrada en prácticas y una de las novedades de mi propuesta es que la discusión sobre realismo-antirrealismo en ciencia, se define dentro de un marco interpretativo de corte pragmático instanciado en una ontología de procesos, centrado en prácticas de laboratorio (laboratorio de bioquímica contemporáneo en el estudio de caso seleccionado).

La RAE ofrece tres acepciones para definir la noción de realidad:

1. f. Existencia real y efectiva de algo.

2. f. Verdad, lo que ocurre verdaderamente.

3. f. Lo que es efectivo o tiene valor práctico, en contraposición con lo fantástico e ilusorio.²

Como se observa, la primera acepción tiene que ver con “existencia”, la segunda con “verdad” y la tercera con “práctica”. En mi propuesta, se interrelacionan las tres acepciones de realidad de la definición estándar de la RAE, sin embargo, agrego una cláusula, de este modo, dentro de la construcción natural, *real es todo aquello que hacemos como especie en un camino adaptativo y de construcción de habitats sofisticados, sirviéndonos de los materiales, funciones y procesos de la naturaleza para satisfacer las necesidades, deseos, y demandas que tenemos como sociedad.* De este modo, mi noción de realidad tiene un fundamento pragmatista, entendido como dirección y manejo de procesos de la naturaleza para una adecuada transformación-construcción de nuestro mundo.

Complementando el criterio de realidad de la RAE, en la entrada de la Enciclopedia Stanford de filosofía, puede leerse la descripción sobre el estado del arte en el tema del realismo científico:

“Christián Carman worked extensively on the problem of realism in science. He offered a detailed elucidation of the term “scientific realism” (2005a), and he considered the theoretical-observational distinction in light of the problem of realism (2005b). Carman also critically analyzed Harré’s inductive argument for scientific realism (2005c). Moreover, he reformulated the no-miracle argument in order to apply it to simultaneous predictions (2010b), in particular in the context of Ptolemy’s planetary theory (Carman and Díez 2015).

Recently, some surveys of the arguments regarding the problem of realism have been produced. For instance, Bruno Borge (2015) reconsiders the no-miracle argument 40 years after its formulation, and Borge and Gentile (2019) compiled a volume on the subject with contributions from Latin American authors.”³

Es clara la situación actual en la discusión realista en filosofía de la ciencia, la cual está definida principalmente por el “argumento del no milagro” (Putnam 1975) por el lado del realismo y la meta-inducción pesimista por el lado de la posición antirrealista (Laudan 1981). Como se colige de la cita anterior, la discusión está basada en su mayor parte en una ontología de estructuras supeditada a la ciencia Física, y por lo tanto la discusión se ha vuelto irresoluble ya que está definida exclusivamente en una filosofía de la ciencia basada en teorías.

² Cfr. La entrada de la RAE, consultada el 1/12/22: <https://dle.rae.es/realidad?m=form>

³Cfr. La entrada de la Stanford, consultada el 1/12/22: <https://plato.stanford.edu/entries/phil-science-latin-america/#ScieReal>

El estado del arte de la discusión sobre el “Realismo científico”, ha seguido un planteamiento externalista, en donde la realidad en sentido fuerte, es entendida como la instancia última de fundamentación estructural: (Psillos. 1999), (French. 2014), (Chakravartty. 2017). Bruno Borge, ha mostrado cómo “El argumento del no milagro” (1981), sigue siendo la piedra angular sobre la cual se edifica la argumentación del realismo estructural, (Borge. 2015. 2016). Aunque Manuel Remesar, ha refutado esta idea, mostrando que dicho argumento, visto como una inferencia a la mejor explicación, tiene realmente una forma “neutra” y no es prueba suficiente para apoyar ni el realismo, ni el antirrealismo científico. (Remesar. 2022).

La tesis del realismo estructural, toma como base a las estructuras matemáticas de lo que dichos autores entienden como las mejores teorías científicas, las cuales se encuentran ubicadas en la Física teórica. Dicho tipo de realismo sustenta una posición de separación entre el mundo aparente o cotidiano (para usar la nomenclatura acuñada por W. Sellars en su obra *El Empirismo y la filosofía de lo mental* :1956) y el mundo de la ciencia real.

El realismo de estructuras, en su versión más radical, es la posición “óptica”, defendida principalmente por French (2014.) Borge (2015) y Rojas (2018). En la posición óptica la estructura *es todo lo que existe realmente*: (Rivadulla. 2019). Mi tesis, propondrá una versión alternativa de realidad, entendida en sentido de “construcción” de entidades. En dicha construcción, se aprovechan funciones de procesos naturales para construir entidades que cubran necesidades de los seres humanos. es decir, los científicos direccionan procesos para ampliar la ontología del mundo, dando como resultado agricultura o biomedicina. Por lo tanto, mi posición se distancia de la visión realista clásica para dar paso a una ontología de procesos en el orden de las prácticas científicas.

De esta manera, la noción de “práctica científica” será redefinida como aquella instancia dentro de los laboratorios en donde los investigadores, crean consecuencias basadas en el manejo de procesos naturales. La ciencia se muestra entonces como una actividad en donde interactúan los científicos como agentes creadores de naturaleza, en lugar de un saber meramente explicativo.

C) Realismo en biología (Filosofía de la ciencia centrada en prácticas):

En la tradición anglosajona de filosofía de la ciencia, la noción de “realidad” en las ciencias de la naturaleza se ha entendido como un reduccionismo fisicalista, definido en una propuesta de mecanismos y definiendo a las entidades del mundo como fundamento de la realidad, que en casos extremos como es la posición del realismo (óptico) la matemática asociada a la física teórica más

abstracta, se postula como la esencia de la realidad, es decir se defiende así un realismo platónico contemporáneo, véase Chakravartty (2017), French (2014) y Penrose (2020).

En la proposición 2.05 del *Tractatus* de Wittgenstein, se define lo real como: “La totalidad de los estados de cosas que se dan efectivamente en el mundo”, “El darse y no darse efectivos de estados de cosas es la realidad” (*Tractatus*, Proposición: 2.06). En este sentido, se define lo real como una constitución de cosas que se actualizan en el mundo, sin que medie una intervención directa por parte de los agentes de conocimiento en el proceso de actualización de la realidad.

En contra de esta visión dicotómica, en donde existe una separación entre sujeto y objeto, y la verdad se entiende en el sentido de una “correspondencia” del lenguaje con el estado de cosas del mundo. El conocimiento se presenta como una actitud proposicional, definido en una noción de *creencia verdadera justificada*, esta posición es de carácter meramente teórico, proposicional y descriptivo. Así, bajo la óptica del realismo tradicional, la realidad es reflejada por las mejores teorías científicas que se han formulado en el dominio de la ciencia física.

Dentro de mi propuesta de construcción natural, los seres humanos no somos sólo sujetos epistémicos que son espectadores de una naturaleza acabada, sino agentes que son *constructores de dicha naturaleza*, así el conocimiento no es meramente una actitud proposicional de una correspondencia entre el discurso y la naturaleza. En mi posición, conocer es “hacer”, hacer de forma eficiente, de ahí que Peirce proponga al método de la ciencia como canon inferencial de una buena investigación.

En este orden de ideas, la filosofía de la biología es un buen lugar para asentar una filosofía de la ciencia centrada en prácticas de laboratorio, de este modo, es posible proponer una noción de realidad pragmatista y una noción de verdad que se defina más como “consecuencias (creación) en la práctica de nuestra concepción de un concepto” que, como una mera actitud proposicional.

En la visión pragmatista que defiende, a diferencia de la filosofía de la postura analítica tradicional, es la comunidad de investigadores en ciencia, la que direcciona procesos de la naturaleza para crear y controlar efectos en la práctica. Con lo cual, de la mano con todos los críticos del Positivismo Lógico, se da un giro radical en la manera de entender a la realidad, el conocimiento y la ciencia.

La filosofía de la biología ha ganado su posición como rama de la filosofía de la ciencia independiente, gracias a tesis como la de las “propiedades emergentes” (2011), en donde se muestra porqué el todo en el organismo no es sólo la suma de las partes y, existen niveles químicos y biológicos que no pueden ser reducidos a una mera explicación fisicalista.

En este orden de ideas, al hacer filosofía de la biología desde una lectura pragmatista de prácticas de laboratorio, se enriquece notablemente la tradición en filosofía de la ciencia, ya que la mayor parte de estudios y propuestas en dicha tradición penden del análisis de la ciencia física desde un horizonte teórico. En este sentido, en mi propuesta es bienvenida la pluralidad de enfoques epistémicos en filosofía de la ciencia desde un estudio de las prácticas mismas. Y en este caso, se realiza una filosofía de la biología, no meramente fiscalista.

D) Capítulo 1:

El primer capítulo de la tesis es una descripción técnica del estudio de caso (CRISPR/Cas 9), y una primera aproximación a la tesis de “constructivismo natural”. De este modo, se muestra con claridad, las propiedades principales de la técnica de edición y corte genético propia del estudio de caso seleccionado. Se desarrolla una explicación de la manera en la que la enzima Cas 9 se encuentra presente en medios bacterianos y el importante paso que logró el laboratorio de la Dra. Doudna en Berkeley para “trasladar” la función de corte de dicha enzima a organismos pluricelulares.

En cuanto al constructivismo natural, el modelo interpretativo de mi tesis, es que el paso de dirección y manejo eficiente de procesos naturales (en este caso del dominio bioquímico) es fruto de una sofisticación técnica de gran impacto, alcanzada por el desarrollo adecuado de sistemas experimentales que llevan décadas en uso, como la propuesta de la doble hélice de Watson y Crick, y el proyecto Genoma del cual, la técnica CRISPR es deudora. La innovación del laboratorio de Doudna en coautoría con Charpentier, es la “construcción” de una herramienta que ha permitido a su equipo múltiples aplicaciones de gran impacto en la sociedad, como son la creación de la mayoría de pruebas de detección del virus Sars Cov 2 en los Estados Unidos, una gran gama de aplicaciones en ingeniería de vegetales transgénicos, y avances importantes en tratamientos contra la leucemia y algunos tipos de ceguera.

El propósito de este primer capítulo será la exposición técnica del estudio de caso y mostrar el sentido de construcción de hábitat que se ha conseguido con los efectos y aplicaciones en la sociedad de dicha técnica. Así, la enzima al estar presente de forma natural en medios bacterianos, se ha direccionado, y establecido para “crear” efectos y consecuencias en la práctica atendiendo a las demandas que enfrentamos como sociedad.

E) Capítulo 2:

En el segundo capítulo se desarrollará una lectura detenida del estudio de caso seleccionado, tomando como herramientas de análisis conceptual dos posiciones filosóficas enfocadas en la noción de “prácticas científicas”. En primer lugar, me ocuparé en analizar el estudio de caso desde mi interpretación de la máxima pragmática (1878) de Peirce.

Como se observa, según indica dicha máxima, la comprensión del concepto es posibilitada por el adecuado análisis de las “consecuencias que ese concepto tiene en la esfera práctica”, en mi lectura de la máxima, complementando el criterio de clarificación conceptual con el cual fue originalmente formulada (Aliseda. 2006), mostraré, cómo dichas consecuencias pueden ser direccionadas y manejadas de forma prospectiva con mayor o menor grado de eficacia, gracias a la implementación de complejos sistemas experimentales de investigación en ciencia, es aquí en donde me apoyaré en el modelo de Hans J. Rheinberger.

En el año 1992 y a lo largo de su carrera profesional, Rheinberger, elaboró un modelo explicativo de la actividad científica de los así denominados “sistemas experimentales”, en este sentido, incorporaré la noción de sistema experimental en mi análisis del estudio de caso seleccionado en mi tesis. Ya que el modelo de Rheinberger, explica con precisión el método y proceso que sucede “dentro” de los laboratorios en la creación de herramientas biotecnológicas.

En suma, el capítulo 2 ofrecerá al lector una explicación de cómo se traslada una función propia de medios bacterianos (enzima Cas 9) a una sofisticada herramienta biotecnológica de edición genética como es la técnica CRISPR/ Cas9. Para lograr dicho objetivo me serviré de la máxima pragmática de Peirce y de la noción de sistema experimental de Rheinberger.

F) Capítulo 3:

El tercer capítulo constituye la parte más propositiva y sintética de la tesis. la propuesta principal del capítulo es desarrollada en el análisis y exposición crítica del “estado del arte” de la discusión sobre la ontología de procesos en filosofía de la biología. En este capítulo se mostrará mi posición sobre la noción de “proceso generativo” y será aplicada al estudio de caso seleccionado, para desplegar una lectura de tipo pragmatista, posibilitada por el desarrollo del capítulo segundo, ahora con las herramientas conceptuales generadas en las páginas precedentes de mi tesis, se expondrá mi visión personal sobre la ontología de procesos, aquí dialogaré con la propuesta de múltiples autores para enriquecer mi posición a través de la exposición crítica de estudios de avanzada sobre la filosofía de

la biología contemporánea, me ubicaré principalmente en el centro de estudios de avanzada de la universidad de Exeter en Reino Unido (2018).

G) Capítulo 4:

El capítulo 4 expone en detalle las principales diferencias de mi propuesta de “construcción natural”, en contra de una posición de carácter sociológico relativista como es la filosofía de la “construcción social”, esta posición será representada en la presente tesis por una autora, me refiero a la obra de Karin Knorr Cetina.

Si bien ambas filosofías de la ciencia parten de una premisa en común, situada en análisis y síntesis de casos concretos de diversas prácticas en laboratorios científicos (principalmente de orden bioquímico), las conclusiones a las que llegan ambas tesis son muy diferentes, mi posición es abiertamente pragmatista e integrativa, mientras que la noción de “construcción” de Knorr Cetina es relativista y pluralista, en el sentido que tiende más al escepticismo. El examen de estas diferencias será expuesto en este capítulo final de mi tesis.

H) Conclusiones

En las conclusiones se realizará el sumario de los 4 principales ejes de argumentación de la tesis indicados en el capitulado expuesto. También se agregará un análisis prospectivo de las posibilidades del desarrollo de la tesis de “construcción natural” y mi pronóstico fundamentado sobre el ámbito de la “ontología de procesos”, en la escena internacional de la investigación en la filosofía de la ciencia en general y de la filosofía de la biología.

I) Anexos:

Como parte complementaria de la investigación, he integrado dos anexos a la tesis. El primero de ellos, es un análisis crítico comparativo sobre dos nociones de ontología en ciencia, y comparo mi propuesta sustentada en una noción de práctica científica de corte pragmatista, resultando de este modo una “ontología de procesos”, en contraposición a una filosofía de la ciencia centrada en teorías, como es el realismo estructural óntico y su resultado basado en una “ontología de estructuras”. De dicha comparación, se arguyen razones para sobreponer la ontología de procesos en un mejor estatus epistémico que su contraparte estructural.

El segundo anexo, es una extensión de uno de los temas expuestos en el segundo capítulo, en él, desarrollo de forma precisa el todo relacional de los diversos modos de inferencia lógica dentro de la propuesta de Charles Peirce y el realismo que propongo como lectura de esta propuesta. Este texto adoptó la forma de artículo académico y fue postulado a revisión por pares en el periodo en el

que me encontraba preparando la candidatura del Doctorado. El artículo se titula “Realismo Pragmático: la inteligibilidad triádica de inferencia en Charles Sanders Peirce” (Arroyo. 2021) Protrepis. El segundo anexo constituye la primera versión de dicho artículo. Con este anexo se evidencia una posible manera de extender mi interpretación del pragmatismo en Peirce asociado a la investigación en ciencia, fundamentado con una lectura de la máxima pragmática que deriva en un realismo de sentido común crítico.

Primer capítulo: Descripción técnica del estudio de caso y primera aproximación a la tesis de “Constructivismo Natural”

1.0 Introducción

El capítulo se encuentra dividido en 5 secciones⁴. En la primera se estudia la relevancia del estudio de caso; acto seguido se analizan los antecedentes históricos del estudio de caso. En un tercer momento, se estructura la importancia de la máxima pragmática de Charles Peirce para exponer y explicar a CRISPR Cas9. Y hacia el final del análisis se desarrolla el problema del realismo, así como los criterios de realidad de mi propuesta denominada “constructivismo natural”.

De este modo, el argumento general que se demostrará y desarrollará en el presente capítulo es la manera en la que, como sociedad, y en una especialización sofisticada de sistemas experimentales como son algunos laboratorios de avanzada, se han utilizado, entendido, extendido, y aplicado “procesos” (CRISPR-Cas9 en el estudio seleccionado) para crear un superávit y una adaptación eficiente al medio.

Se mostrará, de este modo, la manera en la que una función propia de la ciencia natural, es trasladada a la creación de una herramienta muy eficaz en biotecnología. En esta lectura se evidencia una noción de “realidad pragmatista” interpretada en clave de la máxima de Peirce de 1878. Lo real,

⁴ En el presente capítulo se ha incorporado la reflexión y análisis, resultado de tres entrevistas realizadas durante el periodo agosto-octubre del 2021, por el Dr. Arroyo y un servidor a científicas e investigadores de los laboratorios de fisiología y microbiología de la UNAM. Dichas entrevistas han permitido enriquecer mi propuesta, además dotan de un trasfondo en dialogo directo con científicos que están realizando labor experimental de primera mano. Las reflexiones obtenidas en dichos conversatorios se nutren de personas que laboran en su día a día con investigación experimental en diversos laboratorios; entre ellos se incluye como ejemplo principal el laboratorio de Fisiología de la UNAM, pionero en la implementación de la técnica CRISPR/Cas 9 en México.

a escala humana, es entendido en mi propuesta como la intersección pragmática entre naturaleza y sociedad.

En este orden de ideas, se argumentará en contra de los realismos en ciencia clásicos, cuya búsqueda de esencias y fundamentos han caracterizado a la tradición occidental. Mi tesis, al ser pragmatista⁵, abandona la pretensión de la búsqueda del fundamento; la pregunta no es ¿de dónde viene el ser? o ¿cuáles son las propiedades de la naturaleza de forma nomológica abstracta? la cuestión de la “realidad” es planteada en mi propuesta como: ¿qué es lo que hemos hecho en nuestra relación con la naturaleza? Y, sobre todo, la pregunta mejor planteada es entender la realidad como: ¿qué es lo que haremos con el conocimiento de los procesos de la ciencia de los cuales podemos servirnos con miras a un beneficio de las sociedades humanas?

En el polo del antirrealismo en ciencia, mi tesis también rechaza argumentos de posiciones como la que elabora Karin Norr Cetina en la década de los años 80’s y 90’s, denominada “Constructivismo social”. En ella se asume que la labor científica se ve influenciada sólo por los elementos económicos, institucionales y contextuales de la sociedad, negando de este modo el fuerte acento realista que señala Francisco Mojica en la declaración que se ha citado; dicho tono ontológico interpretado en clave pragmatista en el constructivismo natural, es el núcleo de argumentación de la presente tesis.

Es claro que la imagen clásica de la ciencia como una actividad desinteresada por el mero deseo de conocer no tiene cabida en mi propuesta. En esta tesis se mostrará cómo el desarrollo científico se ha visto caracterizado siempre por una realización prospectiva con vistas a la creación de tecnología, la manipulabilidad, el manejo eficiente, la intervención y dirección de procesos científicos. En el estudio de caso que he seleccionado, se trata de ingeniería genética, la cual posee notables consecuencias en las diversas prácticas de la sociedad.

1.1 Relevancia del estudio de caso

Las diversas prácticas científicas que se han desarrollado a través de la historia, desde el surgimiento de la Modernidad, se han visto caracterizadas por un potencial performativo gracias a la intervención

⁵ Véase: *Pragmatismo: un nuevo nombre para antiguas formas de pensar*. (1907) de William James. En esta serie de conferencias, James manifiesta con claridad que el programa pragmatista, no está interesado por preguntas ontológicas sobre el origen del ser, en su lugar, aclara el autor que el movimiento pragmatista es prospectivo, mira hacia el futuro, abandona la metafísica tradicional y en su lugar coloca como centro de análisis a la noción de “acción” y los efectos en la práctica a “futuro”. Aquí James realiza una apropiación de la máxima pragmática de Peirce (1878) y le da un sentido interpretativo personal.

tecnológica que incide de forma directa en el curso de la naturaleza.⁶ De este modo, con el tiempo ha mostrado ser válida la consigna que estableció Francis Bacon “El conocimiento es poder”. Se trata de una afirmación para dirigir a la investigación; en ella, la ciencia no es entendida sólo como una comprensión desinteresada del universo, sino como una actividad que permite ejercer control sobre la naturaleza. Así pues, interpreto la sentencia de Bacon, como un *encauzamiento de los procesos científicos en beneficio de la humanidad*.

El punto que deseo subrayar, es que el análisis filosófico de las prácticas científicas, puede mostrar una manera novedosa de entender a la ciencia misma. Mi tesis, exalta el papel activo y constructivo de las comunidades científicas. En este sentido, el conocimiento es poder para actuar, y poder para crear.

En la historia de la tradición analítica, en Filosofía de la Ciencia, después de que la visión clásica positivista surgida en el Círculo de Viena, se viera cuestionada gracias al giro historicista, en muchos de los fundamentos epistémicos que la definían.⁷ El periodo posterior al positivismo se centró, entre otras cosas, en la discusión sobre la noción de “modelo”.

De este modo, gran parte de la reflexión filosófica sobre la ciencia se ocupaba exclusivamente en el nivel de las teorías científicas. Estas posiciones privilegiaban el saber teórico bajo el supuesto de entender al conocimiento como una actitud proporcional que en última instancia se refleja en la creación de creencias verdaderas y justificadas: pero esto sólo se entendía exclusivamente en las teorías científicas y no se daba un papel esencial a las prácticas científicas.

A partir de la década de los 90's se incorpora la relevancia sobre las diversas prácticas científicas. Por ejemplo, en la biología se encuentra un contraste fuerte con la filosofía anterior, y es que la reflexión tradicional pone a la física como eje fundamental de análisis por ser considerada la ciencia canónica. En esta nueva concepción de la filosofía de la ciencia centrada en prácticas, surgen nuevas propuestas, ya que ahora, se realiza filosofía de la ciencia desde estudios concretos de casos

⁶Con esta idea se muestra que la ciencia es la manera más eficiente hasta el momento que hemos desarrollado como especie, en dos sentidos, primero; gracias a la sofisticación tecnológica hemos logrado una adaptación eficiente al medio. Y segundo, los productos y servicios derivados de la investigación científica nos han permitido inclusive crear un hábitat sofisticado y un superávit de servicios, en este sentido con la ciencia y la tecnología derivada de ella, el ser humano se ha posicionado como una especie que direcciona, maneja y aplica procesos propios de la investigación científica en beneficio de las sociedades.

⁷ La filosofía de la ciencia de corte historicista, en donde propuestas novedosas y de gran impacto filosófico como son las tesis de Kuhn (1962), Feyerabend (1962), Toulmin (1958), Y Lakatos (1970), representan una nueva forma de entender el desarrollo de la filosofía de la ciencia y es una nueva manera de entender a la ciencia misma. Estas ideas cuestionaron nociones básicas de la filosofía analítica tradicional como son: el problema de la realidad, el problema de la verdad en ciencia y el problema de la racionalidad científica.

de laboratorio de biología, en este sentido son pioneros los estudios de Bruno Latour y Woolgar (1979), Andrew Pickering (1984), Knorr Cetina (1981) y Hans Jörg Rheinberger (1987).

En el estado concreto de la presente investigación, el estudio de caso es la técnica de edición genética **CRISPR/ Cas9**, técnica galardonada con el premio Nobel en 2020, ya que posee importantes aplicaciones médicas y transgénicas. CRISPR es la sigla inglesa para “Clustered Regularly Interspaced Short Palindromics Repeats” (que en español significa: Repeticiones Agrupadas Palindrómicas Cortas, Regularmente Inter- Espaciadas); esto es: fragmentos de ADN repetitivos que las bacterias usan para defenderse de los virus que las han invadido en ataques anteriores.

La técnica de edición genética CRISPR/Cas9, perfeccionada y editada por Jennifer Anne Doudna y Emmanuelle Carpentier, se basa en el complejo sistema inmunológico de las bacterias y con el que enfrentan amenazas producidas por los virus. Se trata de una inmunidad adquirida, o adaptativa, que archiva y reconoce las secuencias de ADN de los patógenos de ataques anteriores, e integra, además, fragmentos de ADN vírico para posteriormente identificarlo y cortarlo en caso de un nuevo intento de infección.

De esta manera, la Construcción natural es: *una traducción, adaptación, un manejo eficiente de un proceso científico, con el fin de incorporar las funciones de dicho proceso en otros dominios ontológicos* (como es el paso de bacterias a mamíferos y vegetales que se logró en el laboratorio). Esta adaptación del proceso tiene como consecuencia un manejo eficiente de las entidades implicadas, con lo cual se amplía el catálogo de entidades que pueden ser manipuladas mediante el proceso en cuestión. De este modo, con la integración naturaleza-tecnología, el ser humano ha creado herramientas muy sofisticadas. Este es el primer sentido de construcción natural que me interesa destacar.

Esta tesis, al mostrar una entrada natural de procesos que inspira la adecuación del desarrollo de un sistema experimental en el laboratorio, ejemplificado en el estudio de caso, es más cercana al realismo en el sentido de “entrada natural”. Aunque como se mostrará, existen matices que separan mi posición de un realismo externalista. Dicho realismo, puede rastrearse en ideas como la que presenta Francisco Mojica, uno de los principales innovadores de la técnica, el autor señala:

“Es realmente sorprendente y muy excitante la facilidad y eficiencia que nos ofrece el sistema CRISPR-Cas. Pero es importante no olvidar el origen de esta técnica: fueron los *microorganismos y la naturaleza los que, una vez más, pusieron a nuestra disposición una solución innovadora*”.⁸

⁸ Mojica FJ, Montoliu L. “On the Origin of CRISPR-Cas Technology: From Prokaryotes to Mammals” Trends Microbiol. 2016, jul 8. *Cursivas añadidas*.

Esta importante declaración de Mojica es interpretada en la tesis en clave pragmatista, de tal manera, labor científica no es, como se entiende tradicionalmente, descubrir objetos de la naturaleza *per se*, sino- construir la realidad humana en base a los potenciales de la naturaleza aplicados a las necesidades, - y deseos del ser humano. Es decir, se construye ciencia en aras de su aplicación a las diversas prácticas de la esfera social.⁹

1.2 Antecedentes históricos del estudio de caso

Es importante ubicar el lugar y los personajes que comenzaron a tener control sobre la vida (para decirlo con palabras de Philip Pauly, 1987) en la manipulación de los laboratorios. En este sentido, la inmigración europea de científicos a Norteamérica a principios del siglo XX es un parteaguas dentro de la tradición de la ciencia experimental biomédica.

En el año de 1910 el científico prusiano emigrado a Estados Unidos Jacques Loeb, en el laboratorio de biología marina en Woods Hole, creó una serie de experimentos innovadores, en los cuales desarrolló una secuencia de técnicas para dar forma al proceso biológico conocido como partenogénesis artificial.

Dicha técnica consiste en crear las condiciones químicas en un medio artificial de laboratorio para fecundar células germinales (en el laboratorio de Loeb, se utilizaron erizos de mar). Es decir, propiciar el desarrollo de gametos, en los cuales, durante el periodo de gestación el óvulo no fue fecundado por esperma, sino que el desarrollo embrionario se posibilita gracias a la manipulación física y química del medio; de ahí la artificialidad del proceso.

La relevancia del trabajo que implementó Loeb para mi estudio de caso, es que su actividad se comprende como un antecedente evidente de la manipulación y experimentación de la naturaleza para crear biotecnología, que sea relevante dentro de un sistema experimental y que tenga como resultado cierto *control sobre la vida*.

Como señala Philip Pauly, en su estudio sobre el proceso de la partenogénesis, si bien Loeb se distancia del marco pragmatista que puso en el centro de la investigación a la teoría de la evolución de Darwin y Lamarck, el mismo Jacques Loeb se asumió como un científico pragmatista así en cuanto

⁹ En este sentido, la Construcción Natural expresa una noción de conocimiento científico como un manejo eficiente de procesos en el desarrollo de aplicaciones con efectos tangibles en las diversas prácticas de la sociedad relacionadas con la investigación científica. La noción de conocimiento de mi propuesta es pragmatista, en el entendido que privilegia una lectura en clave de “acción”, así, me alejo de una noción de conocimiento como una mera “contemplación” o una actitud proposicional por parte del sujeto cognoscente, bajo mi posición pragmatista, el conocimiento se entiende mejor desde la categoría de “agentes epistémicos” inscritos en comunidades de investigación y prácticas derivadas de dichas comunidades.

a la manipulación y control sobre la vida se refiere: “He tried to resolve the problem by pointing to the importance of experimental work, arguing (as he recalled many years later) that this “was not the era of Darwin but the era of Pasteur”. (P. Pauly. 1987. p 74).

Al resaltar la importancia del sistema experimental de Pasteur sobre su contraparte Darwiniana que posee un mayor grado de abstracción, Loeb sitúa como mayor actividad del biólogo experimental el control sobre la vida. El mismo Loeb defendió una marcada posición realista frente a la especulación filosófica que no encuentra aplicabilidad en una actividad de ingeniería genética, aquí conviene referir al propio Loeb citado por Pauly: “Experimental science would enable people to base arguments on reality and not on dreaming”. (P. Pauly. 1987. p 75).

La actitud positivista de Loeb es un buen ejemplo de cómo la actividad científica nos puede ubicar en un sentido de “realidad”, entendido como un control experimental sobre condiciones específicas de estudios de caso (en este caso, el tema es el control sobre la vida). Es importante notar que esta actitud es propia de los científicos, y que no se había considerado con profundidad en la tradición filosófica hasta finales del siglo XX. La relevancia del trabajo de Loeb es que nos muestra la eficacia que puede alcanzar la labor experimental al ser aplicada a la manipulación, extensión, y “creación” de aplicaciones basadas en procesos científicos.

1.3 Relevancia del pragmatismo para el estudio de caso

Es importante mostrar la relación entre la práctica científica interpretada en clave pragmatista, por un lado, y la noción de realidad que le es propia, por otro. De acuerdo con la máxima pragmática en su formulación original, como la presentó Peirce en el año de 1878, la comprensión del significado de un concepto debe ser medida a partir de sus *consecuencias* posibles en la esfera práctica. En este sentido, las series experimentales ejemplificadas por la partenogénesis de Loeb y la técnica de edición genética CRISPR/ Cas 9 de Doudna y Charpentier, son un espacio de desarrollo en el laboratorio de la aplicabilidad de procesos que son posibles en la naturaleza.

De este modo, los sistemas experimentales se implementan con fines específicos de “consecuencias” (como vacunas o agricultura transgénica) en el ámbito social. Dicho en otras palabras, observar tanto el estudio de caso de mi tesis, como su antecedente (partenogénesis artificial) que se ha analizado en secciones previas, muestran una primacía de la “acción dirigida” con una intencionalidad en el laboratorio. En este sentido, las consecuencias de la labor experimental se reflejan en la creación de naturaleza.

Al aplicar la máxima de Peirce al estudio de caso, tenemos que los resultados experimentales deben considerarse según las posibles consecuencias que deriven de esta técnica en

los efectos tangibles que puedan desarrollarse con ella. De este modo se observa una primacía de la acción dirigida en la serie experimental, sobre la concepción teórica que le acompaña.

Como se ha hecho notar, analizar el estudio de caso a la luz de la máxima, resulta más importante poner en el centro de la reflexión filosófica a las prácticas mismas; este es a su vez un antecedente del giro en los años 80's y 90's del siglo XX de la filosofía de la biología hacia las prácticas científicas, en donde destacan los trabajos de autores como: Bechtel (1982,2011), Latour (1983), Knorr Cetina (1983, 1999), Pickering (1990,1993) y Rheinberger (1992 a, 1992 b) entre otros.

En un segundo momento, una vez que es implementada la práctica a través del desarrollo de la técnica como una serie experimental, debemos preguntar: *¿qué tipo de noción de realidad se deriva del análisis del estudio de caso, visto como una práctica a la luz de la máxima pragmática?*

La respuesta a esta importante cuestión, y que constituye el núcleo de la presente investigación, será desarrollada con precisión en secciones posteriores, por ahora baste con decir que la noción de “acción dirigida”, al ser un eje importante de la máxima pragmática de Peirce, muestra que la intencionalidad de la acción obedece a un propósito; es decir que en un sistema experimental se busca alcanzar ciertos resultados en beneficio de su aplicabilidad en la esfera social, que es donde se encuentra situada la comunidad científica.

Dicho de forma sucinta: la realidad humana es construida por la implementación de procesos naturales a fines específicos de la comunidad científica y la sociedad en donde ésta se desarrolla, de dichas acciones se derivan “consecuencias” como son los resultados de la investigación en ciencia.

De este modo se muestra que al controlar con inteligibilidad prospectiva procesos naturales como CRISPR/Cas9, se crean las condiciones para que se presenten consecuencias positivas en beneficio de la sociedad, como son, por ejemplo, la creación de vacunas y antibióticos. Esto en principio es deseable, aunque también es cierto que a la fecha no existe una institución o comité internacional que regule de forma satisfactoria y con ética profesional la dirección de los sistemas Cas.

1.4 Explicación técnica del estudio de caso o cómo funcionan los sistemas Cas

La técnica de corte y edición molecular CRISPR/Cas9, ganadora del premio Nobel de Química en 2020, es un excelente ejemplo de la eficacia que puede alcanzar la actividad de laboratorio en la **creación** y aplicación de herramientas basadas en procesos biológicos. La promesa de extensión de CRISPR/Cas9 en ámbitos de aplicabilidad en contextos sociales cada vez más amplios, es una muestra de la necesidad de crear filosofía de la ciencia capaz de explicar y describir las características

epistemológicas, contextuales e históricas que conlleva el desarrollo de dicha biotecnología. Una de las cuestiones más importantes en este sentido es el tipo de realismo implicado en CRISPR/Cas9. Antes de entrar en esta materia, es necesario realizar la explicación técnica sobre el proceso con el cual funciona el sistema de edición genética Cas9.

Existen principalmente dos técnicas anteriores a CRISPR/Cas 9, me refiero a los *finger zinc* y los *TALENs* (TAL effector nucleases). Los *finger* y los *TALENs* se utilizaron principalmente durante finales del siglo XX a inicios del siglo XXI para realizar ciertas “modificaciones genéticas”, primero en modelos del reino vegetal y animal, para posteriormente ser utilizadas en clínica en humanos. Sin embargo, la relación costo-beneficio de estas herramientas de edición no fue muy redituable, sobre todo por los largos periodos de tiempo implicados en el desarrollo de dichas tecnologías. Ambas técnicas funcionan con la creación y el reconocimiento de proteínas para dirigir la edición genética: “More recently, the site-directed zinc finger nucleases (ZFNs) and TAL effector nucleases (TALENs) using the principles of DNAprotein recognition were developed”. (Doudna and Charpentier, 2014. p 1077.)”.

Sin embargo, ambas técnicas, en comparación con los sistemas Cas, resultan ser muy laboriosas, lo cual significa que son muy costosas, y en relación con CRISPR son menos precisas; es decir que tienen muchos *off targets* en sus resultados, lo que se refiere a que realizan cortes y edición fuera del sitio específico deseado en la implementación del sistema. Otro inconveniente de dichas técnicas es el tiempo implicado en su implementación, el cual es hasta 10 veces mayor que el de los sistemas Cas.

En cuanto a las funciones y aplicaciones de la técnica, tenemos que los sistemas Cas están presentes de “forma natural” en bacterias para crear inmunidad al enfrentarse a virus invasores o fagos. En este sentido la principal función de estos sistemas es la edición genética (corte molecular). Aunque, posteriormente, es posible realizar el proceso conocido como *knockout* reversible, se utilizan sistemas Cas para activar o silenciar ciertos genes.¹⁰ En cuanto a sus posibles aplicaciones, se usan en terapia genética, modelos murinos, agricultura, entomología y en reproducción humana.

¹⁰ La función propia de los sistemas Cas 9 en medios bacterianos, es el “corte” y “degradación” de ADN vírico, para instaurar el sistema inmune de la bacteria en contra de una nueva infección viral. La gran innovación del equipo de la Dra. Doudna con asesoría de la Dra. Charpentier, consistió en implementar dicho “reconocimiento”, “corte” y “degradación” a células en mamíferos, con lo cual, mediante una ARN guía programable es posible en principio, adaptar y direccionar sistemas Cas9 en prácticamente cualquier secuencia del genoma de un mamífero o vegetal, para activar o silenciar genes, con esta importante innovación se observa que existe una amplitud en las aplicaciones de los sistemas Cas9 y que el espectro biológico, admite traducciones de procesos (en este caso el corte de los sistemas Cas9) entre diversos reinos biológicos. Un aspecto de importancia en este sentido, es que la comunidad de especialistas, mediante la

En lo siguiente, se expone a detalle el proceso mediante el cual funciona el sistema de mi estudio de caso. Para realizar esta labor, se utilizarán 4 artículos publicados entre el año 2014- 2017, aquí se sigue el trabajo original de las pioneras en la implementación de la técnica, me refiero a Jenifer Doudna y Emanuelle Charpentier. En algunos artículos se muestran las conclusiones que alcanzó Doudna en colaboración con Fuguo Jiang.

CRISPR es un proceso bacteriano de “reconocimiento” un tipo de adaptación que utiliza una memoria genética, la cual protege a la bacteria tras un primer ataque viral de ataques futuros. La bacteria reconoce al virus y de este modo implanta dentro de sí misma, ADN vírico entre secuencias repetidas propias de la bacteria, para posteriormente “degradar” al virus en un intento de nueva infección. Para utilizar una metáfora, el sistema Cas9 es una especie de registro de la bacteria contra el ataque anterior del virus.

En específico con la enzima endonucleasa Cas9 se realiza la operación del sistema de degradación vírica. El proceso consta de tres fases: reconocimiento, incorporación e interferencia. En el mismo artículo de 2014, puede leerse: “Now, the RNA guided enzyme Cas9, which originates from the CRISPR-Cas adaptive bacterial immune system, is transforming biology by providing a genome engineering tool based on the principles of Watson-Crick base pairing” (Doudna and Charpentier.2014. p 1078).

Como técnica en el laboratorio, Cas9 pasa de ser un proceso natural bacteriano de degradación vírica a una tecnología biológica de edición genética. Se mantiene la función propia de la enzima Cas9 para editar genes, esto es: bloquear, agregar o corregir mediante una guía programable de ARN el código genético en células eucariotas Véase: “The use of CRISPR–Cas9 as an RNA-programmable DNA targeting and editing platform is simplified by a synthetic single-guide RNA (sgRNA) mimicking the natural dual trans-activating CRISPR RNA (tracrRNA)–CRISPR RNA (crRNA) structure.” (Doudna and Jiang, 2017. P 505).

En resumen, esta técnica ha mostrado tener un gran potencial, además, resulta ser una promesa para aplicaciones futuras en los campos de la agricultura trans y la medicina en experimentación con mamíferos, para su posterior aplicación a clínica en humanos. Como señala Jenifer Doudna y Emanuelle Charpentier: “The CRISPR associated protein Cas9 is an endonuclease that uses a guide sequence within an RNA duplex, tracrRNA: crRNA, to form base pairs with DNA

implementación de sofisticados sistemas experimentales, ha creado herramientas muy precisas y eficientes, con lo cual se ha ganado un manejo y dominio de complejos procesos biológicos. Una de las consecuencias más notables de esta “construcción natural” es que los científicos han “ampliado” el catálogo de entidades que en principio pueden relacionar los procesos de las enzimas implicadas en los sistemas Cas9.

target sequences, enabling Cas9 to introduce a site-specific double-strand break in the DNA” (Doudna and Carpentier, 2014. P 1077). El poder de direccionar mediante una guía de ARN específica el sitio preciso de interferencia, posibilita la aplicación de Cas 9 a una gran variedad de organismos.

Se observa de este modo, enfocando nuestra atención hacia el problema del realismo implicado en este tipo de biotecnología, que en contra de pretensiones racionalistas de tipo absoluto que presuponen un mundo acabado con un comportamiento nomológico legaliforme. Técnicas como la que he elegido para realizar el estudio de caso, indican que la realidad admite transformaciones y actualizaciones de estados posibles en el decurso del proceso de un sistema experimental.

Es importante aclarar que no toda actualización es admisible a voluntad de los experimentadores, según reclama la tesis constructivista social de Knorr Cetina. En cambio, desde la óptica de mi propuesta denominada constructivismo natural; no todo el proceso experimental es una agencia humana, sino que se trabaja con motivos naturales, como lo ejemplifica CRISPR/Cas9; es decir, una técnica inspirada en procesos biológicos que se presentan en la naturaleza dentro del ámbito de los organismos bacterianos.

Hasta aquí se ha expuesto brevemente la historia de las biotecnologías que se desarrollan en los sistemas experimentales hasta el desarrollo y análisis del estudio de caso, entendido como un mecanismo presente de forma natural en ciertos medios bacterianos. Es momento de introducir el estudio detallado del realismo que implica adoptar procesos naturales para crear ingeniería genética, problema central de la presente investigación.

1.4.1 La implementación de un proceso de degradación vírica a una herramienta biotecnológica de edición genética

La función de “reconocimiento”, “implementación” e “interferencia” de los sistemas Cas 9 que se ha expuesto- muestra que dicho proceso de degradación vírica- se encuentra presente en medios bacterianos; también muestra la lucha adaptativa en su relación con los virus que afectan a dichas entidades. El proceso de los sistemas Cas 9 fue detectado por Francisco Mojica, hacia finales de los años 80’s, es decir, se realizó una “detección” de un proceso, y como paso posterior, el equipo de Mojica escudriñó y explicó las funciones implicadas en dicho proceso. En un principio resultó extraño para los científicos observar que algunas cepas de bacterias resistentes a ataques anteriores de virus, habían “integrado” secuencias de ADN homólogas a las de los virus invasores. Este fue el primer paso de la implementación del hallazgo de los sistemas Cas9.

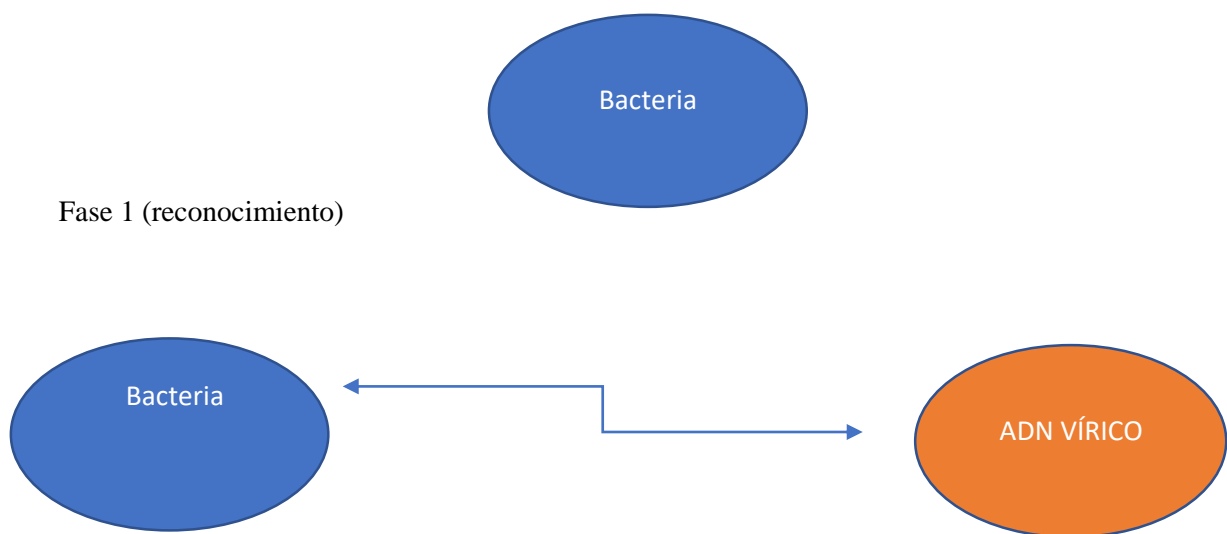
Por más de una década, el hallazgo del equipo de Francisco Mojica, permaneció sin mayor atención por parte de la comunidad de especialistas en inmunología y bioquímica. Pero la

colaboración de la Dra. Doudna con la Dra. Emmanuelle Charpentier, frecuente durante los últimos años hasta obtener el Nobel en el año 2020, permitió crear aplicaciones de los sistemas Cas9 y trasladar la función de un medio bacteriano a “una aplicabilidad en células de mamíferos”. Esta historia será narrada en el año 2016 por el mismo Mojica y Montoliu, en un artículo titulado “On the Origin of CRISPR-Cas Technology: From Prokaryotes to Mammals” (*Trends Microbiol.* 2016).

El hecho notable en “La implementación de un proceso de degradación vírica a una herramienta biotecnológica de edición genética”, consistió en traducir el proceso de “reconocimiento”, e “interferencia” de los sistemas Cas9 a células en mamíferos. A continuación, se ejemplifica esta transición mediante el siguiente esquema:

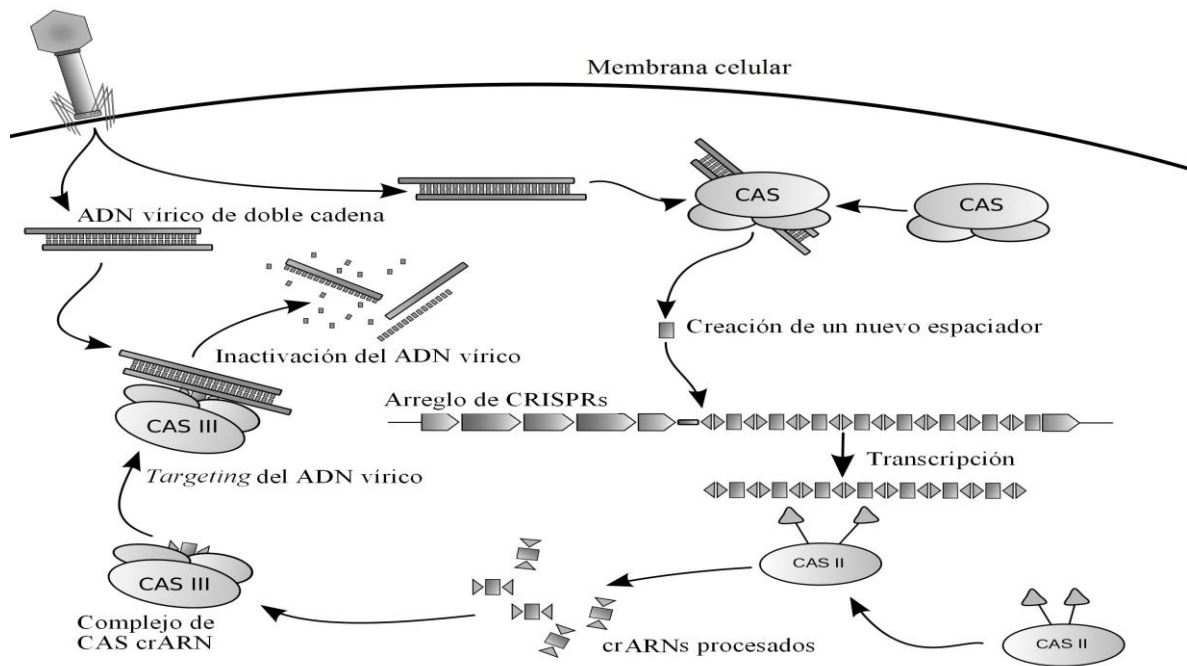
A) Funcionamiento de los sistemas Cas9 en células procariotas

Sistemas Cas en medios bacterianos:



Fase 2 (Implementación-inmunidad adquirida): La bacteria integra ADN vírico en su propio ADN

Fase 3 (Degradación): La bacteria que ha mutado, ahora “reconoce” mediante la enzima Cas 9 el ADN vírico infeccioso, lo corta y “degrada”.

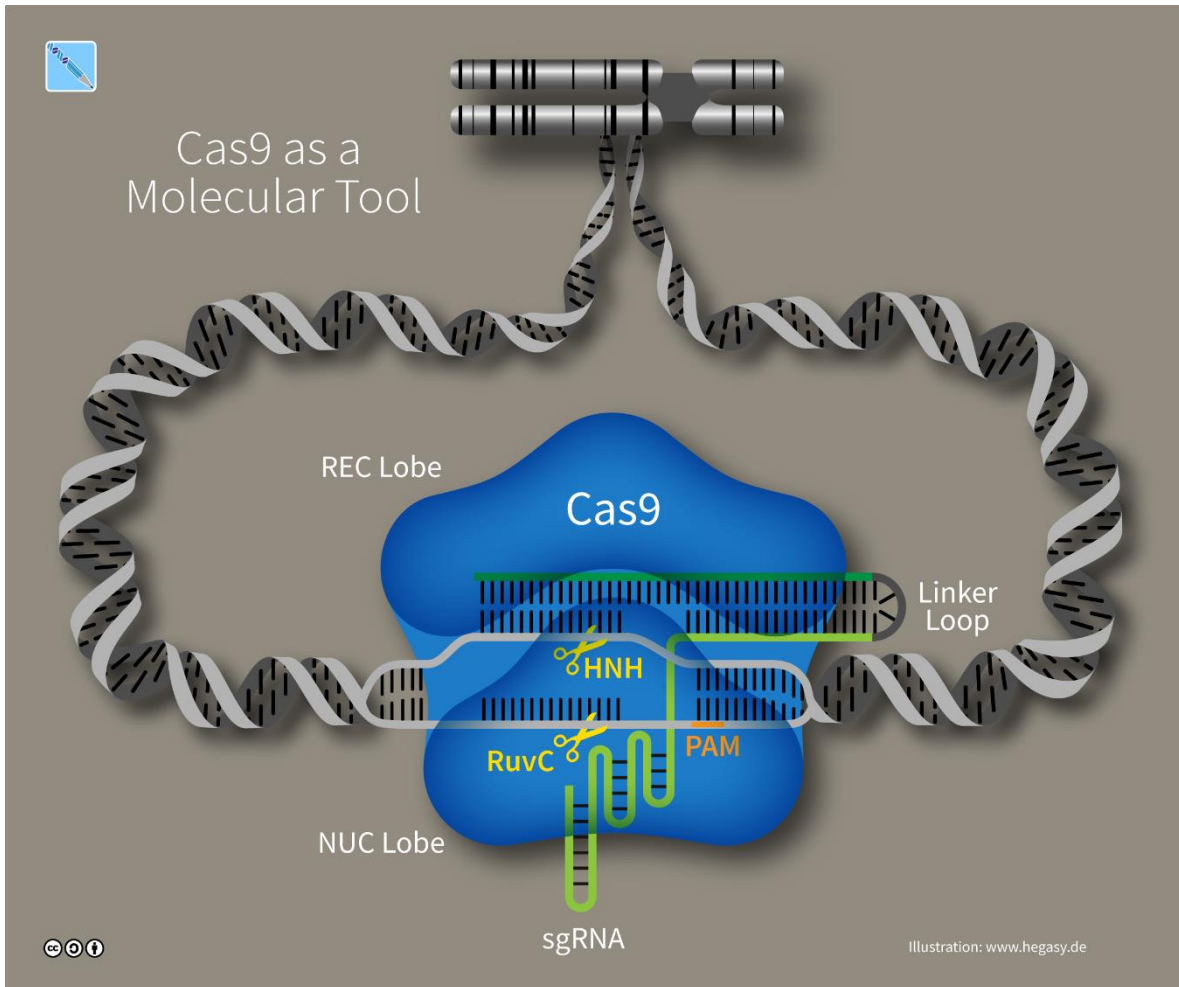


11

Como muestra el esquema presentado, la enzima Cas9 permite realizar el “reconocimiento” y “corte” en el ADN vírico, una vez que la bacteria ha incorporado secuencias del virus invasor, se crea una inmunidad. Así es como funcionan los sistemas Cas9 en medios bacterianos.

1) Integración de la enzima Cas9 con un ARN guía Programable.

¹¹ Imagen tomada del artículo de “CRISPR” en Wikipedia en español, De Roddelgado - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38394467> fecha consulta. 22/06/2023.



12

- 2) En la detección, la dupla de Cas 9, guiada por el ARN, identifica dentro de la molécula la enzima en donde realizará el corte específico.

De este modo, mediante el complejo de identificación y rastreo, la enzima Cas 9 es conducida por el ARN guía al sitio específico del corte, y es cuando se realiza la implementación, activación o silenciamiento de la función específica contenida en el complejo original, esto ocurre dentro de la molécula huésped y, se observa cómo un proceso natural bacteriano, es

¹² Imagen tomada del artículo de Wikipedia en inglés "CRISPR" Véase: www.hegasy.de , https://en.wikipedia.org/wiki/CRISPR#/media/File:PDB_1zpw_EBI.jpg. Fecha de consulta: 24/06/2023.

implementado artificialmente en otro espectro biológico, es decir se traduce y se “crean” nuevas funciones de la enzima Cas9 en células eucariotas.

1.5 Constructivismo Natural

El primer paso en la exposición del argumento del constructivismo natural es reconocer como premisa fundamental la **entrada del proceso natural** al sistema experimental; dicha entrada es entendida en mi propuesta como un “proceso relacional de entidades”. Esto quiere decir que, en el ámbito bacteriano de origen, la enzima Cas9 cumple una función como “replicación y rastreo” de información genética. Ahora bien, en el ámbito de mamíferos y vegetales en donde se utiliza dicha enzima, al tratarse de otro reino biológico, por ende, son otras las entidades implicadas en el proceso de Cas 9, pero su función original de rastreo, detección y corte se mantiene indemne.

Como se mostrará a continuación, asumir un criterio relacional de entidades es más fructífero, epistémicamente hablando, que la sola aceptación ontológica de entidad que postulan autores como Ian Hacking (1996, p. 39 y ss.).

Siguiendo la tesis de Ian Hacking, presentada en su obra canónica *Representing and Intervening* (1983), el autor establece como criterio de realidad de las entidades que éstas puedan ser “manipuladas” por la instrumentación tecnológica propia del medio de experimentación en el laboratorio. En mi tesis, seguiré esa intuición original de Ian Hacking, no obstante, la extenderé en una interpretación radical de sus consecuencias.

En lo siguiente se exponen de forma sucinta los tres principales temas de la obra mencionada en relación con el problema de la realidad, tal como los presenta Hacking, a saber: 1) la noción de experimento, 2) el tema de la creación de efectos en ciencia y 3) el análisis de las técnicas de observación, tales como el uso de diferentes tipos de microscopio. Este movimiento, permitirá elucidar los criterios de realidad de mi tesis.

a) *Realidad y experimento*

Hacking es realista acerca de ciertas entidades porque los científicos en los laboratorios pueden manipularlas. La posición realista de nuestro autor no se dirime en teorías sino en sistemas complejos de ingeniería de adecuación experimental. Además, sostiene que a lo largo de la historia de la ciencia las entidades teóricas que no han logrado ser manipuladas resultan ser errores enormes como el caso del éter.

Ian Hacking también es falibilista respecto a un conocimiento total de la realidad, ya que sostiene que siempre habrá efectos y entidades que permanecerán ocultos a la ciencia. Visto así, el

conocimiento científico no tiene un límite preciso, es decir, para este autor no es posible que la ciencia tenga en algún momento de su desarrollo el mapa completo de la ontología de la realidad.

Comentario:

Como bien indica el título de la obra de Ian Hacking, el problema sobre el realismo científico no se puede solucionar en el terreno de la representación; es importante la confianza que el autor pone en los procesos de intervención en la realidad. En suma, como él mismo acepta, su postura es mucho más cercana al pragmatismo que a un realismo metafísico. Me adscribo a la posición de Hacking, ya que, en efecto sabemos que estamos manipulando con éxito la naturaleza cuando nuestra labor tiene consecuencias contrastables en la realidad, y de este modo las especulaciones del realismo científico, a nivel teórico se ven superadas por la adecuación fáctica.

También se observa aquí un problema, a saber, si podemos manipular la realidad experimentalmente sin una teoría de fondo que justifique nuestros experimentos. Considero que el desarrollo teórico debe intervenir al igual que el experimento en la transformación de la realidad. En este sentido, las “entidades teóricas” permiten a la comunidad científica direccionar la investigación y la manipulación, aunque es cierto que algunas de dichas entidades en la posteridad han resultado ser intuiciones equivocadas.

El criterio de realidad de mi propuesta, a diferencia del de Hacking que es más modesto a nivel epistémico. En mi propuesta el criterio de realidad coincide con el que señaló Peirce en la máxima pragmática, es decir, si las entidades teóricas, tienen “consecuencias” en la práctica, es una entidad justificada epistémicamente ya que permite el desarrollo de la investigación en determinado contexto, y mi punto es que debemos interesarnos más por las consecuencias en la práctica, que por las propiedades abstractas de las entidades teóricas.

Bajo mi criterio de realidad, el saber científico no es sólo un conjunto de teorías explicativas, eso es importante, pero además la ciencia es un conjunto de saberes prácticos, en donde, la puesta en marcha de la investigación de los laboratorios tiene como consecuencia crear nuevos productos naturales. El saber no es sólo enunciativo, si no pragmático y creativo.

b) Efectos

De acuerdo con las reflexiones de Hacking, los efectos (por ejemplo, el efecto fotoeléctrico) no son constantes en la naturaleza, sino que, por el contrario, se los produce con gran esfuerzo y requieren de sofisticados aparatos y la creación de la más potente tecnología para ser detectados.

Además, según nuestro autor, muy pocas veces hay familias felices en donde la teoría precede al experimento y se detecta el efecto buscado. Hacking sostiene que el experimentador utiliza razonamientos distintos del teórico y muchas veces los efectos se logran sin recurrir a una teoría que los justifique. Debemos preguntar entonces ¿qué acceso a la realidad representan los efectos si no son constantes de la naturaleza y sin embargo existen?

Los “efectos” creados en los laboratorios, demuestran que la realidad no es completamente determinista ya que la realidad admite ciertas actualizaciones como son dichos efectos. Un punto notable de la propuesta de Hacking es que la comunidad científica no es sólo una espectadora del orden de la naturaleza, sino que dicha comunidad se comporta como un grupo con prácticas específicas que generan efectos en el laboratorio. Así los científicos son creadores de efectos.

Otra manera de responder esta situación de la creación de efectos, es con la idea de “objeto epistémico” de Gastón Bachelard, de acuerdo con el historicista francés, el modelo teórico no toca a la realidad. En su lugar la ciencia “construye” objetos epistémicos (efectos) que interactúan entre la comunidad científica y la realidad. Nuestro conocimiento es conocimiento de dichos objetos.¹³

Para Bachelard, la comunidad científica no conoce la realidad intrínseca de la naturaleza, lo que conocen los científicos es el conocimiento generado en determinadas prácticas científicas que tienen como resultado lo que el autor denomina el objeto epistémico.

Comentario:

Al asumir la tesis de objeto epistémico como un vínculo entre el mundo real y la comunidad científica, debemos adoptar una tesis de conocimiento moderado con respecto a la realidad, porque si bien los objetos epistémicos permiten poner nuevas entidades en el mundo como es el caso de los efectos en ciencia, estos efectos no son los únicos “posibles” que podemos detectar.

Sin duda la riqueza de la ontología de la realidad siempre será más grande que el limitado cuerpo de experimentos y efectos científicos. En este sentido, la historia de la ciencia muestra que también es posible poner “objetos” que no existen en el mundo, pero son “útiles” por periodos de tiempo determinados, por ejemplo, el *flojisto* y el *éter* que se han señalado.

Aunque en la posteridad el conocimiento científico se actualiza y corrige sesgos anteriores, esta capacidad de actualización del saber científico es la que tanto preocupó a Peirce y que define como la idea del falibilismo en ciencia

¹³ Cfr. Gastón Bachelard. *El nuevo espíritu científico*. 1934. Y *La formación del espíritu científico* 1938.

Microscopios

En Hacking, el uso de microscopios es un punto a favor de la existencia de las entidades, y mediante el uso de diferentes tipos de microscopios se pueden detectar las mismas “estructuras” en los cuerpos sólidos estudiados. La idea más relevante en este sentido es que con el microscopio se necesita obtener técnica en su manejo para usarlo de manera adecuada; aprendemos a ver “haciendo”. Con lo anterior el autor vincula, saber con actividad; y no se trata sólo de teorizar.

Para Hacking, la ciencia no sólo trata de imágenes obtenidas sino también de la teoría que explica esas imágenes; por ejemplo, la bioquímica puede enseñarnos mucho acerca de la célula. El uso de microscopios tiene un punto a su favor. Hacking emplea la siguiente metáfora: podemos tomar como ejemplo el piloto de un avión que ve a través de un radar, el radar **maximiza sus sentidos** y proporciona una visión que no es capaz de obtener en circunstancias normales. *Ergo*, lo mismo pasa con los microscopios.

Comentario:

La imagen que obtenemos del uso de microscopios no es un argumento decisivo para aceptar la existencia de las entidades que observamos a través de ella, pero sí es un elemento a favor de la existencia de dichas entidades, la cual debe de ser completada con el conocimiento teórico. Aquí parece que hay problemas en la argumentación de Hacking. Nuestro autor defiende, en primer lugar, que es opcional ser realista acerca de entidades sin ser realista acerca de teorías, para acto seguido, sostener una tesis inconsistente, a saber: que se necesita teoría, por ejemplo, de una buena comprensión de la bioquímica para entender el funcionamiento de la célula. Entonces la teoría sí ocupa un papel importante.

Mi punto es que, Hacking no advierte con precisión el tema de lo que representa la comunicación en una tradición de investigación. Dicho de forma sucinta, mi idea es que las diversas prácticas científicas se complementan con explicaciones y postulados teóricos; dichos postulados pueden tener como mínimo un valor heurístico, pero es innegable que la teoría y la práctica se co-producen y se relacionan en el trascurso de un sistema experimental.

En el “constructivismo natural”, complementando el criterio de existencia que establece el autor mencionado, sostengo que más allá de asumir la existencia de una entidad de forma aislada que debe ser comprendida como un mecanismo causal. Nuestra comprensión de lo que ocurre en las series experimentales en el laboratorio, mejora al entenderlas como **procesos relacionales**. En este sentido, un proceso relacional: es una organización de entidades de la cual emergen propiedades que son posibilitadas por la disposición relacional del proceso mismo.

El hecho de que surjan propiedades, es instanciado en mi tesis con el estudio de caso, en donde la actividad de rastreo y corte de la enzima Cas9, es trasladado en el laboratorio a otras regiones del reino biológico, como son vegetales y mamíferos. Es en este sentido que se crean nuevos productos en el laboratorio, esto es posibilitado por la manipulación eficiente del proceso relacional.

En el caso concreto de mi ejemplo, CRISPR/Cas9, se trata de un proceso relacional en la naturaleza al organizar en un todo orgánico la relación entre fagos y bacterias. De este modo, emerge la función de corte del sistema Cas9, pero es, reiteramos una propiedad emergente del proceso relacional. Hasta aquí la discusión con Hacking.

1.5.1 Elementos epistémicos y ontológicos del Constructivismo Natural

El proceso natural CRISPR, como se ha mencionado, funciona en células procariotas. Ahora bien, para el caso de la traducción e implementación del sistema Cas9 al laboratorio como biotecnología, las entidades son distintas. En el caso de mamíferos y transgénicos las entidades que relaciona el proceso son moléculas, enzimas, y ARN guía programable. El hecho de que el sistema Cas9 amplíe sus funciones a no sólo cortar ADN, sino a eliminar o agregar mediante el ARN guía la edición deseada con un *off target* aceptable. Éste es el gran logro del sistema experimental.

Los sistemas Cas, como procesos relacionales de entidades, funcionan expresando diversas funciones en diferentes esferas de la escala biológica, ya que su función inicial en células procariotas puede ser implementada en eucariotas. Es decir, pasa de ser una entrada natural que funciona en bacterias y virus, para salir como una función en el laboratorio construida en aplicabilidad a mamíferos y vegetales trans. Bajo esta óptica, una predicción arriesgada es que los sistemas Cas deben de funcionar, y en principio, sería posible obtener funciones de Cas9 en el reino Fungí.

De este modo, la entrada natural es detectada pragmáticamente, es una detección pragmatista de procesos. Esto quiere decir que se identifica un motivo natural con vistas de su posible **aplicabilidad** en la creación de biotecnología, además, durante el proceso se relacionan nuevas entidades para el uso de la sociedad en ámbitos importantes como el sector salud y agrícola, como evidencia la traducción de células procariotas a eucariotas.

La detección pragmática de procesos, quiere decir que los científicos identifican procesos del medio natural bajo un plan de acción el cual se llevará a cabo en el laboratorio. Dentro del mismo se realizarán una serie de arreglos experimentales para modificar la entrada procesual natural con fines específicos de investigación y dirección de consecuencias en la práctica. Dando como resultado la aplicación del proceso natural a nuevos medios del espectro biológico.

La ciencia, mediante la implementación de un sistema experimental logra traducir y “crear” una aplicabilidad de dicho proceso adaptativo a otras esferas biológicas, como el paso de procariotas a células eucariotas. *Se sostiene, así, que el constructivismo natural consiste principalmente en traducir procesos naturales, entendidos como procesos relacionales de entidades con vistas a la creación de biotecnología con una posible aplicabilidad en la sociedad.*

Dicho lo anterior, ¿en qué sentido se sostiene la tesis de un constructivismo natural? Sobre lo que se pretende llamar la atención, en primer lugar, es en separarme de posiciones antirrealistas y relativistas como la del constructivismo social de Knorr Cetina. En cambio, al aceptar una entrada natural como un proceso relacional de entidades, se justifica un carácter evolutivo en nuestra relación con la naturaleza. Los sistemas Cas en medios naturales son una respuesta adaptativa en la relación interactiva entre bacterias y virus. Y la comunidad de especialistas ha logrado traducirlos como un agente benefactor de los seres humanos, ya sea en la creación de medicamentos o agricultura.

Con esta idea no se está asumiendo que el conocimiento científico sea acabado y tenga el mapa completo de la ontología del mundo biológico. El conocimiento científico es falible y auto correctivo. Mi interpretación al ser pragmata es también “falibilista” es decir, acepta el carácter histórico e inacabado del conocimiento científico y resulta ser, por lo tanto, siempre perfectible. Como también señala el falibilismo de Peirce: “En principio no hay límite fijo al proceso de investigación que desarrolla la comunidad científica a lo largo de generaciones de investigadores en la historia de la civilización” (Peirce .1877).

Observa Peirce que el hecho de que exista una perla en el fondo del mar no nos limita a no poder conocerla, *porque esa perla puede ser pescada mañana* (Peirce. 1877). Con esta idea se resalta el carácter de desarrollo y actualización del conocimiento científico. Esto quiere decir que la ciencia es un proceso histórico dentro del cual se van agregando postulados, teorías y nuevos medios de instrumentación y experimentación. El resultado es que, desde los albores del renacimiento a la fecha, la ciencia ha adquirido una mayor sofisticación en la investigación.

En este orden de ideas, en un texto de 1898 titulado “La primera regla de la lógica”, Peirce, después de mostrar el incalculable valor de la capacidad de “autocorrección” del método de la ciencia, al argumentar sobre el segundo obstáculo (escepticismo) que frena o imposibilita la investigación, señala la relación entre la invención tecnológica y el desarrollo del *corpus* científico, cito en extenso:

“El segundo obstáculo que los filósofos ponen con frecuencia en el camino de la investigación radica en mantener que esto, eso y aquello jamás pueden conocerse. Cuando Auguste Comte fue presionado para que especificara algún hecho positivo del que ningún hombre podría tener

conocimiento de ninguna manera, dio como ejemplo el conocimiento de la composición química de las estrellas fijas; su respuesta puede verse en *Philosophie positive. Pero apenas se había secado la tinta de la página impresa cuando se descubrió el espectroscopio, y aquello que se había considerado absolutamente incognoscible estaba ya en camino de averiguarse*".¹⁴

Es importante señalar la relación dinámica entre medio ambiente, y la comunidad científica que inmersa en la sociedad, elabora un control experimental de las diversas prácticas científicas, como evidencia el estudio de caso seleccionado en mi tesis.

Al aplicar la máxima pragmática se obtiene una relación bidireccional entre naturaleza y sociedad, en donde la comunidad de especialistas mediante el uso del método de la ciencia y la instrumentación tecnológica que le es propia, denota el papel activo de transformación y aprovechamiento de recursos y procesos naturales en la construcción de la sociedad. Este objetivo se logra mediante la *acción coordinada o dirigida*.

De este modo, uno de los criterios para hacer ciencia quiere decir que en los laboratorios de avanzada se seleccionan propiedades de procesos naturales para crear productos que cubran necesidades que demanda la sociedad.

Para aplicar este criterio al estudio de caso, se observa que la manera en la que se direccionan las funciones del sistema Cas9 es aplicado al resultar un éxito en la edición seleccionada mediante el ARN guía programado. En caso de fallar en el blanco de trabajo del corte de la enzima Cas9, se obtiene lo que se denomina un *Off target*, es decir, un corte o edición fuera del objetivo deseado para el cual se dirigió la guía. He aquí otra muestra de la falibilidad del proceso que aún no se ha logrado perfeccionar por completo, aunque es cierto como se mencionó en líneas precedentes que los sistemas Cas son mucho más eficaces que las técnicas de edición genética que le antecedieron.

De este modo, el constructivismo natural – a causa de su pragmatismo- es un punto intermedio entre realismo metafísico absoluto y antirrealismo. Entendido como una posición epistémica, el realismo metafísico puede leerse como una posición dogmática, ya que señala que las teorías actuales en campos como la física son aproximadamente verdaderas y el estado actual de la investigación expresa a las “mejores teorías científicas”, pero no se muestra por qué son las mejores,

¹⁴ Cfr. Charles Peirce “La primera regla de la lógica”, Traducción de Darin Mc Nabb. (OFR: II, FCE. 100). *Cursivas añadidas*.

esta forma de propuesta es comúnmente asociada con la inferencia a la mejor explicación que es una forma lógica laxa de la abducción.

Decir que una teoría es la mejor, significa que no necesita revisarse y que no puede seguir desarrollándose, por lo cual se frena la posibilidad de investigaciones ulteriores en ese campo. En este sentido, los realistas tradicionales, al decir que una teoría es aproximadamente verdadera, sostienen que se deben de aceptar sus postulados básicos, lo que quiere decir que éstos “están fuera de crítica”. Una objeción a esta idea es que, las teorías, *al ser las mejores y verdaderas*, se esperaría que tuviesen mayores y mejores aplicaciones prácticas.

Por otro lado, la posición antirrealista denota un marcado sesgo escéptico. Esta posición, al igual que su contraparte realista cuestiona la investigación. En el caso del antirrealismo, el desarrollo epistémico de la ciencia se crítica de forma radical por una falta de confianza en el poder de la comunidad científica para generar conocimiento y aumentar el acervo de saberes del *corpus* científico.

En el constructivismo natural, en cambio, al ser una posición pragmatista y por lo tanto falibilista a la manera de Peirce, se reconoce el estado inacabado de la ciencia actual, pero se acepta la posibilidad de seguir desarrollando investigaciones con sentido epistémico, dicho sentido es la creación de biotecnología con aplicabilidad en la sociedad en sintonía con un marco teórico que justifique dicho despliegue biotecnológico.

Esto indica que la ciencia en el dominio molecular es una serie de prácticas en donde se aprovechan procesos naturales para crear productos. La creación de dichos productos, puede entenderse bajo mi lectura de la máxima de Peirce como la creación de las “consecuencias” en la práctica. Así, hacer ciencia en clave pragmática es actuar con arreglo a la creación de consecuencias, tomando como base recursos naturales para generar la amplia gama de productos que nos ofrece la industria derivada de la investigación en biología molecular.

Al entender la máxima pragmática como una condición *sine qua non* del desarrollo tecnológico, es necesario que exista una inteligibilidad racional y una herramienta técnica para medir y desarrollar de forma prospectiva las consecuencias en la práctica de procesos naturales adaptados a las necesidades de los seres humanos como ha hecho patente el estudio de caso seleccionado.

En cuanto a la importante noción de realidad que caracteriza a mi posición, sostengo que el mundo a escala humana es “construido” con los potenciales (procesos reales) de la naturaleza, en pos de la estructuración y desarrollo de los nichos urbanos. Dicho potencial de la naturaleza no es sino la

manera en la cual se arreglan los procesos naturales dentro del laboratorio, y el resultado es justo la creación de productos que siguen siendo naturales.

Para cerrar esta entrada de mi propuesta, debo agregar algunos ejemplos más de construcción natural, desde mi interpretación, tenemos también el caso de dos inhibidores bacterianos, como son la pasteurización y el uso de la penicilina, como casos canónicos de constructivismo natural.

En el primer caso, los procesos de pasteurización creados por Louis Pasteur y Claude Bernard en 1864 muestran el uso de técnicas de calentamiento de líquidos para reducir un alto porcentaje de bacterias y agentes patógenos que estos poseen, aquí el Constructivismo natural consiste en **silenciar** la función propia de las bacterias contenidas en los líquidos tratados. Se observa que a diferencia de la técnica CRISPR cas9 en donde la entrada natural es aprovechada, traducida a otra esfera biológica y por lo tanto **potencializada** en nuevas aplicaciones, el caso de la pasteurización funciona mediante obstruir la función patógena de las bacterias en los líquidos, pero *en ambos casos se está trabajando con entradas naturales aplicadas a necesidades de la sociedad.*

En el caso de la penicilina, la labor de Alexandre Fleming, gracias a la cual ganó el premio nobel de medicina en 1928, consistió en crear el modelo de producción en masa de dicho antibiótico, el primero en su tipo en ser usado masivamente en medicina. Aunque a la fecha no se conoce por completo el proceso de acción de las penicilinas, la genialidad de Fleming consistió en detectar de forma pragmática a este grupo de inhibidores bacterianos, es decir que se estableció una relación entre la función de las penicilinas y su potencial de aplicación a la medicina.

Con los ejemplos citados de la historia de la química y la medicina, se observa que el constructivismo natural permite explicar con precisión este tipo de invenciones que se utilizan al activar, trasladar o silenciar procesos naturales en pos de un uso de aplicación dirigida en beneficio de los seres humanos.

De este modo, se muestra cómo el saber científico es un conjunto de prácticas y postulados teóricos los cuales sirven para utilizar de la manera más eficiente posible los recursos naturales de los cuales disponemos. Desde mi propuesta los potenciales de la naturaleza son potenciales para el uso de las características de los procesos naturales. Al adecuarlos en la creación de biotecnología se generan nuevas relaciones entre las entidades implicadas en los procesos. Con este movimiento se incrementa el catálogo de procesos y entidades naturales, merced a la intervención de los científicos.

Con lo cual se diluye la distinción entre descubrimiento/invención, ya que el uso que se da al proceso natural que se mantiene real, es un uso de “aplicación” del proceso natural en cuestión, esto como consecuencia deseable en las diversas prácticas sociales que se benefician con los productos de

biotecnologías como estos ejemplos muestran, esta es la lectura desde mi propuesta justificada en la noción de consecuencia de la máxima pragmática de Peirce.

Lo más notable de mi posición pragmática es que se entiende la ciencia trabajando “siempre” con entradas naturales: funciones, entidades, procesos. De este modo, en la medida en que podemos hacer uso de dichas entradas naturales, éstas existen. Como se observa el criterio de existencia de mi propuesta es la manipulabilidad y aplicación de las entidades. No obstante, al ser falibilista, acepto que existen casos en los cuales la manipulación de la entidad no implica necesariamente la existencia de dicha entidad. Y a diferencia de Hacking, el acento de mi criterio de realidad, descansa en la “construcción” de procesos relacionales que aumentan el catálogo de productos naturales.

Hay casos como lo muestran algunas rutas de navegación dentro de las cuales, se postula una teoría falsa y no obstante permite una adecuada navegación. En este sentido, los nuevos saberes científicos pueden ser incorporados al saber científico para ser mejorado. Como se observa, mi postura tiene la facultad de actualizarse de acuerdo a la nueva evidencia que surja en el desarrollo de la investigación.

En cambio, las posturas tradicionales creen que la entidad existe sin mayor justificación. En este modo tradicional no hay manipulación, no hay tecnología, sólo hay algo abstracto llamado “mejores teorías científicas” y como tales se supone que hablan de cosas “reales”, y a su vez son las mejores porque hablan de cosas reales, esto es una falsa tautología. En la postura pragmatista, en cambio, las mejores prácticas-teorías lo son “en virtud de lo que ganamos con ellas y cómo las usamos”.

1.6 Consecuencias de mi propuesta

-Constructivismo natural general y particular: mi propuesta denota una noción general de filosofía de la ciencia que muestra características globales de los procesos de constructivismo natural a lo largo de la historia de la ciencia. Si bien, por cuestiones de extensión me he detenido a analizar sólo algunos casos de la historia de la ciencia. En principio mi propuesta cuenta con elementos para ser aplicada con éxito en la descripción de nuevos casos. La razón de ello es que mi tesis al ser ontológica puede ser extendida a diversos episodios de la historia de la ciencia. No obstante, este examen queda pendiente para investigaciones ulteriores.

Tanto la técnica principal de mi tesis (CRISPR Cas9) como los casos analizados en la sección anterior de la pasteurización y el uso de la penicilina por Alexander Fleming, instancian elementos comunes que muestran el aprovechamiento de procesos naturales, ya sea aplicándolos en otras esferas

biológicas, ampliándolos o silenciándolos. Dicha labor es posibilitada por los diversos arreglos experimentales que suceden en los laboratorios de bioquímica.

En la instancia específica del estudio de caso seleccionado, se ha estudiado en la sección dedicada al análisis formal de la técnica cómo funcionan los sistemas Cas. Estos al ser procesos relacionales de entidades permiten expresar propiedades que emergen de la organización particular del mismo proceso, en este sentido se está realizando filosofía de la ciencia de un caso individual. De este modo mi tesis ofrece explicaciones a nivel general y particular del desarrollo de diversos sistemas experimentales.

-Noción de aplicabilidad y consecuencia biotecnológica en beneficio de los seres humanos como criterio de realidad: el constructivismo natural se encuentra situado entre el realismo metafísico tradicional y el antirrealismo relativo del constructivismo social. La diferencia de mi tesis, con respecto a las dos propuestas en cuestión, estriba en que, estas últimas, se definen en un ámbito teórico discursivo, por lo tanto, abstracto, mientras que mi posición al ser pragmatista y falibilista en el sentido de Peirce, se enmarca en las prácticas científicas específicas, y muestra cómo los sistemas experimentales crean biotecnología manteniendo una entrada natural en pos de su posible “aplicabilidad en la práctica” para la edificación del nicho social, en otras palabras. El criterio de realidad de mi propuesta no es sólo abstracto teórico sino práctico.

- Si somos constructivistas naturales, concluimos que gran parte de la ciencia leída en clave pragmatista está pensada para construir nuestro mundo. Pero no se trata de una construcción en el sentido que atribuye la tesis de Karin Knorr Cetina o en el sentido de la tesis de mundos posibles de la teoría lógica de David Lewis (1973). La construcción de mundo es mantenida por una **entrada natural** procesual y relacional de entidades como mostró el análisis precedente.

Señalo, “gran parte de la ciencia” construye nuestro mundo, no sólo por el notable desarrollo tecnológico, se trata de algo más grande, es “construcción” en el sentido que las prácticas basadas en el conocimiento científico nos proporciona una identidad, da sentido a nuestra existencia, y en las condiciones actuales como seres humanos, dependemos de los avances científicos proporcionados por la industria farmacéutica y agrícola, por ejemplo.

En este sentido, no habría una “inducción pesimista” en la historia de la ciencia como lo pensó Larry Laudan, ya que incluso procesos que se han detectado ser inconsistentes con el desarrollo posterior del *corpus* científico como la teoría del “calórico”, tienen una parte positiva, ya que gracias a dicha teoría se construyó la máquina de vapor, por ejemplo.

Debemos, por el contrario, ser optimistas con los desarrollos teóricos de la ciencia, pero no en el sentido dogmático, sino en el sentido “falibilista”, el *calórico* por ejemplo tuvo efectos tangibles en la esfera práctica y al ser falibilistas aceptamos que ese concepto puede someterse a revisión y actualizarse, como de hecho sucedió, pero eso no invalida el lado optimista de la confiabilidad en el *corpus* de las teorías en ciencia. Ya que al aplicar la máxima pragmática tenemos que el significado de los conceptos en ciencia debe de obtenerse por las posibles consecuencias en la práctica de dicho concepto, en este sentido se comprende el concepto y su relación con la *praxis* como establece la máxima pragmática.

Pero la máxima, al ser falibilista, no niega la posible revisión y actualización del concepto o en casos radicales el abandono de éste. No obstante; los efectos en la práctica del concepto quedan registrados como éxitos pragmáticos de aplicabilidad conceptual como muestra el ejemplo referido. De este modo, podemos hablar de una “meta-inducción optimista” en ciencia.

Así bajo mi lectura de la máxima, es posible desarrollar una ontología de la práctica científica que muestre una visión novedosa sobre lo que está sucediendo en el laboratorio de biología molecular y cómo los resultados de dichas prácticas repercuten en la vida de los seres humanos.

Segundo capítulo: Modelo interpretativo de mi propuesta

2.0 Introducción

El presente capítulo expone en detalle, el marco conceptual interpretativo de mi propuesta de construcción natural. En el texto he integrado elementos de las propuestas filosóficas de Hans Jörg Rheinberger como la noción de “cosa epistémica” dentro de un “sistema experimental” y del filósofo Charles Sanders Peirce, de éste último he adoptado la propuesta de la “máxima pragmática”. La inclusión de las nociones mencionadas, obedece a la justificación de los antecedentes directos de mi tesis, los cuales se encuentran ubicados en ambos pensadores.

El capítulo se encuentra dividido en 5 secciones, las dos primeras versan sobre pragmatismo y realismo en Charles Peirce respectivamente. Aquí aparece la justificación de mi elección de incorporar la máxima pragmática al modelo interpretativo de mi tesis.

Se han agregado tres secciones nuevas al texto, en la primera se analiza y discute el modelo de *sistema experimental* de Hans Jörg Rheinberger. En la siguiente parte del capítulo se muestra cómo la máxima pragmática de Peirce complementa la propuesta del primer autor. Desde mi lectura, la

noción de sistema experimental de Rheinberger describe en detalle lo que sucede “dentro” de los laboratorios de biología molecular. En este sentido, “la máxima” me permitirá explicar cómo esos arreglos experimentales, producen “consecuencias en la práctica”. De esta manera, el modelo de mi propuesta incorpora elementos explicativos de lo que sucede dentro y fuera del laboratorio.

En el apartado final del capítulo, se mostrará, cómo las propuestas filosóficas de Rheinberger y Peirce pueden incorporarse para facilitar un análisis detallado del estudio de caso de mi tesis, a saber: la técnica de edición genética de tijera molecular CRISPR/Cas9.

La idea que rige este segundo capítulo es la tesis del *Constructivismo natural*. En ella se muestra la manera en la que tanto los productos de la investigación como las consecuencias derivadas de la técnica y estudio de caso elegidos, son “construcciones” realizadas por una comunidad de especialistas que, al experimentar trasladan y reconfiguran procesos del ámbito biológico natural para los fines que la investigación demanda.

De este modo, contrario a constructivismos sociales fuertes y al realismo de tipo clásico, se muestra cómo la ciencia no es tanto descubrir propiedades de la naturaleza, *per se*, sino que construye la realidad humana con base en los potenciales de la naturaleza en parte guiados por las aspiraciones y propósitos de los seres humanos.

La posición pragmática de mi propuesta pone en el centro de reflexión filosófica a la noción de “consecuencia en la práctica”. Esta idea implica que la noción de epistemología tradicional y el realismo metafísico son excluidos de mi tesis. En su lugar, mostraré cómo “construir naturalmente productos científicos” tiene que ver con una noción de conocimiento entendido como manipulación y dirección de procesos naturales en vistas de su aplicabilidad y aprovechamiento en servicios y productos que han resultado ser beneficiosos para los seres humanos.

2.1 Pragmatismo en Charles Peirce

En su célebre artículo: *How to clarify our ideas* publicado en el año de 1878, Peirce formula la máxima pragmática: “Considérese qué consecuencias tendría en la esfera práctica nuestra concepción de un concepto. La suma de nuestra comprensión de dichas consecuencias, es nuestra comprensión del concepto” (Peirce, 1878). Esta idea generó un amplio movimiento filosófico en los Estados Unidos, gracias a la influencia que ejerció sobre el ambiente cultural de la época.

Además, las ideas de Peirce son discutidas por pensadores como William James (1906) y John Dewey. En cada uno de los tres grandes pragmatistas se encuentran posturas y fundamentaciones

distintas: “Peirce’s pragmatism is scientifically elitist, James’s is psychologically personalistic, Dewey’s is democratically populist” (Rescher. 2007, p 133).

En “la fijación de la creencia” (1877), Peirce discute las propiedades de 4 métodos para establecer la creencia. Siendo el método científico el más sofisticado y el que cuenta con mejores propiedades epistémicas. De ahí se deriva la interpretación de Rescher. Conuerdo con el dictamen de Rescher en relación a Peirce, aunque agregaré una cláusula, a saber: la ciencia debe trabajar de la mano de la especulación filosófica mediante el uso de razonamientos abductivos para garantizar una adecuada conducción de la investigación.

Aquí aparece una postura que puede interpretarse en clave positivista. En dicho artículo, Peirce (1878) formula el método para alcanzar una lucidez de pensamiento mejor lograda que la propuesta por Descartes a través de nociones vagas como claridad y distinción. Como señala Hickman: “Classical Pragmatism replaced the modernist program with an alternative that was positive, detailed, and consistent” (Hikman.2007, p 54).

Son cuatro los métodos que analiza Peirce en relación con la fijación de la creencia. Los dos primeros corresponden a las creencias que heredamos de la tradición y el ámbito social al que pertenecemos: dichos métodos serán condenados por Peirce como una especie de conformismo e ilusión en donde no se somete a examen el contenido cognitivo de las ideas que representan. Estos son los métodos de “tenacidad” y “autoridad” respectivamente.

El tercer método es más fructífero (método *a priori*), pero no deja de ser una extravagancia del pensamiento ya que se basa sólo en la especulación filosófica. Por último, Peirce propondrá el único método capaz de alcanzar el grado de claridad deseado para una buena investigación, es decir “El método de la ciencia”. A continuación -se describe cada uno de ellos- en orden el que aparecen en su formulación original en el artículo de 1877: *La fijación de la creencia*.

El primer método es el de la “tenacidad”. Consiste en asumir una idea o creencia y defenderla hasta sus últimas consecuencias sin cuestionarla. Este método incluye los ideales que mueven las acciones de los individuos de forma acrítica. Como se observa, este es un método dogmático ya que acepta la verdad de la creencia adoptada sin someterla a examen.

El segundo método es el de “autoridad”. En él aparece una imposición de la creencia por parte de una autoridad establecida como el Estado o la Iglesia. Peirce observa que este segundo método es el que está presente en la mayoría de las personas durante su vida ya que, el ser humano, al crecer en una sociedad determinada, hereda una amplia gama de valores y creencias vigentes según los estándares de admisibilidad y convivencia social a la que pertenece.

El tercer método es mejor que los dos anteriores ya que goza de un ejercicio reflexivo por parte de los que lo llevan a cabo. Me refiero al método *a priori*. Como su definición lo indica no toca la experiencia, aunque en principio es compatible con ella, este es el método en el cual se expresa el pensamiento metafísico. Peirce lo define incluso como una cuestión de “gusto”, ya que en él sólo se aceptan las ideas que son agradables a la razón; se obtiene así una filosofía especulativa abstracta que puede llegar a ser atractiva, pero de ningún modo relacionada con la naturaleza.

Para Peirce, curiosamente, cada uno de los metafísicos piensa que su sistema es el correcto y los demás se equivocan. Para este autor, hace falta un método que sea coherente y, lo más importante, que esté en sintonía con la naturaleza. Tal método es presentado por el autor como el método de la ciencia; de este modo se explica cómo gracias a la investigación científica lo real puede ser descubierto.

El método de la ciencia es aquel que posibilita el consenso en la comunidad de especialistas y hace que la investigación científica se encuentre en armonía con el comportamiento de la naturaleza. En la filosofía de Peirce, “la realidad” es colocada como un supuesto filosófico del cual parte la comunidad de especialistas. No es un resultado, sino un punto de partida para realizar la investigación científica.

En este sentido, se deben matizar dos aspectos. Primero, en un marco en que se asume la realidad como independiente de nuestras creencias sobre ella, Peirce pregunta, metafóricamente, si ¿es viable cuestionarnos por la existencia de una perla escondida en el fondo del mar de la cual no tenemos noticia? El mismo Peirce responde que esa perla puede ser pescada mañana.

En esta metáfora se observa claramente que la investigación científica permite al hombre de ciencia actualizar sus creencias, esto es una consecuencia del momento en el que se descubren nuevos fenómenos o eventos en la naturaleza gracias al método de la ciencia.

El segundo punto de interés para reflexionar es que el método de la ciencia no es sólo sobre el valor que tiene la ciencia en la propuesta de Peirce, sino en lo que se refiere al pensamiento en general. Lo que interesa a nuestro autor es encontrar la forma para razonar de una mejor manera, y esclarecer nuestras ideas. La sola experimentación ciega no ofrece tal resultado, en cambio, la experimentación debe trabajar en conjunto con una buena especulación para el desarrollo del pensamiento; dicho en otras palabras: ciencia y filosofía deben trabajar mutuamente para lograr el efecto deseado.

En este orden de ideas, los “buenos razonamientos” serán aquellos de logren dar sentido y una explicación a los elementos imprevistos de la investigación. Esto es lo que hace la “abducción”, ya

que, dentro de una gran posibilidad de hipótesis explicativas, los razonamientos abductivos permiten a los investigadores discriminar el mejor razonamiento, el cual tiene como consecuencia la instauración de una mejor hipótesis explicativa y por consiguiente el establecimiento de mejores prácticas científicas.

Si la filosofía procede sin la ciencia, entonces tenemos la metafísica del método *a priori*, y si la ciencia se desarrolla sin una buena especulación, entonces no hay avance posible en la investigación. El papel del buen razonamiento lo va a ocupar la abducción, de ahí que Peirce sostenga que la abducción es la lógica del pragmatismo. “If you carefully consider the question of pragmatism you will see that it is nothing else than the question of the logic of abduction.” (Peirce.1903, 5.196).

Debe de haber un nexo entre el pensamiento y la acción: ese lugar será ocupado por la abducción “This solution explicates one possible link between abduction and pragmatism: abduction is a necessary condition for the truth of pragmatism, because it is an intermediary stage between perception and cognition” (El Khachab. 2013, p 162). En este sentido, abducir permite explicar la serie de eventos anómalos en la experiencia, además de racionalizar la novedad para que lo sorprendente se convierta en lo esperado dentro del marco de inteligibilidad de un modelo científico.

Si sólo construyéramos hipótesis coherentes sin efecto en la naturaleza no podríamos generar conocimiento. Es dentro del pragmatismo que es posible evaluar y discriminar el peso de la hipótesis para que, de este modo, logremos realizar (yo agregaría “direccionar”) procesos en la naturaleza. Es momento de analizar la máxima pragmática de Peirce (1878). Quiero centrar mi atención en la noción de “consecuencia en la práctica”.

En Peirce existe una correlación entre creencia y acción; de hecho, la función de un buen pensamiento consiste en generar hábitos de acción. De este modo se entiende que la consecuencia de nuestros razonamientos se verá reflejada en la manera en que actuamos y nos movemos por el mundo. A este respecto, Aliseda ha señalado “The method proposed by this maxim provides a regulative principle for the evaluation of beliefs and serves as a guide for our actions, and in this respect it is a normative principle. The pragmatic maxim becomes the rule to achieve the main aim of the whole doctrine, namely to clarify ideas”. (Aliseda. 2006, p 170).

Esta clarificación de ideas se logra mediante la propuesta abductiva de una creencia y al llevarla al contexto de aplicación podemos aquilatar la eficacia de sus consecuencias prácticas, según cumpla con estándares de satisfacción previamente establecidos en las consecuencias de los efectos observados.

Surge entonces la pregunta ¿qué significa en Peirce la realidad en donde nos movemos y qué hace visibles los efectos de nuestras creencias? Peirce es un realista en un sentido admisible al sentido común, es decir, para él, habitamos un mundo. En este sentido la suspensión del juicio y la duda escéptica cartesiana no tiene cabida dentro de su filosofía, es una duda ociosa.

Dicho de forma sucinta, la epistemología de Peirce defiende una noción de realidad que está a la base de la investigación. De este modo, al transitar por la realidad “aparecen” eventos sorprendidos, los cuales son modelados mediante el uso de hipótesis abductivas. Desde mi interpretación. Este movimiento permite a los hombres de ciencia direccionar y manipular procesos naturales con vistas a generar consecuencias en la práctica. Las cuales son establecidas como objetivos dentro de un programa de investigación.

La investigación para Peirce debe comenzar con una duda “genuina” y no podemos dudar de todo, en caso contrario no se generaría ninguna creencia. Una de las certezas mayor fundamentadas que tenemos es la noción de realidad. La realidad aparece en el sistema de Peirce como un supuesto básico. Dicho de forma sucinta “habitamos un mundo” e inclusive, ante la suspensión del juicio cartesiano (a quien tanto criticó Peirce), al volver al mundo, lo real sigue presente, es decir no podemos hacer una suspensión radical del juicio. No podemos abandonar todas las creencias, y la creencia en la realidad está en la base de toda investigación en ciencia.

Veamos ahora la relación epistémica entre abducción, pragmatismo y realismo. En la segunda de sus acepciones, abducir significa razonar (Stanford Encyclopedia of Philosophy). Al abducir, los científicos tratan de dar inteligibilidad y orden a los eventos que acontecen en realidad. En este sentido, el razonamiento al ser un momento de la lógica ofrece una posibilidad para la creación de un hábito de acción que permite operar con éxito en la práctica.

Un hábito de acción generado por una buena inferencia de abducción, quiere decir que los científicos lograron generar consecuencias en la práctica que están de acuerdo con los objetivos planteados de la investigación. De esta manera, los procesos abductivos generan herramientas de análisis y puesta en práctica de acciones que constituyen un sistema experimental.

El hábito establecido por la creencia abducida no se agota en las acciones que ya han trascendido en el pasado, sino que se proyecta en una temporalidad futura en forma de una predicción del comportamiento de los eventos en la naturaleza, Hookway resume esta idea de forma clara: “The pragmatist principle unpacks the meaning of a proposition as set of *conditional expectations*”. (Hookway. 1999, p 240). Es en sentido que un sistema experimental puede ser repetido en el tiempo.

Si se alcanzan las condiciones establecidas por la investigación para generar los resultados esperados por la comunidad de especialistas.

Al realizar una predicción de tipo condicional, se asume la existencia de regularidades en la naturaleza, aunque, las leyes propuestas en ciencia para explicar el comportamiento legaliforme de lo real no son exactas y existe siempre la posibilidad de que la ley sea refutada (como enseñó David Hume). Peirce muestra la necesidad de asumir los universales (leyes) para el correcto despliegue del razonamiento en la *praxis*.

Es decir, en la práctica existe un comportamiento de regularidad y también existen elementos sorpresivos en el decurso de un sistema experimental. En este sentido Peirce establece una economía de la ciencia en donde los tres momentos de la inferencia lógica se relacionan. En un primer momento dentro de la investigación se establece la “abducción”, la cual permite modelar los elementos sorpresivos de la investigación. En un segundo momento, mediante el razonamiento deductivo se definen las consecuencias de la hipótesis. Como paso final de la secuencia se extraen las consecuencias en la práctica de dicha hipótesis mediante el uso de razonamientos inductivos. Para una explicación detallada de la economía de la ciencia en Peirce, véase: Sara Barrena (2012).

Dicha idea de la economía de la ciencia está en contra de la tesis nominalista cuyo argumento central niega la existencia de categorías comprensivas fuera de los individuos o eventos aislados, para el pragmatismo de Peirce¹⁵ esto es un error: “El pragmatismo de Peirce rechaza el nominalismo y defiende la realidad de los universales. Decir que los universales son reales no es más que decir que las leyes son reales”. (Mc Nabb. 2018, p 246).

La visión ontológica de nuestro autor no es ingenua, no postula exclusivamente la continuidad y el orden en la experiencia diciendo que ésta se encuentra gobernada por los universales, en la filosofía de Peirce también existe un papel importante para lo inesperado, para el azar y lo sorpresivo con que nos encontramos en nuestro día a día. Sara Barrena resume y explica muy bien dicha dualidad entre regularidad y orden:

“En el mundo se combinan la regularidad y el orden —la legalidad— junto con el azar. Para Peirce hay en el universo un principio de azar y espontaneidad (tijismo), que hace que nuestra experiencia sea un flujo y variedad constante,

¹⁵ En 1905 Peirce publica un artículo titulado “Temas del pragmatismo” en donde acuña un nuevo término al concepto de pragmatismo, da una orientación extendida y ofrece una interpretación distinta de su postura original para diferenciarla de la tergiversación que habían hecho de la máxima pragmática pensadores como William James.

junto con un principio de continuidad (sinejismo), que hace que haya orden y regularidad dentro de la variedad y que permite por tanto que la experiencia sea inteligible”.¹⁶

En resumen, el proceso de abducción permite crear un vínculo entre nuestra cognición y nuestra percepción, dando como resultado una predicción de forma condicional, la cual es sometida a validación en la práctica. La naturaleza en donde acontecen los eventos controlados por una medida de azar en combinación con la legalidad de la ley, es el mundo en donde nuestras creencias tienen efectos en la práctica. Esto es el significado del pragmatismo en Peirce, según nos indica la máxima pragmática.

Otro componente esencial de la propuesta de Peirce es la noción de “contexto”. Más allá de las categorías de corte absoluto propias de la modernidad, la *praxis* científica se desarrolla en contextos determinados históricamente, en este sentido, arguyo que el saber de determinada época depende en gran medida del ámbito social y cultural en el cual se gesta. Aquí surge una tensión con el resto del planteamiento de Peirce, ya que por un lado afirma que la “verdad” es aquel objeto representado por la investigación guiada en el método científico, y por otro lado está la limitación del contexto. Para dirimir la dicotomía es necesario abordar su compleja concepción de “realidad”.

2.2 Realismo en Charles Peirce

La postura de Peirce es realista, aunque debo precisar en qué sentido. En primer lugar, es posible ubicar el realismo en nuestro autor como una respuesta tanto al nominalismo como al solipsismo cartesiano. Se ha indicado ya la importancia de la noción de ley en Peirce para dar cuenta de la realidad como sometida justo a leyes debido a las regularidades que acontecen en el mundo. Por otra parte, al negar el nominalismo se acepta la existencia de universales.

En un segundo momento, el filósofo norteamericano niega la duda total de Descartes mostrando que una buena investigación comienza siempre por una duda “genuina”, por una duda verdadera; además en la postura cartesiana tenemos un solipsismo en donde el individuo escéptico se enfrenta, a la suspensión del juicio y la negación de todo el ámbito de la información que proporcionan los sentidos. En cambio, en Peirce el conocimiento siempre será presentado en un contexto y desarrollado en una comunidad “Moreover, in every one of his writings, Peirce emphasises the importance of conceiving of the knowing subject as a comunit” (Putnam. 1995, p 293).

¹⁶ Cfr. Barrena. S. *La razón creativa. Crecimiento y finalidad del ser humano según C.S. Peirce*. RIALP. Navarra. España. 2012, p 65.

Es desde el conocimiento entendido como un producto colectivo como bien señala Putnam, que Peirce logra hacer una propuesta diferente a la posición escéptica cartesiana. Pero no es sólo el ejercicio público de la opinión el que establece el conocimiento, sino una comunidad de expertos bien informada. En efecto, en nuestro autor existe como requisito del saber la opinión informada; es por eso por lo que su pragmatismo ha sido entendido en clave elitista.

En este sentido, es la comunidad de expertos quienes se encuentran desarrollando la investigación en ciencia, para que de este modo se establezca la creencia como un consenso de dicha comunidad. Como se observa, la comunidad de especialistas es la que certifica los resultados de la investigación. De este modo es como se debate y analiza el saber científico.

En Peirce conocer implica un gran esfuerzo. Como se mostró en líneas precedentes, un óptimo agente epistémico debe dejar de lado vicios epistémicos como recurrir a la autoridad o aferrarse a una creencia infundada. Si bien es cierto que no podemos dudar de todas nuestras creencias, estas se actualizan y, lo más importante, deben ser clarificadas por el mejor método a nuestra disposición: el método científico.

Para Peirce, el método de la ciencia es la manera más rigurosa para establecer una opinión informada y avalada por la comunidad de especialistas. De este modo, la generación del conocimiento científico es sometido a una revisión constante y rigurosa.

Una vez establecido el máximo método para clarificar nuestras ideas, el método de la ciencia en relación con una buena especulación filosófica, tenemos el orden de la comunidad como conjunto de investigadores que descubre las leyes que gobiernan el comportamiento del mundo. Esta idea es mi lectura desde la negación del nominalismo por parte de Peirce.

En principio, el desarrollo de dicha comunidad es muy extenso en el tiempo histórico y se despliega a lo largo de las generaciones. El objeto que descubre dicha comunidad es lo que Peirce entiende por realidad, de hecho, pregunta nuestro autor ¿a qué grado de conocimiento será capaz de llegar nuestra civilización si se trabaja 1000 años más al ritmo de la investigación científica de los último 200 años? Esta es una consideración epistémica de primer nivel, en donde la noción de comunidad ocupa un papel estelar:

“Lo real, entonces, es aquello en lo que, tarde o temprano, la información y el razonamiento resultarían finalmente, y que es por tanto independiente de los caprichos suyos y míos. Por tanto, el mismo origen de la concepción de realidad

muestra que esa concepción implica esencialmente la noción de una *comunidad*, *sin límite definido y susceptible de un aumento indefinido de conocimiento*".¹⁷

Afirmaciones como la que muestra la cita anterior son prueba fehaciente del realismo alcanzado por la comunidad de especialistas dentro de las diversas disciplinas científicas. Sin embargo, el autor reconoce que no es fácil conseguir una concepción adecuada de la realidad, ya que incluso a las personas instruidas les costaría un trabajo considerable ofrecer una buena definición de lo que es "real".¹⁸

Peirce establece una relación entre verdad y realidad, ya que la opinión verdadera es aquella que versa sobre lo real, la que representa fidedignamente a la naturaleza; es verdadera: "The opinion which is fated to be ultimately agreed to by all who investigate, is what we mean by the truth, and the object represented in this opinion is the real. That is the way I would explain reality". (Peirce. EP1: 139).

La noción de ley es de suma importancia para comprender la dimensión significativa de la realidad, ya que para Peirce la realidad obedece al comportamiento de leyes. En este sentido Hookway ha señalado la relevancia de dicha noción en el desarrollo del pensamiento de nuestro autor: "These newly introduced ideas enter importantly into Peirce's later conception of reality; reality is external infused with law". (Hookway. 1999, p 114). De tal manera, para Peirce, su pragmatismo debe tener una justificación fundada en el realismo que se ha descrito en armonía con la noción de comunidad científica. A su vez, el realismo encuentra en el pragmatismo una confirmación de las creencias postuladas por el razonamiento abductivo.

Dicho en otras palabras, al existir leyes, (y Peirce asume la consecuencia necesaria de dicho postulado), nuestras acciones se ven afectadas dentro del marco de dichas leyes ya que nuestras actividades se desarrollan en la posibilidad y limitación que impone el comportamiento legaliforme de lo real. Así, no podemos ejercer nuestra voluntad de forma completamente libre ya que no podemos salir del constreñimiento de lo que es posible en el orden de los eventos naturales, y tarde o temprano nuestra acción se modela dentro de la necesidad de las leyes que rigen el cosmos:

"Sometimes, determination of events is dependent upon external circumstances.
The pragmatism principle tells me that if I exercise my freedom to drop a fragile

¹⁷Cfr. Peirce: "Algunas consecuencias de cuatro incapacidades" en OFR: 1. FCE. México. 2012, p 96. *Cursivas añadidas*

¹⁸ El realismo en Peirce tiene un marcado componente de desarrollo histórico de la comunidad de especialistas que van acrecentado el acervo ontológico de la ciencia, puede entenderse como un "realismo prospectivo". Cabe aclarar que no es un realismo consensual, en el sentido que no es la comunidad quien "decide" lo que es real (Martin Kusch 2019), sino que alcanzan al consenso ante la evidencia científica.

object, or to toss a fair coin a large number of times, then I cannot but expect that the object Will real, or that about one half of the tosses Will yield heads”¹⁹.

Aquí surge una relación importante entre pragmatismo y realismo- en primer lugar, el realismo postula la necesidad de las leyes científicas, las cuales constriñen nuestras acciones. En un segundo momento, el pragmatismo aboga por la implementación de hábitos de acción. Sin embargo ¿cómo conciliar la necesidad de la ley con la libertad de nuestra creencia?

En suma, en Peirce, gracias al pragmatismo podemos desencadenar una secuencia de eventos si conocemos la ley, es decir, que gracias a las herramientas técnicas que ofrecen los modelos científicos podemos dirigir en alguna medida el orden de los eventos, iniciando una secuencia controlada de eventos desde nuestra comprensión del funcionamiento de la ley “I may initiate. In fact, what the pragmatism principle does is to articulate just how law mediates the succession of events that occurs” (Hookway. 1999. p 243).²⁰

Si bien en el orden de los acontecimientos con los que nos encontramos en nuestra experiencia existe regularidad, también es cierto que la naturaleza ofrece sorpresas y eventos anómalos que son imprevisibles desde los mejores modelos científicos avalados por la comunidad de expertos.

Entonces, ¿cómo explicar los eventos anómalos? ¿por qué surge lo inesperado en la realidad? Dicho en otras palabras, del futuro no tenemos certeza científica, así lo evidencian las amplias discusiones irresolubles en el tema de la inducción desde los albores del siglo XVIII. En este sentido, entra en escena la amplia discusión sobre la “probabilidad” en los albores del siglo XIX.

La filosofía de Peirce en este sentido no es ingenua, no postula las leyes como una condición absoluta en la experiencia, en su lugar ofrece una explicación en donde la ley se desarrolla en un proceso evolutivo y por tal motivo se ha transformado a lo largo del tiempo, es una visión en donde la legalidad y la uniformidad también se encuentran sometidas a un proceso de transformación, cito en extenso:

“Ahora bien, la única manera posible de dar cuenta de las leyes de la naturaleza y de la uniformidad en general es suponer que son el resultado de la evolución. Esto supone que no son absolutas, que no son obedecidas con precisión. Supone

¹⁹ Cfr. Hookway. C. *Peirce, the Arguments of the Philosophers*. Routledge. London and New York. 1999, p 243.

²⁰ Aquí, en esta idea se muestra otra consecuencia de mi posición, ya que el constructivismo natural permite asumir que, en cierto sentido, son las leyes de la naturaleza las que permiten que la comunidad científica explote ciertos poderes de la naturaleza en distintas prácticas. La consecuencia es que aplicar, manejar e implementar esas leyes nos permite aprender más de las mismas y por lo tanto de la realidad.

un elemento de indeterminación, de espontaneidad o de azar absoluto en la naturaleza”.²¹

El azar aparece como una variable que también rige el comportamiento de los eventos en el mundo. Una idea muy importante en este fragmento de la filosofía especulativa de Peirce es el papel que ocupa la evolución en su pensamiento; en efecto, todos los pensadores pragmatistas son postdarwinianos, lo cual implica que el concepto de evolución es un hilo rector en la filosofía pragmatista.²² Peirce eleva el esquema conceptual de la evolución a una escala ontológica dentro de la estructura del cosmos y no sólo de las especies naturales como originalmente fue pensada la teoría de Darwin.

De este modo, el hecho de que se presenten irregularidades en el curso de un sistema experimental, muestra en efecto que “el azar” es una propiedad ontológica del mundo. Esto sucede porque los arreglos experimentales se programan de acuerdo a predicciones basadas en leyes de la naturaleza. Al presentarse los hechos “anómalos” que escapan a las predicciones originales, el sistema experimental debe ser reajustado.

Además, el *corpus* científico debe de ser entendido en clave falibilista, es decir que siempre puede ser mejorado. Al tropezar con una anomalía entra en juego la validez de las creencias, y éstas se someten a examen, es decir el conocimiento pasa por un proceso de revisión y se actualiza.

La clave interpretativa sobre la realidad es ofrecida por nuestro autor al marcar el binomio: ley-azar, que opera entre regularidad y sorpresa. De este modo nos movemos en la naturaleza con nuestras creencias como comunidad ejerciendo, en la medida de nuestras posibilidades un cambio en el orden de los eventos al conocer la ley y usarla para los fines que perseguimos. Lo anterior desencadena una secuencia causal que, al enfrentarse a una sorpresa en la experiencia, obliga a cambiar de creencia por lo que recurrimos a procesos abductivos para explicar la irregularidad y dar inteligibilidad al mundo.

²¹Cfr., Peirce C. S: “La arquitectura de las teorías” en [OFR, 1]. FCE. México. 2012, p 334.

²² Un ejemplo de la influencia del concepto de evolución en John Dewey, es mostrado en el artículo de Darío Rubén Sandrone: “La evolución de la experiencia John Dewey, entre el evolucionismo y la tecnología” . Cfr. Revista Síntesis. Número. 3 año 2012, pp. 1-19.

2.3 El modelo de Sistema experimental de Hans J. Rheinberger

En el año de 1992 Hans Jörg Rheinberger publica un importante artículo titulado “Experiment, Difference, and Writing: Tracing protein synthesis”. En dicho texto el autor define una posición de epistemología histórica y presenta a detalle la unidad de análisis más importante de su propuesta, en lo que él define como un *sistema experimental*. Propone a dicho sistema como la oscilación en un círculo virtuoso entre lo que denomina como un *objeto epistémico* y un *objeto técnico*.

Esta tesis de Rheinberger será precisada y complementada en un trabajo posterior, por ejemplo, véase el artículo: “Experimental systems and epistemic things” (Rheinberger, 2001). Ahí puede leerse: “By this means a hybrid constellation of material, technical, and cognitive factors that give rise to new questions, generate surprising insights, and contribute to the formation of an epistemic thing” (Uljana, 2011, p 404).²³ Esta caracterización que realiza el autor sobre la noción de “sistema experimental”, puede complementarse con la división y oscilación que le es propia, entre los tres tipos de objetos que lo componen como son: objetos epistémicos, objetos científicos y objetos técnicos.

Como indica la cita, dentro de la propuesta del autor, un “sistema experimental” puede entenderse como un arreglo experimental que sucede dentro de los laboratorios, en donde se combinan elementos materiales, técnicos y factores cognitivos. Los cuales generan nuevas cuestiones, e intuiciones originales. El resultado de dicho sistema consiste en la instauración de una cosa epistémica.

La cuestión inicial que plantea Rheinberger es sobre el punto de referencia con el que comienza una investigación en el ámbito biológico. Al principio de su texto el autor retoma la declaración que Francois Jacob hace en su autobiografía, en donde se muestra que el biólogo, al iniciar una investigación elige un segmento de realidad para someterlo a estudio.

²³ La posición de Uljana Feest es que la propuesta de Rheinberger compagina el desarrollo histórico de la investigación científica con la riqueza que las posiciones filosóficas pueden aportar a la discusión. De este modo la gran contribución filosófica de la propuesta de Rheinberger es señalar cómo la filosofía estudia el límite epistémico de la investigación científica, en este sentido estoy de acuerdo con Uljana ya que puede entenderse a la propuesta de Rheinberger en clave “falibilista” tal como he señalado en el caso de Peirce, véase: “I suggest that we interpret Rheinberger-style historical epistemology as a particular proposal of how to integrate history and philosophy of science. His historical narratives of the dynamics of research is “philosophical” insofar as it challenges philosophers to pay attention to the kinds of questions that arise if we take seriously the perspective of the scientists *with their epistemic limitations*”. En Uljana Feest (2011). Remembering (Short-Term) Memory: Oscillations of an Epistemic Thing. *Erkenn* (2011) 75:391–411; p. 404 y ss (*cursivas mías*).

Para Rheinberger, tal es la parte realista de la metodología científica (objeto científico). El otro momento de la investigación consiste en desarrollar un “sistema experimental” para trabajar con la realidad biológica seleccionada (objeto técnico). Cito: “In analyzing a problem, the biologist is constrained to focus on a fragment of reality, on a piece of the universe which he arbitrarily isolates to define certain of its parameters. In biology, any study thus begins with the choice of a ‘system’” (Rheinberger. 1922, p 306).

El sistema en cuestión es el modo o la técnica complementado con los instrumentos de medición y manipulación de un laboratorio para trabajar con el segmento de realidad seleccionado. En este sentido, el conocimiento en biología depende tanto del modelo, organismo o segmento de la naturaleza que el investigador seleccione, así como de la metodología y el sistema experimental con el cual lo investigue.

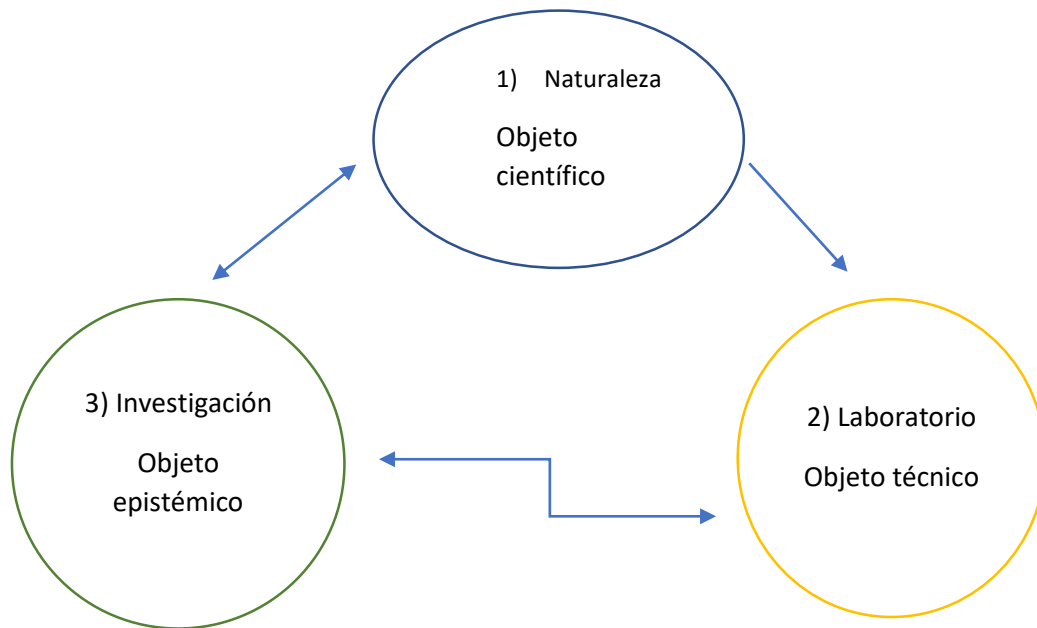
De esta manera, la idea de Francois Jacob y el cómo es introducida en el argumento de Rheinberger muestra que el sistema experimental al partir de una selección de la naturaleza, no puede ser un conocimiento total de la esfera biológica, sino que está siempre justificado en un contexto de investigación acotado por dicha elección inicial y las posibilidades inherentes del sistema mismo: “On this choice depend the experimenter’s freedom to manoeuvre, the nature of the questions he is free to ask, and even, often, the type of answer he can obtain”. (*Ibiden*).

Para Rheinberger existe una sutil distinción que no es tanto *material* sino funcional dentro del laboratorio entre un objeto científico, un objeto epistémico y un objeto técnico. Pueden definirse los tres tipos de objetos en el siguiente sentido:

- a) **Objeto científico:** es un conjunto de entidades relacionadas en el ámbito natural. Es una entrada natural al sistema experimental, puede ser un proceso físico, químico o biológico.
- b) **Objeto epistémico:** es la forma material, es el arreglo experimental que adopta en el laboratorio la entrada natural seleccionada (objeto científico).
- c) **Objeto técnico:** una contestadora automática de preguntas que, si se establecen los contornos adecuados de reproductibilidad del sistema, siempre contesta de acuerdo con la pregunta bajo la cual se guío su construcción.

En este orden de ideas, el autor señala que el “objeto epistémico” no está por completo definido, es decir, que presenta cierta vaguedad: *vagueness* (Rheinberger, 1997). De ahí que el modelo de dicho autor señala una marcada oscilación entre los diferentes objetos que lo constituyen. El círculo de retroalimentación entre los diferentes objetos dentro del sistema experimentales se va extendiendo y actualizando en el decurso de la investigación, véase el siguiente esquema:

Oscilación de un Sistema Experimental



De acuerdo al modelo de Rheinberger, existe una oscilación y mutua retroalimentación entre los tres

De esta manera, la naturaleza es procesada en el laboratorio de acuerdo al arreglo experimental de la instrumentación del laboratorio. Este movimiento genera conocimiento, que es perfectible (falible) en un sentido positivo, ya que el sistema experimental de Rheinberger muestra una “progresión” en donde la investigación permite cada vez una mayor sofisticación en los resultados del sistema.

La primera relación funcional se da entre el objeto científico y el objeto epistémico. La epistemología historicista en donde se propone el modelo de sistema experimental que nos ocupa, admite un componente de realidad en su núcleo. De acuerdo con nuestro autor, el centro del esfuerzo en la investigación se encuentra constituido por la elección que los científicos realizan de un determinado objeto científico.

Dicho objeto es en un sentido importante una propiedad de la naturaleza, como una reacción química o una función biológica. “The scientific object is a physical structure, a chemical reaction, a biological function whose elucidation is at the center of the investigative effort”. (Rheinberger. 1992, p 310). Es notable, de esta forma, cómo en el laboratorio se trabaja con un *input* natural que, para Rheinberger entra en una dialéctica con la experimentación del laboratorio para producir un nuevo tipo de objeto que es denominado bajo la categoría de “objeto epistémico”.

El objeto epistémico es la forma material que adopta en el laboratorio la entrada natural seleccionada. En este caso la función biológica, debe ser preparada bajo el arreglo que posibilitan los medios y los recursos tecnológicos de los cuales disponen los biólogos.

En este orden de ideas, existe una preparación de la entrada natural para que ésta pueda ser analizada y manipulada dentro de una serie experimental: “In the contrary, as an *epistemic thing*, it is yet in the process of becoming materially defined. How does that work? In order to work, one needs an arrangement to which to refer for the experimental conditions or the *technological objects*” (Rheinberger. 1992, p 310), *Cursivas en el original*.

Se obtienen de esta forma los siguientes puntos a considerar: la elección del objeto científico y el modo de trabajo que constituye el objeto epistémico. Así, este último moldea el *input* natural, es decir, lo incorpora al sistema experimental y al mismo tiempo determina las posibilidades en las que el primero puede ser expresado.

Rheinberger refiriéndose a los objetos epistémicos afirma: “They *contain* the scientific object in the double sense of the word: they embed it and they restrict it. The constellation looks simple and obvious. But the point to be made here is that within the experimental system both types of objects are engaged in a non-trivial interaction”. (Ibidem), *Cursivas en el original*.

Parafraseando esta idea, se entiende que, delimitado un objeto científico, pueden existir diversos modos de manipularlos según diversos sistemas experimentales con múltiples maneras de construir objetos epistémicos. Una cosa es la función o el proceso biológico, y otra cosa es la interacción en cómo ésta es manejada en el laboratorio de acuerdo con determinados propósitos en la investigación.

En la dialéctica de un sistema experimental aparece un tercer momento que es nombrado el “objeto técnico”. Antes de exponer la idea de esta importante noción, conviene notar que el sistema al ser un movimiento que oscila de forma recíproca entre los elementos que lo componen, aparece como un círculo virtuoso. Esto explica por qué Rheinberger insiste en que la distinción entre objetos dentro del laboratorio no es material sino funcional.

De esta manera se entiende que el proceso de experimentación del sistema genera un conocimiento que puede dar cuenta del objeto científico. La pregunta es: ¿por qué una bacteria *E coli*, (bajo las condiciones artificiales del laboratorio que son controladas como la temperatura, el pH, entre otras), puede enseñarnos propiedades de la bacteria en estado natural?

La respuesta a estas cuestiones es positiva y la razón reside en que el objeto epistémico-técnico comparte propiedades con el objeto científico (natural) seleccionado, que a pesar de que este entra al arreglo del sistema experimental y pasa por una transformación, mantiene elementos básicos que permiten realizar la traducción y generar conocimiento.

El resultado del sistema experimental es la oscilación hacia un objeto técnico, producto de todo el proceso que los científicos han realizado. Rheinberger (1992) lo define en términos de *cuestiones*, para él, un objeto técnico es una contestadora automática de preguntas. En este sentido, la metáfora que emplea el autor, indica que, con el objeto técnico, se pueden responder “preguntas” que muestran propiedades del sistema. De este modo en su carácter iterativo, señala el autor que, si se establecen los contornos adecuados de reproductibilidad del sistema, siempre contesta de acuerdo con la pregunta bajo la cual se guió su construcción. De este modo se está generando conocimiento científico en el laboratorio mediante los arreglos del sistema experimental.

Por el contrario, un objeto científico es una máquina generadora de preguntas, es decir, que la selección de entidades naturales se realiza con miras a establecer un sistema experimental bajo el cual se describa y manipulen las propiedades de dicho objeto científico. Bajo esta óptica un ejemplo puede ilustrar el caso: la reciente creación de una serie de vacunas contra SARS-CoV-2, puede entenderse como el objeto técnico resultado del arreglo experimental y los procesos y funciones biológicas que inspiraron la creación de cada una de las vacunas constituyen los objetos científicos. Como se observa, una vez seleccionado un objeto científico, existen diversos modos de generar una vacuna que sea efectiva, y de acuerdo con estándares de aceptación previamente establecidos por la investigación.

La creación de tal objeto técnico (una vacuna para menores, por ejemplo) requiere el desarrollo de un sistema experimental distinto de los que se han probado hasta el momento. Se tendría que seleccionar una nueva variación como entrada natural (objeto científico) y el resultado sería la reproducción en serie, por millones de la vacuna, es decir, se trata de responder como objeto técnico y de la misma forma la pregunta inicial según el vocabulario empleado por Rheinberger.

Quedan todavía dos cuestiones por considerar en mi análisis del texto de Rheinberger, la primera es la posibilidad performativa y diferenciadora del sistema experimental, y la segunda es el modo en el cual este se expresa como “grafema”. Ambas son categorías filosóficas que el autor retoma del filósofo francés Jaques Derrida, expuestas en su *Gramatología* (1967).

De acuerdo con Rheinberger, un sistema experimental y el objeto científico que lo motiva, es una estructura que se representa y configura en una reproducción diferenciadora y es por lo tanto un sistema abierto e inacabado.

De entrada, al inicio no se puede establecer con claridad el rumbo que tomará el objeto científico en la dialéctica hacia convertirse en un objeto técnico. Eso debe descubrirse-construirse en la implementación del arreglo experimental mismo. La forma final que adopta el sistema para producir un objeto técnico, es una materialización de muchos posibles resultados que podrían haberse generado. Este es uno de los motivos más importantes por los cuales la investigación se mantiene abierta, ya que se pueden seguir generando nuevos objetos científicos.

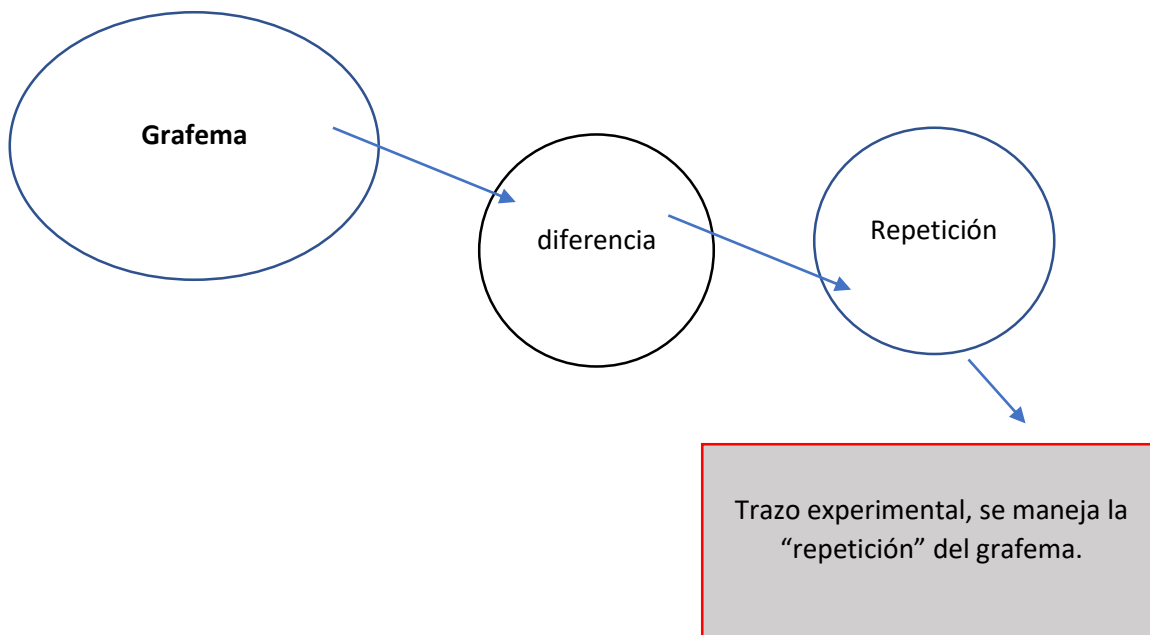
Así, existe en la oscilación de la *diferencia*, un componente de azar que en la propuesta de Rheinberger adopta la forma de resultado imprevisto (*unforeseen*). “An experimental system with its scientific object under investigation is an inherently open and unfinished structure. A scientific object, and *a fortiori* its ultimate transformation into a technological object, may not even be imagined when an experimental arrangement is in the course of being established” (Rheinberger. 1992, pp 321-322), *Cursivas en el original*.

Más tarde, cuando en el proceso de repetición diferenciador se alcanza un resultado estimable, entonces se detiene la diferenciación y se reproducen las condiciones del arreglo experimental con el fin de estabilizar la producción del objeto técnico.

En el sistema experimental, el proceso de representación que genera conocimiento en la dialéctica del laboratorio es posibilitada por el “grafema”, es decir; los trazos materiales de las interacciones entre la entrada natural, el objeto epistémico y las condiciones técnicas de manipulación en la investigación, esto puede ser expresado por ejemplo con esquemas o gráficas, así el “grafema” aparece, como el registro de los diversos modos de expresión material del desarrollo del sistema experimental.

Para Rheinberger el “grafema” es el trazo o huella material que se modela y direcciona en su repetición, fruto de la diferenciación de la oscilación del sistema experimental, véase el siguiente esquema:²⁴

²⁴ Véase la siguiente página.



En el esquema pueden observarse las fases del arreglo experimental para estabilizar las repeticiones y producir el “grafema”, las flechas indican un orden temporal dentro del sistema experimental para moderar el proceso iterativo del grafema.

Como se ha indicado, el “grafema” es una unidad mínima visible con la que se registra una palabra y señala el significado asociado a ella. Este es el sentido de grafema original en la obra de Jaques Derrida. El sentido en el que lo usa Rheinberger, el grafema es el registro del trazo experimental que se va diferenciando, hasta que el sistema experimental logra estabilizarlo y maneja su repetición.

2.4 Una lectura de la máxima pragmática de Charles Peirce y el modelo de Hans J. Rheinberger

El realismo científico, se define comúnmente, de una manera estructural, como un fundamento de la naturaleza justificado desde la ciencia física. La forma que adopta esta postura encuentra en el realismo óptico estructural (Chakravartty .2017) (French. 2018) un argumento como el del *no milagro* que define a las teorías científicas como una aproximación correcta en la descripción de los componentes esenciales de la realidad. Esta posición asume a la ciencia física como la mejor aproximación epistemológica sobre la descripción correcta de la naturaleza.

Existe una variante radical del realismo estructural conocida como realismo óptico (French. 2018). El realismo estructural es una tesis principalmente epistémica ya que en última instancia puede admitir un realismo de entidades físicas en su argumento. En cambio, la posición radical óptica es una tesis ontológica, pues para esta postura *la estructura es todo lo que hay* en la realidad como fundamento (Rivadulla 2014).

Como se observa el grado de abstracción del argumento realista óptico es muy grande, a pesar de ser una tesis muy radical y difícil de aceptar desde la interpretación basada en un realismo de procesos en biología como el que aquí se defiende, lo cierto es que el realismo óptico es una postura que goza de gran aceptación en diversos círculos académicos (Chakravartty. 2017). (French. 2018), (Penrose. 2020), (Psillos. 2008).

El polo opuesto del realismo óptico corresponde a posiciones constructivistas sociales fuertes. El argumento constructivista es representado en esta tesis por la postura de Karin Knorr Cetina (1991). Para el constructivismo social la labor de la investigación en ciencia puede ser reducida, debido a que, se explica y justifica sólo desde el ámbito social.

De este modo, la injerencia social en la práctica científica como los fondos de apoyo e inversión para los laboratorios, la disponibilidad de recursos con los que cuenta un proyecto y la instrumentación de los aparatos de medición que son capaces de adquirir, al igual que los prejuicios y concepciones de cada investigador, afectan por completo la labor que estos realizan en el laboratorio.

Para el constructivismo social, no existe una objetividad en la práctica científica. En su lugar, se realiza una interpretación relativista extrema del contenido del saber científico. Para esta posición, la ciencia es marcadamente una actividad interpretativa. De este modo, se niegan por completo las propuestas del realismo científico.

Es verdad que la ciencia al ser una actividad humana se ve influenciada por el medio social desde donde se gesta. Es decir, el contexto histórico es un factor importante para entender el desarrollo del conocimiento científico. Pero eso no implica que todos los productos de la investigación se puedan reducir a la esfera de la sociedad.

Ahora bien, el tipo de realismo que se defiende en la presente tesis consiste en asumir una parte activa del mundo natural que permite construir funciones para los fines prácticos que requieren los seres humanos. Esta posición que he dado en llamar *constructivismo natural* está en sintonía y es inspirada por la máxima pragmática que formuló Charles Peirce en 1878.

El pragmatismo en Peirce puede ser entendido como un punto intermedio entre los extremos del realismo óntico por un lado y el constructivismo social fuerte por otro. La idea que defiende en la presente tesis, es que dentro del laboratorio se trabaja con entradas de procesos naturales, que más tarde salen a la esfera de la sociedad en forma de medicamentos, agricultura y demás beneficios para los seres humanos.

En este sentido, gracias a la aplicación de la máxima de Peirce al espacio de los sistemas experimentales de los laboratorios. Es posible realizar una interpretación en donde “las consecuencias en la práctica” que indica la máxima, sean leídas como las consecuencias que generan los laboratorios de biología molecular mediante las aplicaciones logradas, esto obedece a los resultados de la investigación en ciencia.²⁵

2.5 Antecedentes de mi propuesta en filosofía de la Biología

En la década de los 90's del siglo pasado, se torna estelar la discusión sobre realismo de procesos y entidades en biología. Autores como Sylvia Culp, Andrew Pickering, William Bechtel y el propio Hans Jörg Rheinberger definen la discusión sobre la importancia que representa la biología como ciencia y su relevancia para discusiones sobre la naturaleza y las metodologías de investigación en el laboratorio. En este periodo se comienza a desarrollar con mucha fuerza la filosofía de la ciencia basada en prácticas.

Como se observa, el foco de realismo que se obtiene desde una filosofía de la ciencia que sitúa el centro del argumento en la práctica científica es diferente, enriquece y reaviva el viejo debate sobre el realismo en ciencia, el cual tradicionalmente se había centrado en teorías y en la ciencia física exclusivamente. A partir de los años 90's, el nuevo escenario sobre la discusión realista será la filosofía de la ciencia en biología y pensada principalmente desde las prácticas concretas de laboratorio.

En este orden de ideas, la Biología propone nuevos argumentos que son más acordes con la práctica científica real, diferente del tipo de realismo que se había pensado tradicionalmente desde la

²⁵Para Peirce, la máxima, expresa una metodología de inteligibilidad en donde inferencia y consecuencia sensible se afectan mutuamente en la actividad científica. Recordemos en este sentido que Peirce fue un filósofo al cual le preocupó bastante y se ocupó en gran parte de su obra de la inferencia científica. Esta aclaración se realiza con el propósito de tomar distancia crítica de aquellas lecturas que reducen la máxima a un mero instrumentalismo.

Física, un ejemplo, se encuentra en la tesis de propiedades emergentes.²⁶ Dentro de esta pléyade de importantes filósofos de la Biología que desarrollaron la discusión realista basada en prácticas a finales del siglo pasado, considero que la propuesta de Hans Rheinberger destaca por su claridad. Además, su modelo de *sistema experimental* continúa teniendo vigencia, al marcar la dialéctica que se ha expuesto en el apartado anterior relativo al objeto científico y su proceso de transformación hacia un objeto epistémico y el objeto técnico.

Una de las principales ideas de la presente tesis doctoral consiste en mostrar, cómo el modelo de Rheinberger puede ser complementado con aportes de la máxima pragmática de Peirce. De este modo se genera una propuesta que me permita analizar con mayor profundidad y detalle ejemplos concretos de relevancia internacional como la técnica de edición genética CRISPR/Cas9.

La noción de realidad en Peirce completa de forma importante el modelo de sistema experimental de Rheinberger, ya que para el primero es explícito que las consecuencias en la práctica de nuestra concepción de un objeto constituyen nuestra comprensión de dicho objeto según señala la máxima pragmática. En este orden de ideas, para Peirce la comunidad de especialistas que conforma el esfuerzo colectivo del *método de la ciencia*, el cual es la mejor manera para clarificar nuestras ideas debido a la prueba de adecuación en la práctica de los resultados experimentales.

Dicho método se constituye por la unidad de inteligibilidad en el orden racional de los tres tipos de inferencia que conforman la investigación en un proyecto determinado. Es decir, el pragmatismo derivado de la máxima de Peirce pone en primera línea del argumento realista a la comunidad de especialistas de élite que emplea el método de la ciencia, y de este modo se puede hacer explícito y explicar los efectos de la actividad experimental centrada en prácticas, destacando sus consecuencias, médicas, epistémicas y su injerencia en la sociedad.

Es posible postular en Peirce, bajo cierta lectura, indicios de epistemología historicista, ya que por un lado la “comunidad” de investigadores se comunica, resguarda y transmite el saber cultural que ha generado la ciencia. En segundo lugar, en Peirce es claro que, al aplicar la máxima en su carácter de consecuencias en la “práctica”, se hace explícita la relación entre la comunidad de

²⁶ Una fuerte objeción a la posición realista reduccionista es la noción de propiedades emergentes en biología, dicha tesis sostiene la existencia de elementos y relaciones “emergentes” en los organismos que no logran ser explicadas desde un simple reduccionismo como el que postula la tesis realista óptica. Si bien es cierto que los eventos en la naturaleza se constituyen esencialmente a escala microscópica con los componentes admitidos por la ontología de la ciencia física, eso no justifica el reduccionismo total. En otras palabras, el mundo biológico es más rico y complejo que la sola relación estructural de átomos según reclama la consigna óptica.

investigadores y los sectores de la investigación y maquinación de los productos científicos (este es un sentido de consecuencias en la práctica). De este modo, ciencia y sociedad entran en una relación de aliciente y retroalimentación, ya que se apoyan mutuamente.

El segundo punto de interés de mi propuesta, es que para Peirce la abducción es la lógica del pragmatismo; esta se interrelaciona en un todo coherente de sentido con los diversos modos de inferencia para que se establezca la lógica de la investigación. Esta idea complementa muy bien la noción de *unforeseen* de Rheinberger, ya que, para este autor, todo sistema experimental se encuentra con anomalías y es en cierto grado abierto e inesperado.

De este modo, el modelo de Peirce gracias a la categoría de abducción puede explicar el proceso racional del descubrimiento en el que el nuevo hallazgo queda explicado de forma racional dentro del sistema. Cito a Barrena: “La peculiar naturaleza abductiva convierte al proceso lógico que lleva al descubrimiento — sin dejar de ser lógico— en una peculiar mezcla de diversos factores, *no sólo racionales*, que explican el carácter sorprendente e inesperado del nuevo hallazgo”. (Barrena, 2003: 61. *Cursivas mías*).

Como se observa, el modelo de Peirce proporciona una inteligibilidad al proceso de investigación en ciencia que nos permite explicar el carácter de inferencia dirigida en la práctica, ya que, desde el todo relacional de la lógica de la investigación, se puede dirigir en cierto modo los efectos de la investigación, es decir sus consecuencias en la práctica, cosa que no es explícita en Rheinberger.

Una tesis central del planteamiento de “objeto epistémico” de Rheinberger puede ser complementada y explicada desde esta noción de investigación y realidad de Peirce. En su libro de 1997 (*Towards a history of Epistemic things*) Rheinberger sostiene que los objetos epistémicos se presentan “in an irreducible *vagueness*” (Rheinberger. 1997, p 28, *cursivas mías*). Esta idea de vaguedad en el objeto epistémico se clarifica desde el realismo de Peirce, ya que la investigación tiene como resultado el transitar hacia el objeto verdadero. En este sentido, el camino de la investigación para Peirce es falible; para Rheinberger vago. Mientras se transita hacia el final de la investigación se va ganando claridad.

2.6 Una lectura de CRISPR/Cas9, desde mi modelo interpretativo

En contra de pretensiones racionalistas de tipo absoluto que presuponen un mundo acabado con un comportamiento nomológico legaliforme. Ciertas técnicas, como la que se ha seleccionado para realizar el estudio de caso, muestran que la realidad admite transformaciones y actualizaciones de estados posibles en el decurso del proceso de un sistema experimental.

Es importante en este orden de ideas aclarar que no toda actualización es admisible según reclama la tesis constructivista social. No todo el proceso experimental es una agencia humana, sino que se trabaja con motivos naturales, como lo ejemplifica CRISPR/Cas9, técnica inspirada en procesos biológicos naturales en el ámbito de los organismos bacterianos.²⁷

La técnica de edición genética CRISPR/Cas9 perfeccionada y editada por Jennifer Anne Doudna y Emmanuelle Charpentier, se basa en un complejo sistema inmunitario de las bacterias que les ayuda a enfrentar amenazas producidas por los virus. Se trata de una inmunidad adquirida, o adaptativa, que archiva y *reconoce* las secuencias de ADN de los patógenos de ataques anteriores y corta su ADN en caso de una nueva infección. Como señala, uno de los principales innovadores de la técnica, Mojica:

“Es realmente sorprendente y muy excitante la facilidad y eficiencia que nos ofrece el sistema CRISPR-Cas. Pero es importante no olvidar el origen de esta técnica: fueron los *microorganismos y la naturaleza* los que, una vez más, pusieron a nuestra disposición una solución innovadora”.²⁸

Como se observa en la declaración de Fernando Mojica, el origen de la técnica es inspirado por un proceso propio de bacterias contra virus, si bien la aplicación de CRISPR/Cas9 en mamíferos es un tanto diferente a la función original que tiene en bacterias, en sentido estricto se mantiene el principio de corte mediante la endonucleasa Cas9 en ambas regiones del espectro biológico.

²⁷ La técnica de corte molecular **CRISPR/Cas9**, ganadora del premio nobel de Química en 2020, es un excelente ejemplo de la eficacia que puede alcanzar la actividad de laboratorio en la “creación” y aplicación de herramientas basadas en procesos biológicos. La promesa de extensión de CRISPR/Cas9 en ámbitos sociales cada vez más amplios es una muestra de la necesidad de crear filosofía de la ciencia capaz de explicar y describir las características epistemológicas, contextuales e históricas que conlleva el desarrollo de dicha tecnología biológica. Una de las cuestiones más importantes en este sentido es el tipo de realismo implicado en CRISPR/Cas9.

²⁸ Mojica FJ, Montoliu L. "On the Origin of CRISPR-Cas Technology: From Prokaryotes to Mammals" *Trends Microbiol.* 2016 Jul 8. *Cursivas propias.*

Lo importante es caracterizar el proceso mediante el cual un motivo natural de procariotas se puede transformar en el laboratorio a una función en eucariotas. Este paso de agencia científica es lo que defino como: “constructivismo natural”.

En esta línea argumentativa de Mojica, Jennifer Anne Doudna y Emmanuelle Charpentier, en “The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas 9”. Realizan un esquema cronológico de la evolución de la técnica que nos ocupa, muestran con claridad el origen bacteriano de la endonucleasa Cas 9 como un sistema adaptativo que genera inmunidad en células procariotas, cito: “In 2007, infection experiments of the lactic acid bacterium *Streptococcus thermophilus* with lytic phages provided the first experimental evidence of CRISPRCas-mediated adaptive immunity”. (Doudna y Charpentier. 2014, p1078).

Este elemento de inmunidad adquirida que señalan ambas autoras, es una entrada natural al laboratorio, aunque, con la técnica y estudio de caso seleccionados, se ha logrado trasladar el proceso natural de inmunidad en procariotas a células eucariotas. Un punto nodal de mi tesis es que el modelo Rheinberger y la máxima pragmática de Peirce permite dar sentido, y explicar este proceso.

De este modo, la inmunidad mencionada en bacterias contra virus es un proceso biológico natural que dentro del *Sistema Experimental* de Rheinberger puede ser interpretado como el *objeto científico*. Dicho proceso cumple con las características de esta categoría filosófica al ser una selección intencionada por parte de los investigadores para comenzar el proceso de experimentación.

Este *input* natural es transformado, traducido y desarrollado hacia un objeto epistémico como es ya el resultado de la enzima cas9, ahora actuando en edición genética en células eucariotas, el resultado final del proceso hacia el cual oscila el sistema experimental son los efectos en la escala médica, epistémica y biológica como los medicamentos antivirales contra VIH o la tecnológica transgénica derivada de CRISPR/Cas9. Estos efectos y productos de la investigación deben de ser entendidos como el *objeto técnico*.

La aplicación del modelo de Rheinberger al estudio de caso, clarifica un motivo importante de mi propuesta, de tal manera, entiéndase constructivismo natural en el siguiente sentido: no existe una diferenciación radical entre natural como proceso de la escala biológica y artificial como resultado de la interacción entre objetos técnico-epistémico.

Con el modelo de Rheinberger se evidencia que el ser humano “construye” su propia realidad, pero no en el sentido social del constructivismo fuerte, sino en el sentido de adecuar y traducir en una implementación de procesos biológicos naturales, efectos y productos tecnológicos que, además

atienden las demandas que los seres humanos imponen a la labor de la investigación. Esta relación entre artificialidad-naturalidad de la realidad es virtuosa y no se contraponen.

De este modo, no hay diferencia entre natural y artificial dado que son dos caras de lo que consideramos “real”. La labor científica no es, como se entiende tradicionalmente, descubrir objetos de la naturaleza, sino construir la realidad humana en base a los potenciales de la naturaleza aplicados a las necesidades, deseos, del ser humano.

Es posible desarrollar esta última idea con precisión a partir de la complementariedad de lo expuesto sobre Rheinberger y ahora podemos sumar la aplicación de la máxima pragmática al estudio de caso seleccionado.

Desde el modelo filosófico de Charles Peirce, es posible dotar de una dirección a las consecuencias tangibles y conceptuales de nuestra concepción de un concepto en la práctica. En este caso, gracias al todo relacional de los tres tipos de inferencia que se justifican en última instancia en procesos abductivos que permiten modelar el carácter imprevisto en la investigación y así explicar los nuevos hallazgos.

Tenemos que se puede dirigir con éxito la empresa científica y explicitar el carácter racional de la comunidad de especialistas que están creando efectos en la experiencia. En este caso la teoría no antecede a la práctica, sino que, tras la manipulación y la puesta en marcha de la tecnología del laboratorio, los resultados obtenidos ganan en comprensión teórica sobre el proceso biológico en cuestión; en este caso CRISPR/Cas9.

De esta manera, al considerar la noción de realidad que más se adecua al curso de los resultados y el proceso de la investigación en técnicas como la que constituye el ejemplo del estudio de caso. Puede decirse que lo real es aquello que la comunidad de especialistas construye desde la racionalización de la inferencia, siempre con miras a satisfacer los estándares de aplicabilidad que la sociedad requiere.

Así el modelo Rheinberger y la máxima de Peirce ha mostrado ser una clave conceptual adecuada para realizar filosofía de la ciencia desde las prácticas científicas aplicadas a la adecuación, dirección y creación de herramientas inspiradas en motivos de procesos naturales.

Tercer capítulo: Estado del arte sobre la noción de “Procesos” en filosofía de la Biología

3.0 Introducción

La relevancia de la noción de “procesos” para la filosofía de la biología contemporánea ha mostrado ser un punto de inflexión fundamental en la conformación de nuevas maneras de entender a las ciencias naturales, los organismos, las aplicaciones y los desarrollos científicos que las comunidades humanas han efectuado en diversas prácticas para buscar una integración adaptativa y de mutua influencia entre sociedad y naturaleza.

Gracias al desarrollo de herramientas tan eficaces como la nueva biotecnología en campos científicos diversos, y a la especialización en el aprovechamiento de recursos y procesos biológicos, los seres humanos se han adaptado en formas cada vez más complejas y eficaces a las demandas y retos que atravesamos como sociedad.

En este sentido la *filosofía de procesos* en biología, es un campo emergente que goza de una actualidad en notables centros educativos y de investigación en las principales universidades del mundo. Uno de los pronósticos que derivo de mi posición teórica, es que la ontología de procesos comenzará a ganar mayor audiencia en diversos centros académicos en los siguientes años.

El presente capítulo está enfocado en la noción de “procesos biológicos”, en él he integrado la historia y antecedentes de la tradición filosófica occidental sobre intuiciones antiquísimas como el *fluir* y el movimiento. También se expone y analiza el desarrollo de la metafísica de Alfred N. Whitehead, como una filosofía que intentó sistematizar la noción de proceso y por tal motivo ha ganado su lugar en la historia de la filosofía de la biología, como una referencia obligada para esta materia. Este examen es la parte inicial del capítulo.²⁹

En el segundo apartado del capítulo se exponen, analizan y discuten algunas de las principales posturas sobre la noción de procesos en la filosofía de la biología contemporánea. Ese

²⁹ Posteriormente, en el segundo apartado del capítulo, presento exhaustivamente las principales tesis del estado del arte de la discusión sobre la noción de proceso en filosofía de la biología. En el año 2018 se publica en Reino Unido, un libro que contiene una gran variedad de artículos sobre la noción de procesos en biología, los ejes de enfoque van desde la metafísica del proceso, hasta aplicaciones a casos concretos de biomedicina como tratamientos contra algunos tipos de cánceres. El libro también presenta estudios de procesos en biología molecular y genética molecular, así como genética de poblaciones. El título de esta obra es *Everything flows: Towards a Processual Philosophy of Biology* (2018). La obra condensa el trabajo de los últimos años de diversos investigadores y académicas de prestigio que se han ocupado de elaborar una filosofía del proceso en biología, el libro es compilado por John Dupré y Daniel Nicholson. De hecho, en el semestre de verano (2022-2). El mismo Dupré impartió un curso sobre la noción de procesos en biología, en la Universidad de Exeter, en donde ejerce su actividad académica.

apartado cumple con el propósito de presentar el estado del arte de la discusión sobre dicha noción de “procesos”.

En la tercera sección del capítulo se expone y discute la posición de una filosofía de la ciencia centrada en prácticas relacionada con la sociología de la ciencia, tal como es presentada por Sergio Martínez y Xiang Huang (2015). Esta manera novedosa de entender a la filosofía de la ciencia desde una posición centrada en prácticas, se distancia de una noción teórica basada en modelos mecanicistas.

Mi idea es que existe una tercera vía para dirimir el dilema. A saber: es posible hacer una filosofía de la ciencia centrada en prácticas, pero no sólo justificada en la sociología de la ciencia como es la propuesta de Martínez y Huang, sino en *una ontología de procesos en biología*, lo cual es la solución que propongo en mi tesis denominada “constructivismo natural”.

Una vez establecida la relevancia del estudio sobre la noción de procesos en filosofía de la biología, y mostrado el estado del arte de la discusión, en la conclusión del presente capítulo, se mostrarán dos aspectos importantes de mi tesis doctoral, a saber: cómo la construcción natural está compuesta por dos tesis interrelacionadas, una tesis filosófica de carácter global que puede ser aplicada a diversos campos de la filosofía de la ciencia, y una tesis local de procesos que explica un estudio de caso concreto como es la técnica CRISPR/ Cas9, estudio de caso seleccionado en mi tesis doctoral.

En suma, con el presente capítulo sobre la noción de procesos en filosofía de la biología se sentarán las bases para justificar y desarrollar el argumento de mi tesis doctoral, en el capítulo IV de la presente investigación.

3.1 Noción de proceso en Alfred N. Whitehead

La noción de proceso es el punto fundamental de reflexión en la propuesta de Alfred Whitehead,³⁰ en este orden del argumento, una de las razones que critica el autor de la tradición metafísica, es que la historia de la filosofía occidental se ha ocupado en su mayor parte en pensar la realidad y el

³⁰ Ya en 1920, Whitehead comienza a preocuparse por cuestiones filosóficas y escribe: *The concep of Nature*. Para 1924 llega a Harvard invitado por el profesor Henry Osborn Taylor, es ahí en donde Whitehead escribe su obra más importante en filosofía: *Process and Reality* (1929), el punto de partida de la posición de Whitehead (al igual que en Peirce), es la distancia crítica del dualismo cartesiano. El autor inglés permanecerá en Harvard hasta su muerte en 1947. La nota importante de la migración de Whitehead a Estados Unidos, es que el autor se ve fuertemente influenciado por el pragmatismo norteamericano y prueba de ello es la filosofía que decanta, pasando de una noción matemática estructural en los *Principia* (1910- 1913), a realizar una ontología de procesos en su obra posterior.

fundamento del “ser” estableciendo conceptos *fixos*, Whitehead ve esta propiedad de la metafísica como una falta que debe de ser subsanada, cito:

“En conjunto, la historia de la filosofía apoya el reproche de Bergson de que el intelecto humano “especializa el universo”, es decir, *que tiende a ignorar el fluir, y a analizar el mundo en función de categorías estáticas*”. (Whitehead, 1929, p. 286). *Cursivas mías*.

De este modo, la tarea de la propuesta filosófica de Whitehead consiste en mostrar el “fluir” y constante cambio en la naturaleza. Es en el capítulo X de *Proceso y realidad* en donde el autor define el objetivo de su sistema como una re-conceptualización de la metafísica apoyada en la categoría de proceso, que, por consecuencia, adopta con gravedad la noción de fluir para erigir su argumento: “El fluir de las cosas es una generalización última en torno a la cual tenemos que tejer nuestro sistema filosófico” (Whitehead, 1939, p. 284).³¹

Este cambio de posición en torno al eje de reflexión en la metafísica, le permite al autor desarrollar una filosofía con proposiciones significativas que explican y presentan aspectos de la naturaleza, que no había sido posible modelar y ejemplificar mediante los sistemas tradicionales de la metafísica en Occidente.

No obstante, como el mismo Whitehead reconoce, existen algunos intentos de filosofía no sistemática que anteceden a su propuesta, como es el caso del filósofo presocrático, Heráclito de Éfeso, en donde también se expone el “fluir” como una categoría inherente a la realidad. Aunque en el caso del pensamiento de éste filósofo, no existe un desarrollo preciso de sus intuiciones metafísicas y, por lo tanto, no construye propiamente un sistema, sino que su móvil expresivo es inclusive metafórico.

Whitehead acepta y registra, en el capítulo X de la obra que hemos mencionado, la importancia de las intuiciones de pensadores como Heráclito: “La primera generalización vaga que produjo la intuición de los hombres, *no sistematizada, apenas analizada*, es que “todas las cosas fluyen””. (Whitehead, 1939, p. 284). *Cursivas mías*.

³¹ Se debe señalar que ya en la *Física* de Aristóteles, se muestra un planteamiento que admite la potencialidad en la naturaleza, para este autor las cosas pasan de una “potencia” a expresar un “acto”. Es claro que en dicho planteamiento existe un movimiento en la realidad, movimiento que se presenta en el *devenir* de la actualización de las potencialidades de los objetos. Pero esta noción de cambio no tiene la riqueza ontológica y epistémica que es propia de la filosofía del proceso, como se tendrá ocasión de mostrar en el desarrollo de mi propuesta en la última sección del presente capítulo, cuando aborde la distinción entre la categoría de proceso generativo en biotecnología para diferenciarla del cambio tal como lo concibió Aristóteles.

En este orden de ideas, como señala el autor, si bien la intuición de que todas las cosas fluyen, está ya presente en la civilización desde una época antiquísima, el aspecto que he subrayado en la cita, es que dicha intuición no se convierte en sistema filosófico, es decir, que no se analiza y sintetiza con rigor para establecer una ontología propia de una metafísica del movimiento y el fluir. Construir este sistema será el propósito de la obra de Whitehead.

La aportación principal del sistema de Whitehead en relación con la noción de “procesos”, consiste en dos tipos claramente diferenciados de fluir. Es importante notar que ya en este capítulo X que se está analizando, no aparece mencionada la noción de “entidad” para describir la ontología de la naturaleza. Esta distancia con la tradición metafísica es importante porque Whitehead utiliza conceptos distintos de las nociones fijistas tradicionales para describir el fluir en la naturaleza.

De esta manera, no habla como se ha mencionado de entidades, sino de “existencias particulares”, pero, a diferencia de la noción de entidad que es sustancialista y por lo tanto fija, la noción de existencia particular (apropiada del *Ensayo sobre el entendimiento humano* de John Locke .1690), lleva *in situ* el movimiento interno propio de su constitución. Esto es lo que el autor expone como el primer tipo de fluir.

En este proceso el cambio es interno, se mantiene dentro del mismo existente particular, y el segundo tipo de movimiento en el fluir, es cuando una existencia particular transita a otra constitución distinta, es decir, evoluciona a otra ontología. Este es el segundo tipo de proceso que el autor identifica en un existente particular. Cito:

“El descubrimiento es que hay dos clases de fluir. Una es la concrecencia que, en el lenguaje de Locke, es “la constitución interna real de un existente particular”. La otra clase es la *transición* de un particular existente a otro particular existente. Esta transición, también según el lenguaje de Locke, es el “perecer perpetuo” que es un aspecto de la noción de tiempo; y en otro aspecto, la transición es la originación del presente de conformidad con la “potencia” del pasado.” (Whitehead, 1929. p 286).

En la segunda parte del pasaje citado aparecen dos momentos expresados como “temporalidad” (esto quiere decir que aparecen dentro de un momento determinado en el tiempo) para denotar el movimiento de transición de un existente particular a otro estado. Los momentos son “simultáneos”, aunque *por mor* del argumento se deben de presentar cronológicamente, en este orden de tiempos aparece la existencia particular justo como un “perecer”, es decir, se desvanece, no obstante, como se ha indicado, al perecer “surge” al mismo tiempo la potencia posibilitada por las condiciones del pasado.

Gracias a la interpretación que he realizado del concepto de concrecencia en Whitehead³², he formulado una de las características más distintivas de mi noción de proceso generativo, que en cambio no se encuentra formulada de manera expresa en la obra que se ha analizado de Whitehead. Desde mi punto de vista, a Whitehead le hizo falta denotar este doble movimiento de perecer-aparecer.

El elemento que deseo subrayar es que dentro de un proceso generativo se da un movimiento que es *un desvanecer y un surgir simultáneos*. Este movimiento al ser unísono da la ilusión de *estatismo y de entidad fija*, dicho estatismo es lo que la metafísica tradicional ha asociado a la categoría de sustancia.³³

En Whitehead, la primera idea importante en esta definición es que al autor está hablando en términos de procesos, es decir la *concrecencia* es un proceso, por medio de la cual se actualiza una potencialidad y la integración dinámica de “muchas cosas” adquiere una unidad individual. Aquí es importante señalar que existencia o unidad particular no es lo mismo que entidad, la unidad o existencia particular es móvil, es un fluir, es un proceso, mientras que el concepto de entidad es fijo y se expresa en una filosofía basada en la noción de sustancia.

De esta manera, la categoría de *concrecencia* es un concepto significativo del autor que pretende modelar la oscilación característica que he mencionado y que está presente en los procesos de la naturaleza. Debemos enfocar nuestra atención ahora en la dificultad sintáctica y gramática que conlleva este tipo de ejercicio. En específico, Whitehead, construye una filosofía del proceso en términos de la dicotomía naturaleza-sociedad, por tal motivo, el autor está inmerso aún en la tradición Moderna en filosofía, que es dicotómica.

Esto se entiende ya que prácticamente desde Heráclito, Locke, Bergson y Hegel (que son antecedentes de su propuesta), no existe en la tradición metafísica occidental el tipo de sistema que intenta erigir el autor. De hecho, la noción de “existencia particular” sigue siendo muy cercana o guarda una importante relación con la noción de “entidad”, por ejemplo, para un lector lego en la discusión realista sobre procesos.

³² La definición detallada de dicha noción es la siguiente: ““Concrecencia” es el nombre del proceso en que el universo de muchas cosas adquiere una unidad individual en una determinada relegación de cada punto de los “muchos” a su subordinación en la constitución del “uno” nuevo””. (Whitehead, 1938, p. 288).

³³ Para observar de manera experimental esta idea de “movimiento y estatismo simultáneos”, el lector puede recurrir a cualquier experimento de los así llamados “flujos laminares”.

En este sentido, no es caer en un anacronismo el juzgar el sistema de Whitehead, como una filosofía inscrita en el programa moderno. Dicha posición tiene diversos elementos que le caracterizan como una discusión con la tradición metafísica, que será un referente importante para los desarrollos contemporáneos, en donde la filosofía de la biología, y sobre todo la relevancia que ha adoptado la noción de proceso en la actualidad, encuentra un referente importante en el tratamiento que realizó dicho autor sobre el tema.³⁴

Considero que la conclusión central que se ha extraído del trabajo de Whitehead y que puede ser resumida en el siguiente enunciado: *Los procesos en las ciencias naturales son integrativos y oscilan entre un desvanecer y un aparecer continuo que es “simultaneo”*, este movimiento crea la ilusión de estatismo propia de la metafísica anterior a la noción de proceso. Esta importante tesis, tal como ha sido formulada, no está expresada con claridad y de forma explícita en el sistema de Whitehead.

3.2 Estado del arte de la discusión sobre la filosofía de procesos en Biología

En el año de 2018, se publica el libro *Everthing flows: Towars a Processual Philosophy of Biology* en Exeter, Reino Unido. Dicha obra, reúne una serie de artículos de avanzada sobre la noción filosófica de procesos y su relevancia para la filosofía de la biología contemporánea. El libro es compilado por John Dupré y Daniel Nicholson como editores.³⁵

En mi tesis, discuto y me enfoco en los artículos de Ana Laura Nuño de la Rosa, John Dupré, Daniel Nicholson, y James Difrisco. Esta estrategia de selección de los principales desarrollos sobre filosofía de procesos en biología, busca debatir y posicionar mi propuesta dentro de la discusión en el estado del arte contemporáneo.

La categoría de procesos es dinámica y ha sido bien acogida por filósofos de la biología por adecuarse muy bien a la tesis evolutiva y movimiento del mundo biológico. En cambio, su contraparte, es decir, la categoría de “mecanismo sustancialista” es estática. Por tal motivo se ha adoptado principalmente en campos que tradicionalmente han sido mayormente deterministas, como es el caso de la física clásica, James Difrisco expresa este dinamismo en biología del siguiente modo:

³⁴ Como se observa en el desarrollo anterior, la noción de proceso que presenta Whitehead es un intento significativo por formular un sistema filosófico que reemplace las categorías distintivas de la tradición metafísica occidental. Aunque el planteamiento del autor sigue siendo “realista” en el sentido de la dicotomía moderna que se ha subrayado. En cambio, mi propuesta, al ser pragmática, es integrativa como se mostrará en el siguiente capítulo de la presente investigación.

³⁵ Como se señaló en la introducción, el mismo Dupré impartió un seminario en el verano del año 2021 en la Universidad de Exeter sobre la noción de procesos en biología.

“There has historically been a variety of attempts to motivate a shift in ontology on the basis of the *empirically dynamic character of the biological world*”. (Difrisco, 2018, p. 76). *Cursivas mías*.

En Difrisco, los criterios centrales de su argumento son: “persistencia e identidad”, para seleccionar la mayor adecuación fáctica de la noción de proceso sobre su antípoda, la noción de mecanismo y sustancia. Sobre esta base, el autor concluye que la ontología de procesos posee un mayor poder explicativo: “If these arguments are right, then process ontology constitutes a better *domain ontology than substance ontology due to its greater explanatory power*” (Difrisco, 2018, p. 78). *Cursivas mías*.³⁶

Una de las ideas centrales que se pueden derivar del argumento de Difrisco, es que, al cambiar esto, el centro de atención sobre un comportamiento nomológico propio de la noción de persistencia en las sustancias, según es entendido el mecanismo en la filosofía de la biología tradicional. En la nueva filosofía de la biología, ocurre que se ha adoptado como centro de reflexión la noción de procesos, de este modo se ha tomado distancia crítica en relación con los supuestos metafísicos y epistemológicos propios de la filosofía del mecanismo.

Al abandonar esos supuestos epistémicos, y centrar la atención en el “dinamismo” adaptativo y los desarrollos de procesos en el mundo biológico que elaboran los científicos en los laboratorios. Se afecta de manera directa los ecosistemas y nichos urbanos en los cuales se desarrollan las diversas prácticas en donde los procesos se efectúan. De acuerdo con Difrisco, al realizar filosofía de la biología desde la noción de procesos, el filósofo está explicando de una mejor manera el desarrollo de diversos procesos en las ciencias naturales.

Con este movimiento, se entra a una nueva epistemología y esto conlleva, el adoptar otros supuestos ontológicos característicos de la noción de procesos. Se obtiene de este modo una nueva ontología que está comenzando a ocupar el foco de atención internacional en algunos centros de investigación de avanzada, como es el caso de la Universidad de Exeter en Reino Unido.

Difrisco expone su posición sobre este cambio de ontología en las siguientes líneas: “The focus of process ontology, in my view, ought to be on the development of the category of concrete

³⁶ En el artículo de Difrisco (2018), no se ofrecen ejemplos de análisis de su argumento que estén aplicados a algunos estudios de caso. Me parece que un argumento más robusto en filosofía de la biología, debe de ofrecer pruebas de lo que se pretende mostrar al instanciar el razonamiento en casos concretos de laboratorio. En caso contrario, el texto resulta menos consistente, desde mi interpretación la filosofía de la biología contemporánea debe de enriquecer su análisis con ejemplos reales de la actividad científica contemporánea. Situación que no sucede en el texto de Difrisco.

independent processes rather than on process patterns, as only the former have the right categorial features to replace the category of individual substances”. (Difrisco, 2018, p. 86).

El criterio de “persistencia e identidad” que establece el autor, denota una técnica argumentativa para probar la conclusión de sus premisas, señala Difrisco, mientras la ontología del mecanismo es estática y se justifica en una noción propia de la categoría de sustancia, la cual tiene como mayor atributo la persistencia y estabilidad en el tiempo; es decir, la entidad bajo el criterio mecanicista se mantiene inalterable en su estructura.

En cambio, la categoría de procesos si bien es dinámica, no es simple (es decir no establece que los organismos en su totalidad cambian constantemente), por el contrario, es más *realista* al reconocer que tanto a nivel microscópico, como macroscópico, existe cierta permanencia, pero al mismo tiempo mientras unas partes del organismo se mantienen o cambian más lentamente, otras regiones se adaptan o cambian, es decir, se transforman con mayor velocidad.

Bajo esta lectura, la noción de procesos posee mayores propiedades explicativas y axiológicas que la noción de entidad en clave mecanicista, la cual es una parte crucial de la argumentación de Difrisco. El mérito del autor reside en la crítica con la cual muestra las limitaciones epistémicas de la noción de “mecanismo”.

Aunque esta última idea no está expresada explícitamente en Difrisco, el desarrollo de su argumento me ha permitido alcanzar esta conclusión. En el artículo del autor, se enfatiza el aspecto de la temporalidad y el carácter “oscilatorio” del proceso entre identidad y persistencia, en el original aparece:

“The most salient categorial difference between substances and processes concerns their persistence in time: *substances persist by being numerically identical through time, whereas processes persist by having temporal parts at different times*”. (Difrisco, 2018, p 86). *Cursivas mías.*³⁷

Si bien Difrisco argumenta a favor de la principal diferencia entre proceso dinámico y mecanismo estático; gracias a la noción de persistencia temporal, existen otros desarrollos

³⁷ Es necesario considerar que el criterio de persistencia que utiliza Difrisco está bien aplicado al caso de la noción de sustancia. No sucede lo mismo con el caso de proceso, ya que, de acuerdo a los propios términos del argumento del autor, las dos nociones son distintas, de ese modo, conviene utilizar otra categoría para explicar el ritmo temporal del proceso, por ejemplo, a este efecto puede ser más acertado referirse al ritmo del proceso como: “Continuidad”.

complementarios en *Everthing Flows* que acentúan la diferencia de posturas desde otros ángulos, como es la tesis del mismo Daniel Nicholson.

Para Nicholson, el contraste entre proceso y mecanismo se define en gran medida por la función propia de cada una de las concepciones. Ya sea que se adopte una posición dinámica procesual o estática mecánica, se obtendrán diferentes consecuencias. La tesis de Nicholson es que un organismo es un “sistema abierto”, mientras que el funcionamiento de un mecanismo denota un comportamiento de un “sistema cerrado”, cito *in extenso*:

“Organisms have to constantly exchange energy and matter with their surroundings in order to maintain themselves far from thermodynamic equilibrium. Machines, on the other hand, exist in equilibrium or near-equilibrium conditions, and consequently do not have to constantly exchange energy and matter with their surroundings. *Organisms, in other words, are necessarily open systems, whereas machines can be open or closed.*” (Nicholson, 2018. p 144). *Cursivas mías.*

Como se observa, Nicholson posiciona la segunda ley de la termodinámica como premisa central de su argumento³⁸. Por un lado, los organismos intercambian materia y energía con el entorno a fin de mantener una estabilidad termodinámica. No obstante, el movimiento es abierto, a diferencia de las maquinas en donde el comportamiento de estabilidad o no estabilidad termodinámica es cerrado, de acuerdo con el autor.

Una de las diferencias que señala el autor, es que los organismos por contraste con las maquinas, exhiben un cambio integrativo en función de su actividad metabólica. En este sentido, la noción de procesos compagina mejor dentro de una ontología del organismo. De este modo, bajo mi lectura de la propuesta de Nicholson, la noción de proceso es más adecuada para explicar el desarrollo y comportamiento de los organismos, entendidos como sistemas abiertos de intercambio de materia y energía, como se ha señalado en la cita del autor.

Para Nicholson, el creciente interés en cambiar esquemas de pensamiento antiquísimos, como es el caso de la sustitución de la ontología del proceso desde la filosofía de la biología, que

³⁸ La segunda ley de termodinámica, tal como es interpretada por Daniel Nicholson, no es por completo consecuente. Como se mostrará, Nicholson sostiene que las maquinas son “sistemas termodinámicos cerrados” lo cual es un error categorial, ya que lo que se establece del segundo principio de la termodinámica es que es imposible físicamente un sistema cerrado por completo, es decir que no intercambie en ningún grado energía con el entorno. Entiendo el sentido en el que Nicholson contrapone la tesis de mecanismo y proceso como sistema cerrado y abierto respectivamente, de hecho, comparto varios puntos de su argumento, pero, realizar la precisión es importante, ya que el sistema cerrado exigiría un cero absoluto, y esa condición no es físicamente posible.

comienza a reemplazar a una doctrina del mecanismo determinista de la ontología implicada en la física clásica.

De acuerdo con el autor, la complejidad que implica el tema de las *revoluciones intelectuales* y la problemática al intentar establecer y entender el cómo se llegan a instaurar nuevos hábitos de pensamiento en una comunidad: “The greatest intellectual revolutions are those that lead to such a profound reorientation in our habits of thought that following their occurrence it becomes almost impossible to comprehend what it was like to think about things in any other way”.(Nicholson, 2018, p 140).³⁹

La reflexión de Nicholson gira en torno a una pregunta central sobre la sustitución en ontología de la nueva filosofía del proceso ante su predecesora, la metafísica del mecanismo: “After centuries of dominance of the MCO, [Mechanical conception ontological], the question in front of us is simple: what does biological ontology look like when we reject the mechanical and adopt the processual?” (Nicholson, 2018, p 152.) El autor extrae de esta posición tres novedosas lecciones en ontología biológica, a saber:⁴⁰

- 1) *La actividad es una condición necesaria para la existencia*: esta condición expresa la noción de normatividad y agencia. En este punto, Nicholson argumenta que los organismos al ser sistemas termodinámicos abiertos, necesitan un flujo constante de procesos energéticos para mantener un adecuado funcionamiento.
- 2) *La noción de persistencia se enraíza en un continuo auto-mantenimiento de la forma*: esta condición expresa el problema de la persistencia, aquí Nicholson sigue gran parte del argumento de Jonas (1966). En dicho argumento, el autor muestra que la organización puede transformarse porque es una función hasta cierto grado separada (*emancipated*) de la materia.
- 3) *La organización de un organismo no implica un diseño*: esta cuestión concierne al origen del orden en un organismo. En el original puede leerse:

“Organisms, on the other hand, exhibit a dynamic organization in the sense that their form, as we have discussed above, reflects a stabilized pattern of continuous material exchange with their environment. Organismic organization, is dynamic in a further

³⁹ La noción de “revolución intelectual” que presenta Nicholson no es un concepto que el autor desarrolle de manera extensa. Desde mi interpretación, esta dificultad obedece a los múltiples elementos que exige un análisis detallado del tipo de idea que pretende desarrollar el autor. Es conveniente, para complementar la línea de argumentación de Nicholson, que el lector tenga en mente desarrollos más sofisticados y de mayor riqueza filosófica como son las nociones de “paradigma” y “revoluciones científicas” en Thomas S. Kuhn (1962) (1969) y la noción de “programas de investigación científica” de Imre Lakatos (1978).

⁴⁰ En lo siguiente se realizan paráfrasis y comentan cada una de las lecciones ontológicas que Nicholson presenta en su artículo.

respect, namely in its capacity to modify itself so as to compensate against external perturbations—a feature we have also discussed”. (Nicholson, 2018, p 159).

Nicholson, en la conclusión de su argumento; expresa dos ideas que deben considerarse. La primera explica que un organismo es un sistema abierto que interactúa con el entorno intercambiando materia y energía, lo cual conlleva a una auto-regulación que expresa un equilibrio termodinámico.

Dicho equilibrio y aquí el énfasis es mío “No es un enunciado propio de una concepción metafísica, sino un hecho científico”. Cito: “The idea that an organism is an open system which must constantly exchange energy and matter with its environment in order to keep itself far from equilibrium is not a metaphysical claim but a scientific fact”. (Nicholson, 2018, p. 161). *Cursivas mías.*

Desde mi perspectiva, la mayor contribución del autor de su propuesta; es la reformulación de la ontología en filosofía de la biología; es decir, en la sustitución de la noción de sustancia estática, por una posición de proceso dinámico gracias al desarrollo de una filosofía del organismo.

En cambio, en la parte crítica, el relegar la metafísica del modo en el que Nicholson presenta la conclusión sigue en una dicotomía propia de la Modernidad que a mi juicio debe de ser abandonada. Me parece que el autor no desarrolla con precisión la conclusión, es decir, faltan razones para justificar esta parte crítica de su conclusión, esta tesis del autor se inscribe en la tradición positivista de rechazo a toda forma metafísica.⁴¹

La segunda idea importante con la cual cierra el artículo de Nicholson, resume en una frase la tesis central de su artículo: “What cannot be denied is that they are stable metabolic flows of energy and matter.” (Nicholson, 2018, p 162). Aquí se deben señalar dos cosas, primero que la estabilidad metabólica es un movimiento posibilitado por una integración termodinámica entre energía y materia, y como idea coordinada a esta tesis, existe un fluir, un movimiento que es expresado por un proceso dinámico, es condición de posibilidad del equilibrio, dentro de un sistema abierto.

⁴¹ Dentro del programa del *Positivismo lógico*, Rudolf Carnap en el año 1981, publica *La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje*. En este texto se expresa un abierto rechazo a toda forma de metafísica dentro de la filosofía de la ciencia. No obstante, críticas posteriores como la del movimiento historicista, mostraron que el positivismo lógico no logró prescindir por completo de toda metafísica. Por ejemplo, el principio mismo de “verificación” no es empírico, hay que justificarlo en abstracto y es más cercano a la metafísica. Es en este sentido que critico la posición de Nicholson, ya que se encuentra ubicada en supuestos que se inscriben en dicha discusión. Autores realistas ónticos contemporáneos como Chakravarty (2017) y French (2016) retoman la incorporación de la metafísica a la filosofía de la ciencia.

En este punto, aunque no está expreso en Nicholson, es posible atribuir una idea similar a lo que concluí de la propuesta de Difirisco, a saber: *que el flujo en el proceso dinámico de un organismo al ser integrativo, crea la ilusión de estabilidad y quietud, por tal motivo, gran parte de la tradición filosófica lo ha pasado por alto.*

En suma, con este segundo artículo se va completando una visión más robusta sobre las tesis que defiende esta nueva pléyade de autores, en relación con la aplicación y desarrollo de la incipiente categoría de procesos en la filosofía de la biología.

En su artículo “Capturing Processes: The interplay of modelling strategies and conceptual understanding in developmental biology” (2018), Nuño de la Rosa, se observa aquí que el objetivo de la autora en su texto es el siguiente: “this chapter looks at how new techniques for reconstructing developmental processes are contributing to a processual understanding of development” (Nuño de la Rosa, 2018, p.266). Nuño de la Rosa, toma como premisa y evidencia de su argumento la *imagen in vivo* del desarrollo microscópico genético como son las imágenes 4D contemporáneas, obtenidas con diversas tecnologías de avanzada e instrumentación muy sofisticada.

De esta observación y análisis detallado, la autora sostiene que más que una sucesión pasiva y meramente mecánica como cambio de estados explicados en una noción clásica de causalidad propia del mecanismo, la noción de procesos por otro lado, muestra una oscilación que se expresa en diversos “ritmos”.

Existen diferentes escalas e intensidades dentro de un organismo, por ejemplo, de los elementos y reacciones biológicas implicadas en procesos específicos como es el comportamiento del desarrollo genético: “This is the case of those types of biological timing, such as interval timing and rhythms, that cannot be reduced to a mere sequence of events” (Nuño de la Rosa, 2018, p 267). Esta tesis es importante por una razón, “el tiempo”.

Como se señala en la cita, la noción mecanicista no contempla el tiempo en toda su complejidad. Para el mecanicismo estatista, la temporalidad sólo es concebida como una mera sucesión de eventos, en cambio, dentro de la filosofía del proceso, el *timing* de un proceso dentro de un organismo es fundamental, de allí el acento de Nuño de la Rosa en la temporalidad.

La autora expone cómo en un proceso, por ejemplo, el desarrollo de un organismo, existen diversos pasos o *movimientos coordinados*, en este sentido la noción de proceso es más sofisticada y de una complejidad mayor que la noción mecanicista que le precede en la epistemología de la teoría biológica del desarrollo.

Una de las premisas más importantes de la autora es que la implementación de tecnología de avanzada, así como técnicas novedosas de experimentación en los laboratorios han permitido desarrollar una filosofía de la biología más robusta y con mayor poder explicativo, la cual posee mayores propiedades axiológicas que la filosofía de la biología basada en los mecanismos.

De acuerdo con Nuño de la Rosa, este carácter técnico y heurístico de nuevas herramientas de investigación y representación, tiene como consecuencia una novedosa manera de entender el complejo proceso de desarrollo de un organismo desde su estructura molecular básica.

Se observa con claridad en esta idea, cómo la labor de laboratorio (en este caso de una observación más detallada), reporta resultados que influyen de manera directa a los anteriores *corpus* teóricos, de este modo los han ido transformando, para dar paso a una manera original y de gran inventiva apoyada en evidencia científica de vanguardia para modelar una nueva filosofía de la biología basada en la noción de proceso:

“A much more telling indicator of how the introduction of new dynamic modes of representation has influenced theories of development is how they have allowed embryologists to see well-known phenomena in a radically new light”. (Nuño de la Rosa, 2018, p 269).

El argumento de Nuño de la Rosa, muestra dos conclusiones de interés para mi propuesta, cito: “*The organism was conceived of as an integrated whole whose parts, essentially related to one another, cannot be understood in isolation*”. (Nuño de la Rosa, 2018, p 270). *Cursivas mías*. Esta es una forma de entender al organismo como un todo interrelacionado, en donde existe una relación integrada entre las partes que lo constituyen.

Este importante aspecto que muestra la tesis, de donde surgen funciones propias de la interrelación mencionada, dichas funciones no serían posibles de forma aislada: son la disposición, el lugar que ocupa dentro del organismo cada una de las partes implicadas, así como los tiempos específicos en que cada una de ellas realiza su función, las que posibilitan el adecuado funcionamiento del organismo. ⁴²

⁴² Una fuerte objeción a la posición realista reduccionista es la noción de propiedades emergentes en biología, dicha tesis sostiene la existencia de elementos y relaciones “emergentes” en los organismos que no logran ser explicadas desde un simple reduccionismo como el que postula la tesis realista óptica. Si bien es cierto que los eventos en la naturaleza se constituyen esencialmente a escala microscópica con los componentes admitidos por la ontología de la ciencia física, eso no justifica el reduccionismo total. En otras palabras, el mundo biológico es más rico y complejo que la sola relación estructural de átomos según reclama la consigna óptica.

En segundo lugar: “In short, development cannot be reduced to the mechanisms of gene activity, and a new holistic and multilevel approach to developmental processes is needed ...”. (*Ibidem*). Ambas conclusiones comparten una idea en común: que una nueva manera de entender el desarrollo del organismo es necesaria, esta tarea será y está siendo posibilitada por la emergencia y nueva evidencia que reporta la filosofía de procesos en biología.

En resumen, sobre el estado del arte de la discusión en filosofía de la biología en las tres lecturas que se han examinado sobre la noción de procesos, puede observarse, la relevancia que ocupa dicha categoría filosófica en la escena internacional dentro de la tradición en lengua inglesa. Este aspecto del cambio de perspectiva y la adopción de nuevos supuestos epistemológicos y ontológicos es una característica de la historia de las ideas.

En este sentido, debo subrayar que en filosofía de la biología deben de ser abandonadas nociones clásicas de carácter metafísico propios de un discurso y una tradición filosófica que es pre-darwiniana y anterior a la filosofía de procesos.

Una de las innovaciones de mayor relevancia epistémica sobre la noción de proceso, es que dicha noción permite elaborar filosofía de la biología desde la labor misma de los científicos en los diversos laboratorios punteros en el desarrollo de biotecnología a escala internacional.

El peso de entender a la esfera de las diversas prácticas que realizan los seres humanos, en donde la ciencia en el laboratorio es una práctica muy sofisticada y coordinada. La innovación de incorporar reflexiones que consideren con precisión la actividad de los científicos en la experimentación que realizan dentro de un sistema experimental, este aspecto, es una de las aportaciones interpretadas en clave pragmatista desde la máxima de Peirce (1878), características de mi propuesta.

Como nota final, se debe considerar que la distinción básica entre metafísica y ontología es aplicable con éxito a los diversos estudios de avanzada que se están produciendo en este momento. La distinción es que la metafísica tradicional supone una ontología *a priori*, que en retrospectiva investiga causas fundamentales.

En cambio, la nueva ontología de procesos en los laboratorios de bioquímica y biomedicina, exige una *prospectiva* para encaminar la acción, considerar y dirigir las consecuencias en el futuro. Esta nota del pragmatismo como expresión condicional ya ha sido señalada por Rescher (2007) y Plowright (2016).

Dicho con otras palabras, la metafísica suele ser *a priori*, fundamentalista, fija, la categoría de sustancia revela propiedades estáticas, por el contrario, en la nueva ontología que expresa la filosofía de la biología contemporánea, la noción de procesos acoge el movimiento, el fluir. Este programa tiene mejores propiedades axiológicas y epistémicas y, lo más importante, nos permite sostener una posición que esté a la altura y explique la noción de realidad más adecuada para entender las diversas prácticas en los laboratorios de biología molecular y bioquímica contemporáneos.

3.3 Hacia una filosofía de procesos, basada en prácticas de laboratorio

Como se observa en la muestra tomada de los filósofos e investigadores seleccionados, para presentar el estado del arte de la discusión sobre la noción de “procesos”, en la filosofía de la biología contemporánea en Reino Unido, los autores estudiados hablan a nivel exclusivamente de teoría (ausencia de estudios de caso en sus propuestas). Esta crítica es claramente aplicable a las propuestas de Daniel Nicholson y James Difrisko.

En este sentido, la filosofía de la biología que realizan estos autores se encuentra enmarcada en la tradición teórica en filosofía de la ciencia, la cual privilegia los análisis exclusivamente teóricos sobre su contraparte, es decir una filosofía de las prácticas concretas de laboratorio. En el caso de Nuño de la Rosa, si bien la autora retoma como evidencia imágenes 4D obtenidas en el laboratorio de genética del desarrollo, su propuesta no incluye con la gravedad precisa el importante papel que ocupan las prácticas científicas para una filosofía de la biología centrada en procesos.⁴³

En mi propuesta denominada “constructivismo natural”, las prácticas de laboratorio se encuentran en el centro mismo de la reflexión filosófica, ya que considero más fructífero epistémicamente y ontológicamente hablando, desarrollar una posición en filosofía de la biología que atienda, explique y realice una lectura sobre los procesos mismos y la manera en la que estos se desarrollan en los diversos laboratorios en donde la investigación de vanguardia se está produciendo.

La apertura en los análisis de filosofía de la ciencia que comenzó a tomar cada vez un mayor espacio en los círculos académicos a partir de la década de los noventa, con trabajos pioneros en el campo como son los análisis de Bruno Latour y Woolgar (1979), así como el destacado estudio de Karin Norr Cetina (1981 y 1999), de donde deriva su reconocida posición de “construcción social”, serán importantes libros que representarán una nueva manera de concebir la filosofía de la ciencia,

⁴³ Esta situación no es la norma dentro del libro, en: *Everything Flows* algunos autores sí incluyen estudios de caso en sus análisis. Véase: “Genidentity and Biological Processes” de Thomas Pradeu, o bien “A Processual Perspective on Cancer” de María Bertolaso and John Dupré.

realizada esta vez desde el centro de las prácticas mismas, centradas en los laboratorios mismos en donde se lleva a cabo la investigación científica.

Mi propuesta toma distancia crítica de la posición de Knorr Cetina y es más cercana a las conclusiones que alcanza Bruno Latour, en trabajos como el de los años ochenta, en textos como “Give Me a Laboratory and I will Raise the World” (1983).⁴⁴ En este icónico trabajo, Latour (aplicando una metáfora a la famosa palanca de Arquímedes), destaca el papel del laboratorio como generador de efectos en la sociedad, de ahí la propuesta original que señala Latour y que no se había advertido con precisión en la tradición de la filosofía de las prácticas científicas.

En la tesis de Latour, se muestra cómo los laboratorios de avanzada en ciencia, en diversas partes del mundo, están moviendo a la sociedad (él se centra en el impacto de las técnicas de Louis Pasteur en Francia), ya que los laboratorios generan productos y consecuencias que impactan de forma directa la vida cotidiana de millones de personas alrededor de mundo.

Ejemplos bien logrados de estas consecuencias pueden ser: bebidas tratadas con procesos de pasteurización o fermentación, vacunas, el uso de penicilinas, y toda una gama de productos químicos en la industria que derivan en un beneficio o bien cubren necesidades del modo de vida capitalista y socialista en los distintos mercados de las diversas sociedades contemporáneas. Es en este sentido, los análisis de Bruno Latour, Steve Woolgar y Knorr Cetina, logran desarrollar propuestas filosóficas de gran importancia desde estudios de caso específicos.

Esta corriente de análisis filosóficos apoyados en una propuesta que destaca el papel de las prácticas científicas de diversos laboratorios, también se ha desarrollado en lengua hispana, en este sector, destaca el estudio de Sergio Martínez y Xiang Huang, en su libro: *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*. (UNAM-IIF. 2015).

Los autores destacan el poder de atender a las tesis de la sociología de la ciencia y centrar la atención de la reflexión filosófica apoyada en la labor cotidiana de las diversas prácticas de laboratorio: “El conocimiento científico debe entenderse enraizado en *maneras de hacer cosas* que constituyen patrones socialmente identificables.” (Martínez y Huang. 2015, p 11, *cursivas mías*).

Como se observa en la tesis inicial de los autores, el acento se coloca en las maneras de *hacer cosas* y no solo de pensar el mundo. Esta idea es relevante, primero porque gran parte de la tradición

⁴⁴ Cfr. “Give Me a Laboratory and will Raise the World”, en: K. Knorr-Cetina y M. Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, Londres: Sage, 1983, pp. 141-170.

filosófica analítica se ha centrado en el estudio de las teorías científicas. De este modo, para ambos autores, conocer también es un saber hacer y no solo un pensar el mundo.

Mi propuesta comparte esta tesis central de la filosofía de la ciencia centrada en prácticas, salvo que en mi propuesta se agrega una cláusula al *saber hacer*, la noción de una acción debe entenderse en clave de manejo eficiente y dirección, así como en la creación de nuevas relaciones dentro de procesos del dominio de las ciencias biomédicas, como lo ha mostrado ser el éxito en la edición genética característica de mi estudio de caso seleccionado. Es decir, mi propuesta tiene también un componente ontológico, el cual está ausente en el argumento de los autores citados.

Una segunda tesis que está expresada en el argumento que he citado es que, la ciencia tiene “patrones socialmente identificables”. Esta idea nos recuerda la distinción realizada por Hans Reichenbach entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, y sobre todo el gran problema de la “demarcación científica” del que tanto se ocupó Karl Popper.

En cuanto a la primera distinción, el énfasis en las prácticas pondría al conocimiento científico más orientado al contexto de descubrimiento, a diferencia de la tradición analítica que se ha situado en el contexto de justificación. En cuanto a los criterios de demarcación científica, para Popper, el criterio o patrón por excelencia de demarcación es que el conocimiento científico puede ser falseado.

Complementario al criterio de Karl Popper, mi idea es que lo que distingue a la ciencia de otros saberes culturales, es justo que la ciencia se sitúa en prácticas y “patrones” establecidos (por ejemplo, la investigación dentro de un laboratorio de avanzada), y estos patrones tienen consecuencias en la sociedad y directamente en la forma en la que, como seres humanos, nos adaptemos al medio en una relación simbiótica, entre organismo-entorno. Ejemplos de estos efectos en la sociedad, pueden ser las vacunas, el uso de penicilinas, la fermentación o la pasteurización en niveles industriales.

Siguiendo el orden del argumento de Martínez y Huang, los autores afirman un elemento básico de su propuesta, a saber; la influencia de las ciencias sociales en el planteamiento una filosofía de la ciencia centrada en prácticas: “Esto nos lleva a comprometernos con la tesis de que la filosofía de la ciencia tiene que estrechar relaciones con las ciencias sociales...” (Martínez y Huang. 2015, p 12).

Aquí aparece un dilema entre el conocimiento como un saber discursivo o como una forma de actuar sobre el mundo. El polo teórico descansa sobre el primer enunciado del dilema, y de

acuerdo con los autores, la filosofía centrada en prácticas puede resolverse en una *estrecha relación* con las ciencias sociales.

Mi tesis es que la crítica de los autores al modelo teórico mecanicista es acertada, no así la solución centrada principalmente en las ciencias sociales, cito: “Nuestro punto, sin embargo, es que no debemos caer en la tentación de pensar que el conocimiento científico tiene que producirse o reconstruirse como si estuviera producido por mecanismos.” (Martínez y Huang. 2015, p 12).

En efecto, la noción de “mecanismos” ha acompañado con frecuencia a una filosofía de la ciencia basada en teorías. Mi punto es que asumir una filosofía teórica basada en mecanismos, ha mostrado ser un desarrollo limitado, pero declinar el argumento de las prácticas científicas exclusivamente al dominio de las ciencias sociales, no agota las posibilidades de la filosofía de la ciencia. Como una tesis alternativa a la propuesta de Martínez y Huang, mi posición es que se puede hacer una ontología de “procesos” como respuesta crítica a una ontología de mecanismos y estructuras.⁴⁵

A mi juicio, la crítica mayor lograda en clave pragmática que puede establecerse al programa de mecanismos, es que el mecanismo es determinista y la interpretación estructuralista de la realidad, *excluye a los agentes* o a las comunidades científicas como motores de transformación y dirección de procesos de las ciencias naturales.⁴⁶ En la tesis de “construcción natural” que defiendo, al ser pragmática, está centrada en la relevancia de las diversas prácticas humanas como componentes necesarios para entender la realidad, una posición estructural que niegue implícitamente el lugar

⁴⁵ Aunque no está presente en el argumento de Martínez y Huang, una noción relacionada con los mecanismos es la noción de “estructura”. En la discusión aún vigente entre realismo y antirrealismo científico basado en teorías. Abundan las posiciones realistas basadas en el “argumento del no milagro” propuesto por Putnam en el año 1975. La tesis más radical del realismo científico es conocida bajo la nomenclatura de “realismo óntico” desarrollada principalmente por Steven French (2018). En dicha tesis la noción de “estructura” ocupa un lugar central del argumento y es posible relacionar la noción de estructuras con mecanismos ya que un mecanismo en bioquímica, por ejemplo, reporta un comportamiento legaliforme de una composición estructural de la materia, el cual se fundamenta en la composición del mundo físico como elemento ontológico central de la realidad. En la radicalidad de la propuesta de French, la esencia de la realidad es la estructura misma, es decir, que no es una posición inmanente, sino trascendente. Y como se observa, el realismo óntico se enmarca en un discurso metafísico de carácter absolutista.

⁴⁶ A nivel formal, la crítica más desarrollada en contra del realismo estructural es la famosa objeción de Newman, en donde el autor muestra el carácter vacío y trivial de postular una ontología basada exclusivamente en relaciones estructurales, ya que dichas relaciones pueden instanciarse con cualquier conjunto de propiedades, con lo cual Newman demuestra que la generalidad de la tesis estructural no define ni permite explicar las cosas y procesos del mundo físico. Para una entrada más detallada de la objeción de Newman, véase: Newman, M.H.A. 1928: Mr. Russell’s Causal Theory of Perception. *Mind*, 37(146), 137–148.

importante que ocupa una serie de conjuntos de prácticas como son las actividades de los diversos laboratorios, no puede explicar las relaciones de las ciencias naturales y su impacto en la sociedad.

A la fecha, la moción sostenida por Martínez y Huang, sobre la necesaria inclusión y prioridad de los estudios de las ciencias sociales para argumentar en una adecuada filosofía de la ciencia centrada en prácticas, encuentra un respaldo significativo desde los años ochenta, en esta línea, uno de los intentos más significativo de compaginar ciencia y sociedad es la propuesta de “construcción social” de Knorr Cetina.⁴⁷

La propuesta de Martínez y Huang, si bien es cercana a el planteamiento de Knorr Cetina, tiene elementos epistémicos que la posicionan en una postura diferenciada de la construcción social, cito:

“Esto requiere que el conocimiento no se entienda como un mero conjunto de teorías que son verdaderas o que se aproximan a la verdad, sino como un conjunto de métodos, maneras de interactuar y hacer cosas; de estudiar y plantear problemas y tomar decisiones respecto de qué técnicas, creencias o modelos podemos o debemos tomar como *andamios para avanzar en nuestro entendimiento del mundo*” (Martínez y Huang. 2015, p 17). *Cursivas mías.*

Conviene detenerse en la conclusión del argumento que he citado, la parte en cursivas “*andamios para avanzar en nuestro entendimiento del mundo*” la noción de andamio, visualmente remonta a una noción de progreso en ciencia, lo cual debe ser revisado con mayor cuidado, y la segunda parte del subrayado “*avanzar en nuestro entendimiento del mundo*” es correcta desde mi punto de vista, pero no es una tesis completa, ya que, al llevar la tesis de la filosofía de la ciencia centrada en prácticas, se debe de asumir como consecuencia necesaria, una concepción del conocimiento como un “obrar” un saber “actuar”, en donde justo las prácticas científicas son sobre todo modos de acción regulados y eficaces que suceden en los laboratorios.⁴⁸

En la tesis de los autores, si bien se critica la visión teórica de la filosofía de la ciencia, se sigue pensando al conocimiento como un entendimiento del mundo. De este modo en la propuesta

⁴⁷ En *La fabricación del conocimiento: un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. (1981). Knorr Cetina, defiende una tesis relativista y contextual que denomina “construcción social”, en dicha postura, la autora argumenta a favor del carácter exclusivamente social de la construcción del conocimiento científico. De este modo, considero que Knorr Cetina acertó al introducir estudios de caso en la investigación epistemológica sobre la ciencia, pero al estar ausente en su propuesta cualquier tipo de ontología o realismo científico, no se realiza un desarrollo adecuado de la dimensión de las prácticas científicas y su relación con la sociedad.

⁴⁸ En 1905, Peirce acuña una nueva nomenclatura al pragmatismo y lo define ahora como *pragmaticismo*, el autor aclara que el origen del término pragmatismo, deviene del uso que hace de este último Immanuel Kant, la noción que Peirce toma de Kant es *pragmatisch*. El cual tiene su raíz en “*pragmata*”, que significa: acción.

que se está analizando, no existe un lugar explícito para la acción coordinada como motor de cambio en la acción recíproca y adaptativa en la relación organismo- entorno. Esta tesis es propia de una interpretación basada en la aplicación de la máxima pragmática a estudios concretos de laboratorio, la cual es una característica de mi propuesta de “construcción natural”.

La máxima pragmática pone el acento del conocimiento en la acción, y la comprensión de las consecuencias en la práctica de la concepción del concepto, es decir, concepto y consecuencia en la práctica, forman un círculo virtuoso, ambas esferas de lo real son importantes y complementarias. Dicho en breve, conocer es comprender, sí, pero además *comprendemos para actuar de forma adecuada en diversos contextos y prácticas específicas*.

Una observación importante que realizan Martínez y Huang, es que se debe de situar el argumento de la filosofía de la ciencia centrada en prácticas en un orden cronológico, esta tesis es un punto de partida de investigaciones ulteriores y no una conclusión obtenida de tipo absoluto e inamovible, es decir, este nuevo tipo de reflexión es una condición de posibilidad de nuevas ideas en filosofía de la ciencia: “Una filosofía de la ciencia centrada en prácticas debe verse como un punto de partida para diferentes proyectos filosóficos, no como un punto de llegada”. (Martínez y Huang, 2015, p 21).

Estoy de acuerdo en este punto con la propuesta de los autores, pero mi posición se diferencia de la suya en que yo no pongo a las ciencias sociales como una alternativa al modelo de mecanismos, en el que se ha desarrollado la filosofía basada en teorías de forma tradicional, sino que, agrego las siguientes cláusulas, y direcciono la filosofía centrada en prácticas a una ontología de procesos:

- La ontología de procesos puede sustituir a la ontología de mecanismos.
- Epistémicamente es más fértil una ontología de procesos, y más precisa que una lectura sociológica de la ciencia. No la excluye, pero es más contundente filosóficamente hablando.

3.4 Conclusión

Una conclusión importante que debe mostrarse de la historia de las diversas propuestas que se han desarrollado sobre la filosofía de la ciencia basada en prácticas de laboratorio, es que la tesis filosófica general extraída de dichos estudios ha tendido en su mayor parte a una lectura sociológica relativista de la labor científica. En este sentido, el trabajo de Knorr Cetina y su posición conocida como “construcción social” ha sido ampliamente difundida y apropiada por la línea de estudios sociales e históricos de la ciencia y la tecnología.

Por el contrario, en mi propuesta doctoral, se muestra que es viable establecer y desarrollar una “ontología de procesos” basada en prácticas de laboratorio sin inclinar la balanza del lado de la sociología relativista, y me prevengo de no caer en el polo opuesto del dilema, ya que tampoco defiendo un realismo metafísico tradicional anterior a la síntesis pragmática de finales del siglo XIX. De este modo, mi tesis se encuentra suspendida entre dos extremos. No defiendo ni un relativismo cultural escéptico, ni un dogmatismo realista inscrito en la metafísica tradicional.

Conviene precisar esta distinción, mi tesis no es escéptica, ni dogmática, sino falibilista. El escepticismo y el dogmatismo pueden ser situados con facilidad en la filosofía de la ciencia tradicional que se discutió principalmente en un nivel de teorías científicas. En este orden de ideas, la discusión entre realismo y antirrealismo clásica se libró en el terreno exclusivo de las teorías científicas, de ahí que a la fecha no exista un argumento concluyente en dicha discusión.

En cambio, al mover el centro de debate a las prácticas científicas y no sólo a las teorías, la posición falibilista rinde mejores argumentos para explicar el desarrollo, revisión, corrección y actualización del *corpus* científico, (véase: Cooke .2007).

A manera de conclusión del presente capítulo, conviene citar la franqueza intelectual de Martínez y Huang, en relación al alcance de su programa de una filosofía de la ciencia centrada en prácticas:

“No toda la ciencia encaja en el molde mecanicista. Ni los problemas importantes se agotan desde la perspectiva de una filosofía de la ciencia centrada en prácticas. La heterogeneidad de las agendas y las prácticas nos invita a reconocer un pluralismo irreductible en la filosofía de la ciencia sobre el que es necesario reflexionar” (Martínez y Huang. 2015. P 22).⁴⁹

En este orden del argumento, es necesario recordar el debate que enfatizó tanto Feyerabend (1974) sobre un pluralismo epistémico, y un pluralismo ontológico. Es más modesto aceptar el primero, en cambio, comprometerse con una ontología múltiple de la realidad es más complicado y necesita una mayor justificación; aspecto que reconocen ambos autores al afirmar un *pluralismo irreductible en la filosofía de la ciencia sobre el que es necesario reflexionar*.⁵⁰

⁴⁹ Sergio Martínez y Xiang Huang: *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*. (UNAM-IIF. 2015). p 22.

⁵⁰ Una de las autoridades en la materia sobre “pluralismo en ciencia” en Paul Feyerabend, en 1974 dicho autor defiende una consecuencia de su tesis de inconmensurabilidad, la cual denomina “anarquismo epistemológico”, en dicha propuesta se puede seguir con claridad un desarrollo del pluralismo epistemológico y ontológico tanto en el ámbito científico como cultural (recordemos que la noción de inconmensurabilidad de Feyerabend es más extensa y radical que la de Thomas Kuhn). Para un estudio detallado sobre la noción

En la propuesta de Martínez y Huang, se presenta la discusión como una dicotomía entre un modelo teórico de mecanismos, y una filosofía de la ciencia centrada en prácticas justificada desde los estudios sociales de la ciencia. Reitero, considero que es un falso dilema y una manera novedosa de abordar la cuestión desde las prácticas científicas, es hacer ontología de procesos situados en estudios de caso de laboratorio. De este modo, la noción de “realidad” es importante para una filosofía de la ciencia centrada en prácticas, y aquí es el pragmatismo de la máxima de Peirce y no sólo las ciencias sociales quien puede rendir consecuencias muy fructíferas para disolver el dilema que se ha mencionado.

Para cerrar esta parte del argumento, entiendo lo real en ciencia, como una forma controlada de actividad científica que desarrolla, direcciona, condiciona y construye nuevas relaciones en procesos de orden biomédico, y bioquímico, bajo la dirección de sistemas experimentales de investigación inscritos en esferas sociales, las cuales los financian y a las cuales deben de responder. Aunque el objetivo impuesto al programa no es arbitrario, sino que obedece a un tema de simbiosis adaptativa en la relación natura-sociedad, o bien organismo-entorno.

Esta tesis es lo que defino como “construcción natural”, es una tesis general filosófica de raigambre pragmatista de acuerdo a la máxima pragmática de Peirce aplicada a procesos concretos (tesis particular instanciada en un estudio de caso). Pero el carácter global de mi planteamiento puede tener futuros desarrollos en otras áreas de la filosofía de la ciencia, no sólo naturales sino, incluso, puede dar una interpretación de las ciencias sociales entendidas como procesos de construcción natural.

De este modo la tesis general se puede instanciar para explicar diferentes procesos constructivos en diversos estudios de caso, de la amplia gama de los muchos campos que componen la filosofía de la ciencia contemporánea. Al igual que Martínez y Huang, no pretendo que mi propuesta sea excluyente de otras aproximaciones mecanicistas, teóricas o sociológicas, pero, como se mostrará la “construcción natural” puede ayudar a entender desde una perspectiva novedosa problemas de la filosofía de la ciencia como el “realismo”.

de pluralismo en Feyerabend, vease: “El relativismo de Paul Karl Feyerabend”. T. Gargiulo (2015) en Ideas y Valores, vol. LXV, núm. 160. pp 95-120.

Capítulo cuatro: Análisis comparativo entre la noción de “Construcción social” de Knorr Cetina y la noción de “Construcción natural” instanciada en procesos del laboratorio de biomedicina

4.0 Introducción

El presente capítulo constituye la parte sintética de la investigación en donde, en secciones previas se ha expuesto y esclarecido la noción de realidad propia de mi propuesta denominada “constructivismo natural”. De este modo se ha desarrollado el argumento en tres momentos. Partiendo del análisis técnico y filosófico del estudio de caso para mostrar que existen procesos propios de las ciencias naturales que son implementados en el laboratorio, para propósitos de creación de biotecnología como es el caso de la técnica de edición genética CRISPR Cas9.

En un segundo momento se ha analizado y propuesto una noción que esté acorde con mi propuesta de procesos generativos de relaciones entre entidades. Para que, en último lugar, se muestre a través del modelo interpretativo basado en la máxima de Peirce y al aplicar la noción de sistema experimental de Rheinberger, con la oscilación propia entre objetos epistémicos y objetos técnicos. Sumado al análisis se ha logrado desarrollar una noción de “construcción natural” de corte realista, en donde el centro de atención es el *control experimental* que sucede en los laboratorios de biología molecular.

En este sentido, mi propuesta tiene una contraparte, a saber: el constructivismo social, representado en esta tesis por la propuesta de la filósofa y socióloga de la ciencia Karin Knorr Cetina (1981- 1999). Para el constructivismo social no existen *inputs* naturales con los cuales se desarrollen los procesos experimentales en los laboratorios. Yo no acepto esta premisa fundamental de dicha tesis. De este modo el presente capítulo se encuentra dividido en 4 secciones. En la primera sección se expone en detalle la propuesta de Knorr Cetina tal como es presentada en su obra clásica de 1981: *The Manufacture of Knowledge*.

En la segunda sección se analiza y desarrolla la noción de laboratorio de la autora en su obra de 1999: *Epistemic Cultures, How the Sciences Make Knowledge*. En estas dos primeras secciones se busca principalmente presentar y analizar la propuesta de construcción social de la autora. La parte crítica de mi trabajo, en donde tomo distancia en relación con la tesis de Knorr Cetina, será desarrollada en las dos últimas secciones del capítulo, en donde se muestre la noción de “construcción natural” propia de mi propuesta. Este movimiento será expuesto en el tercer apartado del presente

capítulo, el punto es que mostraré, cómo es posible construir una ontología de procesos en el laboratorio partiendo de la premisa de “prácticas” desarrollada en sistemas experimentales.

Por último, en la cuarta sección, se compararán bajo una óptica epistémica y ontológica los criterios de “realidad” de cada una de las propuestas, para así estar en condiciones de presentar las consecuencias propias de este examen. La idea central de este momento sintético de mi propuesta es que la premisa del argumento de Knorr Cetina es correcta, en efecto, es deseable partir de las prácticas científicas para desarrollar una nueva filosofía de la ciencia, pero el punto propositivo de Knorr Cetina no me parece adecuado, derivar la actividad de diversos laboratorios a una conclusión propia de un relativismo sociocultural *in extremo* me parece forzar el argumento.

Lo que se mostrará hacia la última sección del texto, es que es preferible derivar una conclusión de construcción pragmática, inspirada en mi interpretación de la máxima de Peirce. Esta construcción es integrativa y sintética, ya que, si bien no acepta un realismo tradicional en filosofía de la ciencia, tampoco descansa en el extremo opuesto en donde se encuentran las conclusiones de Knorr Cetina. Mostrar el lugar preciso que ocupa dicha ontología de procesos en el laboratorio mediante la noción de construcción natural, es el principal objetivo del presente capítulo.

4.1 Definición de Construcción Social (1981) de Karin Norr Cetina

En primer lugar, cabe destacar el acierto de Knorr Cetina al poner en el centro de la reflexión filosófica la actividad del laboratorio. A diferencia de la filosofía de la ciencia tradicional que se ocupó principalmente en la discusión planteada en términos de carácter exclusivamente teórico, o sobre la noción de “modelo” para dirigir la reflexión en torno a la ciencia. En la entrada de la enciclopedia Stanford: *The Social Dimensions of Scientific Knowledge*. Puede leerse:

“Since 1980, interest in developing philosophical accounts of scientific knowledge that incorporate the social dimensions of scientific practice has been on the increase. Some philosophers see attention to the social as a straightforward extension of already developed approaches in epistemology”.⁵¹

En este sentido Knorr Cetina, toma el rol de desarrollo de una investigación de tipo etnográfico y ella misma se sitúa en algunos laboratorios de bioquímica y biotecnología en donde

⁵¹ Longino, Helen, "The Social Dimensions of Scientific Knowledge", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/scientific-knowledge-social/>>.

estudia los procesos gracias a los cuales se obtienen resultados bioquímicos y biotecnológicos, como la creación de proteínas para su uso industrial en agricultura trans.

La importancia que muy bien señala nuestra autora en la detección de las prácticas científicas de laboratorio, le permite obtener conclusiones sobre la imagen interna y externa de la actividad científica, que representó un fuerte giro en la manera de concebir la actividad científica, tomando distancia crítica de la filosofía de la ciencia tradicional.

En la segunda idea de la cita de la entrada de la Stanford que he incorporado, puede leerse: “Some philosophers see attention to the social as a straightforward extension of already developed approaches in epistemology”. (*Ibidem*). Esta importante afirmación en donde se sostiene que algunos filósofos, ven en la cada vez más creciente atención a lo social como la extensión de algunos enfoques que se desarrollaron en epistemologías anteriores.

Desde mi interpretación, la también señalada relevancia de Charles Peirce en la entrada de la Stanford y la mención implícita del pragmatismo clásico en general, y en particular de la noción de comunidad científica que planteó Charles Peirce. Sostengo que ya en la manera en la que éste filósofo comprendió la actividad científica como una actividad comunitaria llevada a cabo por generaciones de investigadores, hay ya un fuerte sentido del papel que juega la sociedad y en específico, la comunidad científica en la construcción del *corpus* científico.

Bajo esta óptica, es importante notar la pertinencia de la preocupación de Peirce por crear una comprensión bidireccional entre verdad y realidad, transitada por el camino de la *Inquiry* a través de generaciones de investigadores, cito la entrada de la Stanford:

“Peirce’s contribution to the social epistemology of science is commonly taken to be his consensual theory of truth: “The opinion which is fated to be ultimately agreed to by all who investigate is what we mean by truth, and the object represented is the real.” (Peirce 1878, 133)”.

Para el pragmatismo de Peirce, que es histórico y contextual, existe un binomio entre realidad y verdad, hay una homología entre la actualización de creencias resultado de la empresa científica, para éste autor (Peirce.1878), en principio, es posible conocer y acrecentar el acervo epistémico de la ciencia, aunque al ser falibilista plantea la posibilidad de revisión de incluso nuestras creencias más arraigadas. Eso no impide que se logré establecer un conocimiento intersubjetivo entre las generaciones de investigadores que constituyen la comunidad de la ciencia.

Es importante notar que tanto en Knorr Cetina, como en Charles Peirce, existe una preocupación por el elemento social del conocimiento científico, aunque en el segundo caso, la noción de realidad ocupa un lugar central en la concepción pragmatista de la *Inquiry* científica, en cambio, en Knorr Cetina el papel de lo real (naturaleza) se omite de su propuesta, y el acento de la construcción del conocimiento científico se define exclusivamente en términos de relaciones e influencias sociales, específicamente en los centros privilegiados de generación de *Inquiry*, que como bien muestra esta autora; son los laboratorios.

Antes de analizar en detalle la noción de “construcción social” de Knorr Cetina, debemos recordar las ideas que he incorporado a mi tesis sobre los modelos de Peirce y Rheinberger, lo cual se ha explicado desde el inicio de la presente investigación, a fin de tener en mente el importante acento *pragmatista* de mi propuesta, para, acto seguido, poder compararlo con la posición de Knorr Cetina y así extraer las conclusiones de este diálogo a la luz del estudio de caso definido en una filosofía del laboratorio.

Ya se ha expuesto la relevancia de lo social en la filosofía pragmatista de Charles Peirce. El otro modelo filosófico inscrito en lo que se he denominado filosofía de la ciencia historicista es el binomio entre las nociones de “objeto epistémico y su oscilación hacia un objeto técnico” propio de la propuesta del filósofo y científico Hans Rheinberger, esta oscilación mencionada es una relación dicotómica de la actividad que se realiza en los laboratorios, aquí la importancia de incorporar la filosofía de los así llamados “sistemas experimentales” de Rheinberger, reside en que éste autor concibe también una entrada natural al laboratorio (1992).

Dentro de su modelo, existe un marcado acento realista, de este modo, la dialéctica activa dentro de la creación de los sistemas experimentales, evidencia un proceso oscilatorio entre la entrada natural que es el objeto epistémico, y la salida técnica que es la transformación del objeto epistémico en una herramienta de aplicabilidad biotecnológica.

La relevancia en que se centra ahora nuestra atención dentro de la propuesta del modelo de Rheinberger, es que para este autor la distinción entre objeto epistémico y objeto técnico es sólo de *grado*, no de tipo, es decir se trata de una distinción *lógica*, no ontológica. Como consecuencia, bajo esta óptica realista el resultado tecnológico de la implementación del sistema experimental, sigue siendo naturaleza, pero ahora es naturaleza transformada en objeto biotecnológico.⁵²

⁵² En la propuesta de Rheinberger, todavía existe, a mi juicio, una lectura realista dicotómica, ya que el objeto epistémico es identificado con lo natural, y el objeto técnico sería una suerte de biotecnología artificial, si bien hay un gran acierto por parte del autor al intentar eliminar la distinción entre natural y artificial, considero

En mi propuesta, esta entrada puede leerse como una “construcción natural” al explicitar cómo se aprovechan procesos naturales (objetos epistémicos para usar la nomenclatura de Rheinberger), en beneficio de la creación de biotecnología, con un potencial aplicativo y una intencionalidad prospectiva de eficacia en pos de la configuración de efectos en la vida de los seres humanos, en donde se inscribe históricamente el desarrollo de la comunidad de investigadores.

Como se observa, tanto en las ideas que he adoptado de las propuestas de Rheinberger y Peirce, como en la propuesta de Knorr Cetina, se pone como centro de la reflexión filosófica en general el papel de la sociedad en la constitución de las prácticas científicas, también se resalta en ambas concepciones el rol del laboratorio como un lugar privilegiado epistémicamente hablando para comprender la historicidad del desarrollo de las actividades científicas.

No obstante, aunque compartan la premisa fundamental, es momento de mostrar que las diferencias no pueden ser mayores en ambas concepciones, ya que mi propuesta, el “constructivismo natural” **es pragmatista** y *reconoce un importante y fundamental lugar a los procesos de las ciencias naturales en la construcción del nicho urbano*, mientras que la postura de Knorr Cetina niega cualquier elemento realista que mostramos ya en Mojica, y que está presente en Peirce y Rheinberger. En la siguiente cita se puede ver con claridad la radicalidad del planteamiento de Knorr Cetina, del cual pretendo distanciarme:

“Sin embargo, una consecuencia de ese paso es que desdibuja la cada vez más popular distinción entre las ciencias naturales o tecnológicas, por una parte, y las sociales o culturales, por la otra. ***Si el mundo natural, como el social, es visto como selectivamente construido dentro de la práctica social***, si es un mundo impregnado de decisiones sociales afines a la realidad social a la que estamos habituados, entonces podríamos tener que reconsiderar una dicotomía que relega lo simbólico y lo socialmente selectivo sólo a las ciencias del hombre”.⁵³

En esta entrada se muestra con claridad la fuerza de la propuesta de Knorr Cetina, la construcción de la naturaleza desde la esfera social, en esta autora, es una muestra dentro de su argumento, de que se debe abandonar la distinción y el criterio de demarcación entre ciencias sociales y ciencias naturales. Siendo estas últimas, técnica y estructuralmente similares a las primeras, ya que ambas son productos de la humanidad y, por lo tanto: simbólicas y hermenéuticas.

que este movimiento es implícito en su propuesta y por lo tanto la filosofía de Rheinberger sigue inscrita en la tradición pre-pragmática.

⁵³ Cfr. Knorr-Cetina, K (1981) ‘The manufacture of knowledge An essay on the Constructivist and Contextual nature of science’. Pergamon. Traducción de María Isabel Stratta. P 294. *Cursivas añadidas*.

Esta corriente de constructivismo social, defiende en lo general principalmente tres tesis, tal como son sintetizadas por Fernández Zubieta (2009): y son las siguientes:

- a) Desde este punto de vista, una preocupación esencial del constructivismo social como teoría sociológica del conocimiento consiste en descubrir las formas en que los grupos e individuos participan en la creación de la realidad social que perciben. (Zubieta.2009, p 689).
- b) El constructivismo en los estudios sociales sobre la ciencia, por tanto, intenta des-entrelazar el modo en que los factores sociales entretejen el contenido de la ciencia. (Zubieta.2009, p 690).

Programa Fuerte:

- c) De este modo, muestran cómo algo exógeno como los intereses permea en el contenido de las disputas científicas y que éstas no se dirimen sólo por criterios científicos o racionales. (Zubieta. 2009, p 691).

A mi juicio, esta posición resulta radical y es difícil aceptar la homología entre ambas ciencias. Si se concede el argumento a Knorr Cetina (1981-1999), Bruno Latour, Steve Woolgar (1979) y Zubieta (2009), entonces, como consecuencia se debe de aceptar que, para nosotros como sociedad, en principio es posible crear cualquier singularidad en la naturaleza que deseemos. Y considero que esta conclusión obligada que he extraído de la postura de estos autores y autoras, es inconsistente con las diversas practicas científicas.

Esto se debe a que en la práctica científica existe un *límite objetivo* que posibilita o inhibe la aplicación de los sistemas experimentales, en mi estudio de caso, por ejemplo, el elemento real impone constreñimientos al desarrollo de la experimentación biotecnológica. Esto se muestra en el hecho de que existen procesos de Cas9 con ARN programado que actúan *fuera del objetivo deseado*, esto como se ha expuesto genera un *off target*, es decir un corte de la enzima fuera del objetivo para el cual fue programada.

Es decir, que independientemente de las “intenciones” de los investigadores al realizar y desarrollar sistemas experimentales, las cosas pueden o no funcionar, y sobre el camino de la investigación se presentan sorpresas y anomalías no previstas, las cuales mediante procesos abductivos se van acoplando al programa de investigación, de ahí que la ciencia sea *fallible*, como señaló Charles Peirce.

En este sentido, se tiene una prueba directa en contra del constructivismo social, ya que *el error* en los sistemas experimentales, muestra que existen constreñimientos en los laboratorios de las

ciencias naturales que no es posible controlar por completo. En este orden de ideas, el problema de los eventos sorprendidos e inesperados en el laboratorio del que tanto se ocupó Peirce; recordemos que él es el principal autor de la noción de hipótesis en ciencia (Abducción)⁵⁴.

Dicho problema sólo se hace inteligible desde un trasfondo realista, justo porque hay realidad que acontece generando sorpresas al decurso de una serie experimental, podemos asumir que la labor de laboratorio no es una empresa construida enteramente por las relaciones propias de la sociedad en donde se encuentra situada la comunidad de investigadores.

Detengamos un momento la crítica a la propuesta de Knorr Cetina, la conclusión que se ha extraído de dicha autora para mi análisis puede leerse hacia el final de su obra clásica de 1981 en el capítulo IV titulado ““El científico como razonador simbólico o "¿qué hacemos con la distinción entre ciencias naturales y ciencias sociales?"” pero esta es la parte final del trabajo de Knorr Cetina, es por eso por lo que su enunciado puede ser interpretado con este tono de radicalidad. En lo siguiente se van a presentar las premisas del argumento de la autora tal como son expuestas en la obra mencionada: *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*.

El argumento de Knorr Cetina está constituido por tres premisas principales, a saber:

- 1) El carácter práctico del razonamiento científico y el constreñimiento social de los hechos de la ciencia.
- 2) La completa artificialidad de la instrumentación del laboratorio y la ausencia de “*inputs*” naturales en el mismo.
- 3) El elemento contextual, económico y empresarial de los proyectos de investigación que se desarrollan en los laboratorios.

Lo que defiende la autora de manera general, es que no existen entradas naturales en los laboratorios científicos, sino que toda la investigación científica puede entenderse exclusivamente en términos de contexto histórico e influencias económicas, institucionales y empresariales que la sociedad ejerce sobre la comunidad de investigadores. De este modo la imagen de la ciencia que ofrece nuestra autora, tiende a un relativismo contextual en donde no hay lugar para ningún tipo de realismo en relación con el laboratorio y la naturaleza.

En el primer capítulo del libro que se está analizando, Knorr Cetina comienza planteando el problema de la construcción de los hechos científicos, la cuestión gira alrededor del tema del *científico como razonador práctico*. Aquí hay un gran mérito en la forma de concebir la racionalidad científica

⁵⁴ Para Peirce la abducción sirve como prueba del pragmatismo (1878.1905).

por parte de la autora, ya que como bien señala Knorr Cetina, el científico no sólo piensa con inteligibilidad teórica, sino que la práctica misma posibilita al “hacer ciencia” razonar de forma fáctica.

Recordemos en este sentido cuando mostramos la noción de *observación* de Ian Hacking y cómo este autor también señala que *se aprende a ver haciendo*, por medio de la manipulación de las diversas técnicas que se emplean en el uso de diferentes microscopios, y cómo éstos maximizan los sentidos.

Knorr Cetina señala con claridad su propósito: “Más que examinar las relaciones externas entre la ciencia y la “naturaleza” a la cual supuestamente describe, miraremos hacia aquellos asuntos internos de la empresa científica que se nos presentan como constructivos” (Knorr Cetina, 1981. p 56-57), y para esta autora la noción misma de “hecho científico” es una construcción social. En relación con el problema de análisis filosófico más importante sobre la práctica, la facticidad en la *praxis* científica es completamente constituida por las relaciones sociales que influyen a la ciencia, cito:

“...El filosófico es que los hechos no son algo que podemos dar por sentado. Algo que pueda ser pensado como la roca sólida sobre la cual se construye el conocimiento. En realidad, su carácter es bastante problemático; tanto que, con frecuencia, si los confrontamos se esfuman”.⁵⁵

Pasemos ahora a estudiar la segunda premisa del argumento de la autora. Aquí se excluye por completo cualquier relación con la naturaleza en los laboratorios, argumenta Knorr Cetina que los procesos, fenómenos y efectos que suceden en el laboratorio *son contruidos a totalidad por los científicos*. Bajo esta óptica, la autora rechaza cualquier posición descriptiva que marque una relación explicativa entre naturaleza y laboratorio.

De este modo, la noción de realidad como procesos naturales queda fuera de su tesis, en cambio la noción de “artificialidad” es la que ocupa el papel central en esta premisa. Pregunta Cetina: “¿dónde en el laboratorio, por ejemplo, encontramos la “naturaleza” o la “realidad”, tan decisivas para la interpretación descriptivista? *La mayor parte de la realidad con la cual tratan los científicos es altamente preconstruida, si no enteramente artificial*”. (Knorr Cetina. 1981. p 51).

⁵⁵ Cfr. Knorr-Cetina, K (1981) ‘The manufacture of knowledge An essay on the Constructivist and Contextual nature of science’. Pergamon. Traducción de María Isabel Stratta. P 51. *Cursivas añadidas*.

Por el tono del argumento, se observa que la autora sostiene un tipo de creación *ex nilo*, es difícil imaginar en qué sentido puede ser completamente artificial la construcción de la práctica experimental, debemos preguntar a Knorr Cetina, bajo esta radicalidad de tu propuesta entonces ¿con qué material trabajan los científicos? Podemos objetar que la noción misma de construcción implica un material que debe de ser modelado, es decir la construcción genera un producto, y todo producto necesita de insumos en su fabricación. Hasta aquí la segunda premisa del argumento de la autora.

La tercera premisa de Knorr Cetina, es de carácter netamente social, a diferencia de las premisas anteriores que son de orden ontológico y epistemológico, en la tercera premisa que es presentada bajo el título de :“¿El científico como razonador económico, o quién es el empresario?” la autora argumenta que no existe una entrada “externa” meramente natural en el laboratorio, sino que todo el proceso de investigación que suceden en los laboratorios, está cargado con intereses económicos, académicos y políticos, ya que estos constreñimientos contextuales de orden social, modelan por completo el financiamiento de los proyectos de investigación, cito en extenso:

“Es precisamente a través de esas pormenorizaciones que las agencias de financiamiento y los científicos negocian qué problema y cómo se lo va a concebir, y lo hacen no solamente en los proyectos de financiamiento sino también en la interacción directa. *Aludir a los problemas de investigación como un input "externo" pasa por alto el hecho de que los procesos de definición de un problema penetran en el meollo mismo de la producción de investigación mediante la negociación de sus implicaciones y sus operacionalizaciones*”.⁵⁶

En este orden de ideas, es momento de revisitar el argumento de Knorr Cetina, ahora que se han enlistado y analizado las tres premisas fundamentales que lo componen. Para esta autora su tesis principal el “constructivismo social”, puede enunciarse del siguiente modo: en primer lugar, *no existen hechos neutros* y completamente objetivos en ciencia. En segundo lugar, la actividad que se lleva a cabo en los laboratorios, así como los productos que resultan de la misma y el material con el cual trabajan los científicos *es por completo artificial*, en el constructivismo social no hay espacio para una relación con la naturaleza en el laboratorio. Y, por último, no existe una investigación desinteresada y completamente objetiva en ciencia, sino que la actividad de financiamiento de los programas de investigación *está determinada a totalidad por los intereses económicos*, políticos e institucionales que otorgan los recursos a los investigadores.

⁵⁶ Cfr. Knorr-Cetina, K (1981) ‘The manufacture of knowledge An essay on the Constructivist and Contextual nature of science’. Pergamon. Traducción de María Isabel Stratta. P 215. *Cursivas añadidas*.

La tesis de Knorr Cetina es reafirmada por Zubieta en la siguiente idea: “Esta perspectiva considera que en la práctica de los laboratorios se genera el conocimiento científico de una forma muy diferente a la que transmiten los epistemólogos”. (Zubieta. 2009, p 692). Considero cierto el dictamen de Zubieta en relación a que autores del constructivismo social, al realizar estudios filosóficos y etnográficos en los laboratorios mismos en donde se genera el conocimiento científico, encontraron diferencias marcadas entre la prescripción de la epistemología tradicional y lo que realmente está sucediendo en los laboratorios, *pero de ahí a afirmar que los hechos científicos son contruidos a totalidad o son por completo artificiales, me parece un punto más difícil de consentir.*

Conviene citar dos entradas más del artículo de Zubieta, las cuales muestran que la tesis de constructivismo social sigue vigente, con las premisas básicas que formularon autoras como Knorr Cetina:

“El carácter que usualmente se adjudica a las investigaciones científicas (rigor, coherencia, etc.) es sólo el producto final de un proceso que recubre una serie de prácticas locales, contingentes y oportunistas.” (Zubieta. 2009, p 692).

“Para este enfoque, la realidad no es la causa sino la consecuencia de los procesos de construcción del conocimiento. La distinción entre la naturaleza y la sociedad es el resultado de una serie de estrategias retóricas de argumentación y movilización de recursos que comienzan en el laboratorio pero que trasciende los límites del mismo”. (Zubieta. 2009, p 693).

Con estas ideas que se han mostrado en la presente argumentación, el lector puede identificar las principales tesis de la posición de los estudios sociales sobre la ciencia y la tecnología conocida bajo la nomenclatura de “constructivismo social”, existen diversos autores que pertenecen a esta tradición, si bien las posiciones dentro de dicha tradición tienen diversos matices, que van desde posturas más moderadas hasta un relativismo cultural más radical, las tesis se mantienen acordes en las premisas básicas que se han mostrado.

Como se observa, en la propuesta de Knorr Cetina no hay lugar para “*inputs* naturales” de ningún tipo en el laboratorio. En mi tesis en cambio denominada: “constructivismo natural”, las ciencias naturales, ocupan un papel importante al entender; *cómo procesos que relacionan y generan nuevas funciones entre entidades* ocupan un lugar central en el laboratorio. Pero antes de comparar en detalle ambas posiciones, en la siguiente sección se expone de manera precisa la noción de “Laboratorio” de Knorr Cetina.

En este sentido, me parece más justa una de las conclusiones que muestra Zubieta en su artículo, en donde señala que: “Sin embargo, como sus críticos muestran, los constructivistas no cambian las cuestiones: solo muestran que las cuestiones están mal planteadas”. (Zubieta. 2009, p 697). Esta idea de la autora es fructífera por dos razones, primero: establece el mérito del programa constructivista al marcar y argumentar en contra de las limitaciones de la epistemología y el realismo tradicional en filosofía de la ciencia, esto es un objetivo que se cumple.

Segundo: el programa constructivista es más crítico que propositivo, y en este orden del argumento, mostraré que existen vías para desarrollar propuestas alternas, atendiendo como lo hizo en sus orígenes las tesis de Knorr Cetina, el papel del laboratorio para una buena epistemología de la ciencia.

Mi intención es desarrollar una ontología del laboratorio, sin caer por un lado en las contradicciones del realismo tradicional y tampoco en el relativismo contextual del constructivismo. Es por eso que mi posición es falibilista a la manera de la máxima pragmática de Peirce.

4.1 Definición de Laboratorio de Karin Knorr Cetina (1999)

La autora que nos ocupa, continúa con su análisis de las relaciones entre ciencia y sociedad y los constreñimientos que esta última impone a la investigación científica. En este sentido, existe una segunda obra de importancia para nuestro examen del constructivismo social de Knorr Cetina, me refiero a: *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge* (1999).

En este libro, la autora sitúa su propuesta en el análisis de un estudio de caso del laboratorio de biología molecular. La tesis central de este trabajo consiste en entender a la cultura científica como una “maquina generadora de conocimiento”, que utiliza símbolos y significados conceptuales. Aquí una vez más, el laboratorio ocupa un lugar privilegiado para entender a la actividad de la comunidad científica, por este motivo a continuación se expone en detalle la noción de “laboratorio” de la autora, así como la manera en la que éste genera conocimiento y dota de significado a sistemas y símbolos que más tarde se integran para conformar el trasfondo cultural de una sociedad.

Knorr Cetina, comienza su estudio planteando la noción de laboratorio como un espacio en donde se resignifican los órdenes naturales y sociales: “Laboratories as Reconfigurations of Natural and Social Orders” (Knorr Cetina, 1999. P 26) la reconfiguración de las relaciones entre lo natural y lo social, no es bidireccional en esta autora, ya que, en sentido estricto para Knorr Cetina, no existe una entrada natural (*input*) específica en el laboratorio.

Menciona Knorr Cetina, que los laboratorios son un lugar en donde se trabaja por completo con tecnología de creación “artificial”, en este orden de ideas, no hay una realidad en el sentido de naturaleza dentro de estos espacios: “I want to begin by proposing that laboratories provide an "enhanced" environment that "improves upon" natural orders in relation to social orders”. (Knorr Cetina, 1999. p 26).

En su propuesta, los laboratorios al propiciar un “entorno mejorado” en la sociedad, mejor que la naturaleza, muestran que lo que sucede en estos espacios de investigación es modelado por la influencia de las relaciones sociales dentro de los programas de sistemas experimentales científicos.

Es importante subrayar que, en esta autora, el tema de la realidad como naturaleza sólo es tomado en cuenta de forma indirecta. Para Knorr Cetina, la relevancia y el núcleo argumentativo de su propuesta se define exclusivamente en términos de sociedad. De este modo no hay conocimiento de la naturaleza, y la imagen de la actividad científica es una imagen pasiva, ya que, la comunidad de investigadores es presentada como un grupo de profesionales cuya actividad y centro de trabajo (laboratorios) se ve influenciada y dirigida por los constreñimientos sociales e históricos del contexto político y económico al que pertenecen.

Debo señalar que, si bien es cierto que la ciencia es una práctica social, al reducir por completo nuestra reflexión a este sector cultural, no queda claro en la tesis de Knorr Cetina, cómo se explican temas tan relevantes en filosofía de la ciencia como: procesos, ambiente, explicaciones, leyes científicas, naturaleza y realidad.

Nuestra autora, en la segunda sección de la obra que se está examinando, expone bajo una perspectiva histórica del desarrollo científico, tres elementos que se muestran a continuación, propios de los sistemas experimentales, puede advertirse como ya se ha señalado, la ausencia de un elemento natural en el laboratorio, en la siguiente cita, se observa el papel negativo de la realidad natural para el laboratorio, ya que de acuerdo con Knorr Cetina: la historia de la ciencia puede registrarse por medio del éxito o fracaso obtenidos en la implementación de estos tres movimientos dentro del espacio experimental . Cito en extenso:

“Rather, one works with object images or with their visual, auditory, or electrical traces, and with their components, their extractions, and their "purified" versions. There are at least three features of natural objects a laboratory science does not have to accommodate: first, it does not need to put up with an object as it is, it can substitute transformed and partial versions. Second, it does not need to accommodate the natural object where it is, anchored in a natural environment; laboratory sciences bring objects "home" and manipulate them on their own

terms, in the laboratory. Third, a laboratory science need not accommodate an event when it happens; it can dispense with natural cycles of occurrence and make events happen frequently enough for continuous study. Of course, the history of science is also a history of lost opportunities and varying successes in accomplishing these transitions”.⁵⁷

Knorr Cetina, primero llama la atención al señalar que la implementación técnica del laboratorio, en este espacio no se trabaja con los fenómenos naturales reales sino con “trazos” auditivos, visuales o eléctricos, y por lo tanto son versiones “depuradas” de la naturaleza. De este modo se realiza una versión parcial y artificial del elemento natural.

En segundo lugar, la ciencia no trabaja en medios naturales sino en medios artificiales, y trabajan con los objetos de la naturaleza de modo adecuado con lo que ya se ha implementado en el laboratorio. Por último, la ciencia de laboratorio de acuerdo con Knorr Cetina, pueda alterar los ciclos del evento natural y reproducirlos de forma secuenciada con la frecuencia que se requiera en el espacio experimental. En suma, estos tres movimientos dentro del laboratorio muestran, para esta autora el carácter artificial de la ciencia.

Como se observa, en el planteamiento de la autora que hemos estudiado en la sección anterior y en particular en su noción epistémica de laboratorio que hemos expuesto en el presente apartado, se puede identificar una ausencia de cualquier tipo de relación entre la naturaleza y el laboratorio. En este sentido lo real del *input* natural, no está presente en los espacios de investigación, la imagen de la ciencia que se obtiene de la propuesta de Knorr Cetina, como consecuencia de la tesis del “constructivismo social”, es que no tenemos conocimiento del mundo natural y no queda claro en qué sentido se “construye socialmente” la cultura epistémica, ya que al no existir una relación clara con la naturaleza, no existe un criterio de demarcación entre conocimiento genuino y la mera especulación y prácticas pseudocientíficas.

Como se ha mostrado, la posición de Knorr Cetina, es netamente social, el carácter de construcción en su filosofía, si bien parte de una premisa correcta de análisis sobre prácticas de laboratorio, conduce, bajo una lectura radical; a un relativismo extremo, que es lo que criticó con razón Mario Bunge (2013).

⁵⁷ Cfr. Knorr-Cetina, K. (1999) *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts London, England. P 27. *Cursivas añadidas*.

Al situar el argumento de Knorr Cetina en la discusión realista, se presenta como una posición opuesta a cualquier realismo científico, pero es claro entonces, el hecho de negar el realismo y exaltar el papel de lo social en la construcción del conocimiento científico, el problema se presenta como un dilema, de este modo: o bien se acepta una posición realista tradicional teórica, o bien se acepta una posición social relativista basada en prácticas de laboratorio, como es la posición de la autora.

Mi tesis va a mostrar que éste es un “falso dilema”, y que existe una vía alternativa, la cual integra “naturaleza-sociedad” bajo la directriz de prácticas científicas que direccionan y controlan procesos propios de las ciencias naturales en beneficio de las demandas que atravesamos como seres humanos y, los grandes retos de adaptación que hemos atravesado en el decurso de la historia.

La interpretación de “Construcción social” que desarrolla Knorr Cetina, para explicar la práctica de los laboratorios al desplegar sistemas experimentales, es sólo una vía posible para entender la labor en ciencia. Existen propuestas alternativas más recientes, como el estudio de César Prestel (Madrid, 2011), Prestel también realiza investigación etnográfica en los laboratorios, pero él extrae conclusiones muy diferentes a las de Knorr Cetina.

La experiencia de Prestel en el laboratorio se ubica en el estudio de caso de la construcción del “sensor fluido”,(un medio técnico de detección de propiedades físico-químicas) que se lleva a cabo en laboratorios de avanzada en Madrid.

Mi punto es que, a diferencia de Knorr Cetina, Prestel, por ejemplo; no utiliza un marco teórico como el del constructivismo social para modelar la explicación de su estudio de caso, para éste autor es más conveniente el modelo del “actor red” desarrollado principalmente por Bruno Latour, en el periodo comprendido de 2008 a 2011.⁵⁸

Mi posición es más cercana al actor red de Latour, que a la construcción social de Knorr Cetina, mi tesis es pragmatista a la manera de Peirce, en esta línea existen estudios que señalan la afinidad entre el pragmatismo clásico norteamericano y la teoría de Latour. Por ejemplo, el artículo de López Gómez y Javier Tirado (2014) titulado “Teoría del Actor: Red, un pragmatismo contemporáneo”.

⁵⁸ La tesis principal de la “Teoría del actor red” de Latour, afirma que las redes de artefactos no son un producto de contenido netamente social, al contrario, dichos artefactos son los que posibilitan las asociaciones de la vida social. En este sentido, yo agrego una cláusula a teoría, a saber: que dichas redes de artefactos son posibilitadas por el constructivismo natural.

Volviendo a la problemática que envuelve el construccionismo social como tesis antagónica del realismo científico clásico, la vía que propongo para solucionar el dilema mencionado, es una opción pragmatista, que también integra el saber teórico con los efectos creados en la dirección de procesos en los laboratorios científicos.

4.3 Constructivismo Natural

El constructivismo natural es una tesis pragmática contemporánea.⁵⁹ Al ser pragmática, es integrativa. Una de las principales síntesis que realiza el constructivismo natural, es señalar la continuidad entre naturaleza y sociedad. Otra integración de suma importancia -de la cual existe una abundante literatura sobre el tema- es la integración entre “organismo- entorno”, esta idea puede estudiarse en trabajos contemporáneos como los análisis de Lucas mc Granahan (2017), Trevor Pearce, Gillian Barker y John Odling-Smee (2014).

En esta orden de ideas, el argumento principal de Mc Granahan es, siguiendo a William James, que la riqueza filosófica y el interés que despierta el estudio de los organismos obedece a la complejidad funcional que emerge en una integración adecuada de los organismos con sus respectivos ambientes. Mc Granahan muestra dicha integración en la siguiente tesis: “On the contrary, individuals are interesting precisely because they are complex, functionally integrated wholes that are constituted as such in relation to a lived world. *Individuals are thus constituted at the intersection of the twin dialectics of part–whole and self–world*”. (Mc Granahan. 2017, p 11).

Para estos autores, la integración entre organismo- entorno, es un elemento indispensable en la filosofía de la biología contemporánea, así para Mc Granahan, la integración es explicada y fundamentada en el pragmatismo de William James. Por otro lado, Trevor Pierce sigue la filosofía de Dewey y la teoría evolutiva de Lamrack, y por último, Barker y Odling-Smee, realizan análisis de la síntesis moderna en teoría evolutiva, basados en pragmatismo clásico de Dewey.

Mi posición, “La construcción natural”, respeta e incorpora la síntesis e integración mencionada en dichos autores, pero desarrolla la integración organismo-entorno y naturaleza-

⁵⁹ Antes de exponer en detalle la noción de proceso generativo característica de mi propuesta doctoral, y explicar la manera en la que en el laboratorio de bioquímica se desarrolla una generación de nuevas relaciones y funciones (Cas9: pasa de bacterias a mamíferos y plantas). Debo detenerme en la elucidación de la tesis general de “Constructivismo Natural”, la cual es la tesis central y más general de mi trabajo, en este sentido el concepto de proceso generativo, como se mostrará en las conclusiones; es una instancia que se deriva del Constructivismo Natural.

sociedad, así como teoría-práctica desde una interpretación de la máxima pragmática de Charles Peirce.

Mi punto es que la experiencia humana en donde realizamos las diversas prácticas expresadas en usos y costumbres dentro de la sociedad, no es separada de la naturaleza, ni independiente de ella. Por otro lado, la naturaleza no es independiente de las aplicaciones y consecuencias que hemos logrado extender en nuestro beneficio gracias a la investigación científica. Esta es una de las maneras en la que aplico mi interpretación de la máxima pragmática de Charles Peirce.⁶⁰

En el texto “Integrating Ecology and Evolution: Niche Construction and Ecological Engineering” de Barker y Odling-Smee (2014), los autores señalan la relevancia de los organismos en la construcción de nichos de hábitat y la manera en la que la información genética se relaciona en formas sofisticadas de adaptación de acuerdo a las posibilidades y ventajas que presentan determinados ambientes para la adaptación de los organismos: “The genes involved in producing the niche-constructing traits thus help to create a modified environment that bestows selective benefits on the many other genes involved in producing traits that are adaptive in the modified environment”. (Barker y Odling-Smee. 2014, p 194). De acuerdo a los autores, esta idea ya está expresada de forma implícita en Lewontin (1983), en donde se muestra una mutua influencia entre organismo y entorno.

Barker y Odling-Smee, no detienen su propuesta en la relación mencionada de integración organismo entorno de forma aislada, sino que postulan una modificación de mayor alcance, ya que cada población de organismos al interactuar en el medio y modificar el ambiente mediante la construcción de nichos, se ve afectado por el ambiente y otros nichos que han creado a su vez otras poblaciones de organismos. Como se observa existen influencias recíprocas dentro de un ecosistema en diversos niveles:

“But it is obvious that these basic insights can be brought together to show the possibility—indeed the inevitability—of organisms’ *modifying their environments in ways that have effects on ecosystem functioning that in turn affect the evolution of other members of the ecosystem.* P 196.”⁶¹

⁶⁰ En cuanto a la máxima y el método de clarificación conceptual que representa, adopto una lectura que me permite extender la máxima a la integración natura-sociedad. De este modo, entre las posibles consecuencias en la esfera práctica derivadas de la comprensión del concepto, se deben de seleccionar aquellas consecuencias que sean deseables realizar dentro de un sistema experimental, para de ese modo potenciar el proceso evolutivo y adaptativo en la relación organismo- entorno. Para un análisis detallado de la máxima en Peirce, véase: Mc Nabb (2018).

⁶¹ *Cursivas en el original.*

La principal conclusión del texto, es que existe una evolución en los ecosistemas, causada por los movimientos integrativos descritos con antelación “Ecosystem evolution occurs when evolutionary change in a population or populations of organisms brings about change to ecosystem properties”. (Barker y Odling-Smee. 2014, p 198).

En mi propuesta de “construcción natural”, el segundo gran momento sintético que ofrezco como variación complementaria a la integración expuesta entre organismo-entorno, es que además existe una “intencionalidad” que se presenta entre esfera teórica y esfera práctica. Ambas síntesis se encuentran interrelacionadas en mi tesis. *Esto quiere decir que la naturaleza no ofrece una ontología independiente del aprovechamiento teórico y práctico que podamos hacer de ella como sociedad.*

Mi punto es que no debe de entenderse a la ciencia como una búsqueda de la ontología de la realidad desligada de la aplicabilidad y el beneficio que pueda reportar la investigación científica a los seres humanos en diversos sectores.

De este modo, en mi propuesta, las ciencias naturales son entendidas como formas de organizar los elementos que disponemos en el medio y aprovecharlos dentro de un proceso adaptativo en la construcción de nichos propios de nuestra especie. Así la ciencia se presenta como una manera detallada y sofisticada de investigación que nos ha permitido teorizar, pensar y dirigir mediante acciones coordinadas procesos de orden físico, químico, biológico, etc. Esto con el fin de asegurar nuestra supervivencia en una cada vez más compleja interacción con el medio.

Dentro de los beneficios como consecuencias deseadas para el desarrollo y adaptación al medio, que hacemos gracias al despliegue de la investigación científica, lo teórico y lo práctico se interrelacionan en el despliegue de biotecnología en el medio (como una vacuna o un antibiótico) y, aprovechamiento de los recursos que disponemos. Este movimiento permite desarrollar adecuadas prácticas en los laboratorios que más tarde reportan beneficios a las personas.

En este orden de ideas, en mi propuesta, el conocimiento no es entendido como una mera cuestión proposicional, de donde derivan teorías como la verdad por correspondencia. Conocer dentro del constructivismo natural es: encaminar la acción con objetivos dentro de un programa de investigación, como puede ser el despliegue de la actividad de un laboratorio como el de bioquímica (de donde se ha seleccionado el estudio de caso CRISPR / Cas9). En la situación de los laboratorios, es claro, cómo existe una continuidad y mutua influencia entre práctica y teoría.

Las integraciones naturaleza- sociedad, y teoría- práctica, propias de mi propuesta se encuentran relacionadas con la importante integración “organismo- entorno”, que han desarrollado Mc Granahan y Pierce entre otros. De este modo las tres integraciones comparten motivos que las

justifican, con mi propuesta, me sumo a la moción de Trevor Pierce sobre la impronta de la integración organismo- entorno, como una tesis filosófica de primer nivel para repensar cuestiones de importancia en diversas áreas de la investigación filosófica: “In philosophy, organism-environment interaction provided a new foundation for ethics, politics, and scientific inquiry. Thinking about organism-environment interaction became indispensable, for it had restructured our view of the biological and social world”. (Pierce. 2014, p 13).⁶²

En mi propuesta, se agrega un análisis detallado del importante rol activo del “laboratorio” en ciencia para efectuar dichas integraciones de manera exitosa. De la misma manera, en el laboratorio existe una integración entre naturaleza y sociedad, ya que, la labor experimental propia de la ciencia contemporánea, es la mejor manera que hemos desarrollado hasta el momento como sociedad para adecuarnos en un proceso adaptativo a las exigencias del medio.⁶³

En este sentido, mi propuesta es abiertamente darwiniana, darwiniana a la manera en la que Charles Peirce extiende las tesis evolutivas de Darwin para formular hipótesis metafísicas de continuidad en la ontología del mundo.⁶⁴

Como se ha indicado con antelación, la tesis evolutiva de Darwin fue una influencia decisiva para el pragmatismo clásico norteamericano. En este sentido, son principalmente Peirce y Dewey, quienes desarrollan con mayor precisión sus programas de investigación filosófica, en donde trabajan y extienden postulados darwinianos en diversas líneas de argumentación filosóficas.

En el caso de Peirce, él detecta que la tesis evolutiva de Charles Darwin es pensada para explicar la variación y deriva genética en largos periodos de tiempo. En donde las especies entran en

⁶² Al igual que la tesis de integración organismo- entorno en Peirce, permite una nueva fundamentación para repesar temas de ética, política e investigación científica como muestra en su artículo. Sostengo que las integraciones que defiende mi propuesta, integraciones entre teoría y práctica, así como entre naturaleza y sociedad, cumplen la misma función que Peirce atribuye a su teoría integrativa. El nexo en común de las tres integraciones es que todas ellas permiten construir una nueva ontología que difiere de la metafísica tradicional ya que es una ontología pragmatista, y en el terreno de la epistemología, las tres integraciones sostienen un papel activo, funcional y constructivo para los agentes dentro de la dialéctica de integración correspondiente, con lo cual dichas integraciones toman una distancia crítica en relación a la teoría del conocimiento empirista y metafísica tradicional.

⁶³ En cada uno de los tres grandes pragmatistas la fundamentación de su postura es distinta “Peirce’s pragmatism is scientifically elitist, James’s is psychologically personalistic, Dewey’s is democratically populist” (Rescher. 2007, p 133). El elitismo en Peirce al que refiere Rescher obedece a la instauración del método científico como baluarte y ejemplo canónico de racionalidad en la investigación por encima de otros ámbitos del saber cultural. Aquí aparece una postura que puede interpretarse en clave positivista.

⁶⁴ En la obra de Peirce, existen tres hipótesis metafísicas que el autor postula como elementos inherentes al desarrollo de una epistemología que permita el avance de la investigación, dichas hipótesis son: el cambio evolutivo, el componente del azar en la naturaleza, y la actualización de las potencialidades de la realidad en un continuo. Véase: Cooke, 2006, Cap. V. p 83 y ss.

una relación selectiva con el medio para preservar características deseables, que más tarde son transmitidas a las nuevas generaciones y se reflejan en la evolución.

Lo importante de esta idea, es que Peirce no detiene su comprensión de la evolución sólo en el dominio de la ontología del mundo y los diversos reinos que lo habitan. Sino que extiende dicha tesis al “universo entero”, con lo cual la hipótesis evolutiva de Darwin pasa a formar parte dentro de la ontología de Peirce, como una hipótesis metafísica de primer nivel. Las hipótesis de corte evolutivo que desarrolla Peirce son las siguientes: el cambio evolutivo, el componente del azar en la naturaleza, y la actualización de las potencialidades de la realidad en un continuo.⁶⁵

En este orden del argumento, debo señalar que Peirce inaugura una nueva forma lógica que complementa a los silogismos deductivos e inductivos de la lógica clásica, esta inferencia permite explicar el acto dubitativo de la investigación y el inicio de la secuencia de un programa de investigación, el cual de acuerdo con Peirce, inicia con una sugerencia o hipótesis (esta tesis a adoptado la nomenclatura de “Abducción” en la literatura contemporánea sobre el tema).

El elemento que me interesa de la abducción es que, al abducir o sugerir hipótesis explicativas en un programa de investigación, se pone de manifiesto que el *corpus* teórico actual de la ciencia, así como el desarrollo tecnológico con el cual se apoya y desarrolla *no está acabado*, es decir no es completo. Por eso es necesario que el científico genere nuevas sugerencias e hipótesis, para lograr un mejor desarrollo de su programa de investigación y alcanzar así una adaptabilidad en armonía con las exigencias del medio.

Esta posición en Peirce es conocida como “falibilismo” y es muy importante para las hipótesis metafísicas de influencia darwiniana que se han mencionado, porque la ciencia al ser falible y por lo tanto perfectible, indica que la relación adaptativa con el medio aún no ha terminado y, *por lo tanto, que se debe de seguir investigando en diversos campos dentro de las múltiples prácticas humanas*. Incluida la ciencia. Véase: Cooke (2007).

La otra parte de esta idea es que el “medio”, *la realidad misma está cambiando*, esto explica porque el medio sigue presentando retos a la sociedad y en este sentido se siguen buscando nuevas formas para lograr un equilibrio o una estabilidad armónica con las contingencias y eventos inesperados y anómalos que se presentan en la esfera práctica, de la cual la ciencia es una respuesta adaptativa de gran eficacia.

⁶⁵ Para un análisis exhaustivo de las hipótesis evolutivas metafísicas de Peirce. Véase: Cooke (2007) y Barrena (2012).

Mi tesis, el constructivismo natural, es una pieza clave en la comprensión de la integración adaptativa de la sociedad con el medio. Desde mi propuesta doctoral: la historia de la ciencia puede leerse en clave adaptativa, como una manera de aprovechar los medios y recursos que el ser humano ha tenido a su disposición en los diversos ambientes, en los cuales nosotros, como organismos, nos hemos adaptado y mejorado nuestras condiciones de vida.

De este modo, como señaló Peirce con la postulación de las tres hipótesis evolutivas de continua transformación en la realidad. Tomando dichas hipótesis como premisa, es posible derivar que el ser humano como comunidad se adapta, crea habitat, aprovecha recursos del ambiente, siendo justo *el medio* la integración y simbiosis que exige de nuestra parte la creación y la dirección de herramientas cada vez sofisticadas (en mi estudio de caso, bioquímicas y biotecnológicas) que nos han permitido buscar una eficacia en la adaptación al medio.

La tesis de construcción natural supone un entorno “móvil y evolutivo”. En este sentido, el ser humano evoluciona al tiempo que evoluciona el medio, no es que el medio este dado, fijo y absoluto. La premisa ontológica básica de mi propuesta es que la realidad es abierta, no fijista ni completamente determinada, de ahí que la posición falibilista sea una buena epistemología del programa del constructivismo natural.

Si bien como señala Sara Barrena (2012) siguiendo a Peirce, en la realidad en donde las esferas de las prácticas humanas se efectúan, existe una estabilidad, también hay una novedad. La unión de lo que se mantiene con el cambio, es lo que nos posibilita como comunidad a esperar regularidades en la realidad y nos prepara al mismo tiempo para afrontar los desafíos de la sorpresa en el decurso de las prácticas que realizamos.

Y es en este importante aspecto que entra en toda su magnitud la tesis de la construcción natural. Ya que el medio afecta al organismo, a las comunidades y nichos de habitat. En este sentido, los seres humanos hemos desarrollado herramientas bioquímicas, biotecnológicas, industriales y farmacéuticas muy sofisticadas en ese proceso de adaptación e influencia recíproca entre naturaleza y sociedad, lo cual tiene como notable consecuencia un medio que es el resultado de esta simbiosis adaptativa, compleja y multifactorial.⁶⁶

⁶⁶ Putnam señala que “La mente y el mundo hacen continuamente a la mente y el mundo” (1981, p xi), (1988, p 13). El tipo de realismo de dicha afirmación ha generado una amplia discusión entre los especialistas. Véase: Hacking (1983), Devitt (1991) y Ben-Menahem (2015). El mismo Putnam cede a las críticas suscitadas por el “realismo interno” y abandona dicha afirmación en 2012 (p 25-29). Putnam adopta una posición denominada “realismo natural”, más cercana al pragmatismo clásico norteamericano, en especial al pragmatismo de Dewey y James. La crítica y variante pragmática de mi propuesta es que no es la relación entre mente y mundo

Gracias a la actividad que se desarrolla en laboratorios de avanzada como el de la Dra. Jennifer Doudna en Berkeley, la comunidad científica aprovecha procesos característicos de la investigación en ciencias naturales: *Los amplia e integra en nuevas relaciones, generando con ello biotecnología tan importante en tiempos como el que transita en la actualidad la humanidad, en donde herramientas como le edición de corte genético CRISPR/Cas9, han ocupado un papel central en la defensa y búsqueda que hemos hecho como sociedad para adaptarnos a las demandas del medio.*

4.4 Comparación sobre ambas nociones de “Construcción”

Como se ha mostrado, el giro hacia una filosofía de la ciencia basada en prácticas de laboratorio, en el campo principalmente de la filosofía de la biología, ha sido un nuevo enfoque muy fructífero. Se debe de reconocer el esfuerzo y aportación original de los estudios etnográficos y las propuestas derivadas de ellos, de autores y filosofas como Woolgar, Latour, y la propia Knorr Cetina.

Al centrar la reflexión en los estudios de caso concretos de diversos “Laboratorios”, esta nueva perspectiva filosófica ha permitido repensar problemas clásicos en filosofía de la ciencia desde una óptica novedosa. Así las cuestiones sobre realidad, verdad, objetividad, y la distinción entre ciencias naturales y ciencias sociales son puestas en duda en la propuesta de “Construcción social” de Knorr Cetina, si bien, no comparto las conclusiones alcanzadas por dicha autora en su propuesta, mi posición parte de la misma premisa, es decir, de reconocer la importancia del “Laboratorio” para elaborar una nueva filosofía de la ciencia desde la noción de prácticas científicas.

Lo que se ha argumentado en el presente capítulo de la tesis, es que es posible realizar una ontología de las prácticas de laboratorio, centrando nuestra atención en la noción de “Procesos generativos de funciones”, de este modo, la premisa fundamental del argumento continúa siendo el tema de las prácticas concretas de laboratorio, no obstante, en mi posición, no se concluye de este hecho, una filosofía basada en ciencias sociales que deriva hacia un relativismo cultural, como es la posición estudiada de la construcción social del conocimiento científico de Knorr Cetina.

Si bien mi posición tampoco es abiertamente realista a la manera tradicional, no es tampoco relativista a la manera de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, mi posición, denominada “constructivismo natural” se encuentra suspendida entre ambos extremos, mi posición es una interpretación pragmática a la manera de la máxima de Peirce (1878), con lo cual, más que plantear

en donde se debe de poner el acento para comprender la realidad, sino justo en la categoría de “acción controlada” y no solo en la mente.

dilemas y resguardarse en contradicciones teóricas, mi postura defiende las tres principales integraciones que se han mostrado en la argumentación precedente.

Las integraciones entre: naturaleza- sociedad, teoría – práctica, y organismo- entorno, permiten realizar una ontología y una epistemología de los diversos laboratorios y sistemas experimentales, centrando como punto de análisis fundamental a la noción de “Procesos” en laboratorios de avanzada en biomedicina.

Desde esta posición, es posible analizar, cómo el ser humano desarrolla y direcciona procesos de investigación, que tienen como finalidad aprovechar los recursos del medio, en la medida en que dichos procesos han permitido una adecuada adaptación y por lo tanto nuestra supervivencia como especie.

De este modo, la ciencia aparece como el modo de investigación más sofisticado que el ser humano ha desarrollado hasta el momento en su lucha por la adaptación a las condiciones de vida en el planeta a lo largo de la historia. En este sentido, mi teoría de “construcción natural” estudia y describe desde el interior de los laboratorios contemporáneos, la manera en la que el conocimiento científico se lleva a cabo en la práctica del desarrollo de diversos sistemas experimentales. Mi punto es que los procesos que los científicos direccionan, y crean nuevas relaciones entre las entidades propias de las ciencias naturales (en este caso la biomedicina) nos ha permitido “crear” efectos que tienen injerencia directa en la vida de la mayoría de las personas, ya que la humanidad se beneficia con los resultados de la investigación, como son el uso de antibióticos, o en fecha reciente la vacuna contra Sars Cov 2.

Como se observa, la noción de “construcción” propia de mi propuesta, se diferencia de la noción de construcción de Knorr Cetina en dos puntos importantes. Primero, mi propuesta no acepta al igual que Cetina una realidad completamente independiente de la comunidad social, pero eso no significa que las ciencias naturales obedezcan a una ausencia de ontología, es decir, que mi posición acepta una ontología del laboratorio y su impacto en la sociedad.

En segundo lugar, la prueba de la ontología de los laboratorios, se hace patente en mi propuesta, gracias a la creación de efectos deseados por un programa de investigación, al desarrollar sistemas experimentales, esta prueba se logra mediante el despliegue de procesos propios de las ciencias naturales.

CONCLUSIONES

“Verde es el dorado árbol de la vida, gris toda teoría”

Wolfgang Von Goethe

A manera de conclusión, primero, se debe de señalar la relevancia de mi propuesta de “construcción natural” en la discusión contemporánea de la filosofía de procesos en biología. Como se ha argumentado a lo largo del capitulado precedente, diversas nociones como la de modelo, mecanismo, y sustancia, han mostrado ser básicas para una tradición de corte teórico en la filosofía de la ciencia de raigambre anglosajona.⁶⁷ Durante décadas, dichos conceptos fueron desarrollados en diversas propuestas dentro de dicha tradición de pensamiento.⁶⁸

Las principales conclusiones de mi tesis, pueden resumirse en 4 enunciados interconectados, los presento de forma singular en pos de la claridad argumentativa, no obstante, en conjunto constituyen una unidad de sentido y son los siguientes:

- a) Al centrar la reflexión filosófica de una noción basada en teorías, a una filosofía basada en prácticas, se puede dar una lectura novedosa al problema de realismo-antirrealismo en filosofía de la ciencia.
- b) La noción de “realidad pragmática” basada en una ontología de “procesos” de laboratorio, tiene como consecuencia más importante, que la actividad de investigación científica, es una forma de adaptación, traducción, coordinación y extensión de procesos de la ciencia natural en beneficio de nuestra especie, generando “consecuencias” en la práctica que nos han

⁶⁷ Como se argumentó en la presente investigación (Capítulo III, secciones 3.3 y 3.4), es posible complementar, e incluso sustituir una metafísica tradicional de corte teórico, por una “ontología de procesos” basada en la noción de “prácticas científicas”, la cual toma en cuenta los argumentos de la posición de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, pero ofrece una ontología con mejores propiedades axiológicas y epistémicas que la sola interpretación hermenéutica relativista propia de la sociología de la ciencia. La nueva ontología de procesos defendida en mi tesis, tiene un mayor poder explicativo que su contraparte sociológica, además, mi propuesta otorga un lugar equilibrado a las prácticas científicas, redimensionando la noción de “consecuencia”, lo cual permite dar una lectura a la actividad científica, mas acorde con un realismo pragmático, el cual como se ha mostrado es una manera novedosa de entender la filosofía de la ciencia y a la ciencia misma.

⁶⁸ Por otro lado, mi propuesta se inscribe dentro del movimiento que giró hacia una filosofía de la ciencia centrada en la reflexión que puede plantearse desde el estudio de casos concretos en diversos laboratorios de avanzada, principalmente en el terreno de la bioquímica y la biomedicina. Este giro hacia las prácticas científicas en el laboratorio, se mostró con gran fuerza a través de los estudios pioneros de Latour y Woolgar (1987), Knorr Cetina (1981, 1983 1986, 1999), y Andrew Pickering (1982, 1992,1995), entre otros.

ayudado a sobrevivir, adaptarnos y crear un hábitat sofisticado, y un superávit (ganancia material y cultural) en nuestra relación como organismos con el medio.

- c) Dicha noción de “realidad” es falibilista a la manera de Peirce (1878, véase Cooke .2007), por lo cual, se mantiene a buen resguardo del extremo dogmático propio de un realismo de estructuras (metafísica tradicional) y de su contraparte, el escepticismo relativo extremo que caracteriza a las posiciones situadas en la noción de “construcción social”.
- d) La armonía argumental de la ontología de procesos, inscrita en la categoría de “construcción natural”, nos ayuda a repensar y plantear problemas clásicos de la filosofía de la ciencia, bajo nuevas líneas argumentales, el hecho de que la ciencia, entendida en clave de construcción natural, evidencie que toda actividad de investigación científica tiene efectos en la práctica y más importante aún, *que la comunidad científica, al ser agente de generación, dirección, y aplicación de procesos*, está creando efectos y consecuencias que impactan de forma directa la vida de millones de personas. Bajo esta óptica, se observa con claridad, cómo teoría y práctica se configuran y relacionan de forma eficiente.

A) Hacia una filosofía de la ciencia enfocada en prácticas de laboratorio:

El movimiento en torno a la filosofía de la ciencia basada en estudios de caso de laboratorios, que se originó con la sociología de la ciencia en los años 80’s, sigue vigente en propuesta como la de Suárez Díaz (2015 a, 2015 b) y Martínez y Huang (2015), si bien es cierto que es importante atender a los estudios y las reflexiones de propuestas centradas en un trasfondo propio de los estudios sociales y filosóficos de la ciencia y la tecnología, la riqueza de los estudios de caso no se agota bajo una lectura de carácter exclusivamente sociológico.⁶⁹

En este orden de cosas, lo que argumentan Martínez y Huang, es que la filosofía de la ciencia centrada en prácticas no es “excluyente”, sino complementaria de otros desarrollos como puede ser la filosofía de la ciencia tradicional centrada en teorías. Hacia el final de la introducción de su libro, los autores apuntan una conclusión central que comparto: “Una filosofía de la ciencia centrada en prácticas debe verse como un punto de partida para diferentes proyectos filosóficos, no como un punto de llegada”. (Martínez y Huang. 2015, p 21).

⁶⁹ Uno de los méritos de la propuesta de Martínez y Huang es que reconocen la importancia de realizar filosofía de la ciencia desde la noción de “prácticas” mismas. La filosofía de dichos autores es una posición que deja abierta la posibilidad a una agenda de investigación más amplia, en donde no se privilegia la filosofía basada en prácticas sobre una filosofía basada en teorías, sino que reconocen abiertamente que hay problemas en la filosofía de la ciencia que pueden ser abordados de una mejor manera por una u otra filosofía de la ciencia. En este sentido, la posición de Martínez y Huang, es más neutra que la radicalidad de Fernández Zubieta (2009) por ejemplo, dicha autora muestra una postura de corte más cercano al escepticismo, tal como se formuló el constructivismo social originalmente en los años 80.

Si bien la filosofía de la ciencia centrada en prácticas, comienza a ocupar espacios de discusión en la escena internacional, es cierto que la larga tradición basada en teorías y el realismo metafísico tradicional asociado a ella, continua vigente en importantes centros de investigación como Cambridge y Oxford. Es por ese motivo que planteamientos novedosos sobre una ontología de procesos, aunque están presentes con bastante fuerza en centros de investigación como Exeter (Dupré, Nicholson), muchos expertos como el Nobel de Física, Roger Penrose (2020), y el mismo Stephen Hawking (2018), mantienen una posición realista estructural, reduccionista y, por lo tanto, son reacios a aceptar este nuevo tipo de ontología de procesos centrada en prácticas científicas.

B) Una noción de “realidad” pragmática:

Mi propuesta, la construcción natural, ha mostrado que es posible desarrollar una “ontología de procesos” en filosofía de la biología, con dicha ontología se gana terreno en la comprensión de una interpretación situada en mi lectura de la máxima pragmática de Charles Peirce (1878), para dar cuenta de cómo los seres humanos nos hemos adaptado al medio y mejorado considerablemente nuestras condiciones de existencia, mediante la implementación de sofisticados sistemas experimentales.

Gracias a los arreglos experimentales, los científicos han desarrollado eficientes y complejos sistemas de traducción, manejo y extensión de *inputs* naturales en el laboratorio, merced al aprovechamiento, y aplicación de procesos biomédicos, químicos, industriales, económicos, agrícolas, etc... que han resultado en beneficio de los seres humanos.

Es clara ahora la distinción entre metafísica tradicional propia del realismo clásico en filosofía de la ciencia, de la cual tomo distancia crítica, ya que ese tipo de realismo se enmarca en una filosofía meramente teórica, y al no mostrar ningún tipo de consecuencia o efecto en las prácticas dentro de la experiencia, no hay modo alguno en el que se logre dirimir la disputa clásica entre el milenarismo problema del realismo- antirrealismo si permanecemos en el terreno de lo especulativo.

Mi propuesta en cambio, ofrece una vía alterna para repensar el problema de la realidad como lo que “hacemos” y no sólo como lo que “creemos”⁷⁰. De este modo, mi propuesta, explica por qué, mediante la actividad de investigación en ciencia, se obtienen consecuencias favorables para la creación de un hábitat sofisticado y acorde a un bienestar de la población.

⁷⁰ Mi propuesta al ser falibilista, adopta abiertamente el modelo duda-creencia-hábito-duda de Charles Peirce. Para una exposición detallada de este tema, Véase Cooke (2007), Cap. I y II pág. 7- 53.

C) Una noción de “investigación” falibilista:

Al entender la historia de la ciencia como una adaptación pragmática que hemos realizado y continuamos realizando entre la implementación simbiótica de los materiales, medios, y procesos que disponemos en nuestro transitar por la existencia, y complementarlo con el uso de la razón y la inteligencia propia de nuestra especie, entonces, es claro el por qué hemos logrado comprender, manejar en diversas escalas, e inclusive traducir procesos de las ciencias naturales a otros dominios de la realidad.

Retomé del pragmatismo clásico norteamericano su carácter integrativo, esa estrategia me permitió elaborar la argumentación de exposición detallada de carácter analítico y sintético sobre la “ontología de procesos” que se deriva de la tesis general de construcción natural. Mi argumento esta sostenido principalmente por dos integraciones, la integración entre teoría-práctica y la integración entre naturaleza-sociedad.

Como se mostró, las limitaciones explicativas de las posiciones anteriores a mi propuesta, hacia el final de la tesis (Capítulo IV y Anexo 1), cuando se criticó y diferenció la ontología de procesos de la metafísica de estructuras, así como la noción de “construcción” social de mi propia idea de construcción natural.

Dichas posiciones, interpretadas en clave epistémica, han mostrado ser polos opuestos de un problema sin solución a nivel de teorías, por un lado, la metafísica tradicional de estructuras, ejemplifica una noción “dogmática” ya que, al sostener la existencia de la realidad como una esencia estructural, deja de lado todo contenido intencional de dichas estructuras, de este modo, afirmar sin justificación suficiente que el estado actual de la ciencia presenta a las *mejores teorías de la ciencia física* como el logro más acabado de la epistemología, con lo cual se detiene la investigación ulterior, y de hecho como sabemos, la ciencia se continúa desarrollando y existe un largo camino de la investigación para los diversos campos científicos.

El problema con la ontología de estructuras, es que toman por “epistemología” lo que de hecho es puramente especulación metafísica, o bien, confunden el método de fijación de la creencia científico, con el método *a priori*, para decirlo con Peirce (1878).

En el otro extremo de esta lectura epistémica, se posiciona la construcción social, ya que, si la metafísica estructural es dogmática, la construcción social en su versión más radical, tiende al relativismo y, por lo tanto, mostró ser una posición “escéptica”. Visto bajo esta óptica, el dogmatismo de estructuras, como el escepticismo de construcción social, no agotan las posibilidades de la

epistemología científica, existe una tercera vía, la cual es el falibilismo de Peirce, explicado y desarrollado principalmente por Elizabeth Cooke (2007).⁷¹

En este sentido, como se ha explicado, el falibilismo en Peirce, es una teoría que anula la dicotomía entre dogmatismo-escepticismo, ya que mantiene lo positivo de ambas posturas dejando de lado los defectos, es decir que no se define en extremos, sino que es una posición intermedia.

La noción clave que define a la posición falibilista, es su aplicabilidad en el manejo y dirección de acciones que se inscriben dentro de las diversas prácticas que realizamos en la experiencia. El falibilismo es la epistemología del pragmatismo, esto quiere decir que la ecuación: duda-creencia-duda se expresa en determinadas “acciones” que muestran la aplicabilidad y adecuación del sistema de creencias en una relación de efectos recíprocos con el mundo.

Si las acciones generadas por las creencias resultan inadecuadas, éstas deben de ser abandonadas y actualizadas, porque el sistema “creencia-hábito” es una condición de posibilidad de las prácticas humanas.

Al aplicar este sistema falibilista al *corpus* de las creencias científicas, se observó que, en el transcurso de la historia, los sistemas experimentales científicos nos han permitido “crear” efectos y tecnología, los cuales han sido mejorados y reajustados, tanto material como conceptualmente.

Una idea derivada de esta tesis, mostró que en el programa falibilista no existe espacio para la crítica de la meta inducción pesimista de Laudan (1981). Aunque también es cierto que existen defensas contemporáneas de dicha tesis, por ejemplo, los trabajos de Flórez Quintero (2012) y críticas a la misma, como el artículo de Sergio Ureña (2016).⁷²

⁷¹ Elizabeth Cooke (2007), realiza un estudio detallado de la noción de “falibilismo” en Charles Peirce, dicho análisis contiene una lectura detenida del camino de la investigación en Peirce desde los campos de la epistemología, la metafísica, la ontología e inclusive la ética, esta última sección cierra el libro de Cooke y aquí la autora analiza de forma prospectiva la noción de “investigación científica” desde el concepto de esperanza (hope). Cfr. Cooke, 2007. pp, 128 y ss.

⁷² La tesis de Ureña es que es posible tomar distancia crítica de la meta inducción pesimista de Laudan, ya que la actividad científica puede ser descrita bajo un “realismo científico hipotético”, concuerdo con la tesis de Ureña en su aspecto crítico, no así en el propositivo, mi tesis se desmarca de cualquier lectura de la actividad científica en términos del realismo metafísico tradicional. Una vía alterna que propongo, consiste en interpretar a la actividad científica como un conjunto de prácticas perfectibles que se autoregulan y actualizan, es decir; bajo mi lectura, la ciencia es abiertamente falibilista.

D) Innovaciones de mi propuesta para repensar temas clásicos en filosofía de la ciencia:

Una de las tesis capitales de mi investigación, consistió en mostrar cómo se maneja, direcciona y se *extiende* el proceso de las ciencias naturales, con lo cual se “amplía” el catálogo de relaciones entre entidades y se “crean” nuevas consecuencias en la ontología del mundo.

Estas consecuencias (como es la creación de biomedicina mediante procesos biotecnológicos), son consecuencias previstas (objetivos de investigación) en determinados programas de investigación, de este modo, el camino de la investigación científica ha resultado ser la manera más eficaz hasta el momento, en el que los seres humanos como comunidad, nos hemos adaptado en un camino de simbiosis adaptativa a las exigencias de un medio, el cual reclama de nuestra parte la mejor respuesta posible.⁷³

En la presente investigación se instanció la tesis de construcción natural en una ontología de procesos, ejemplificada en el estudio de caso seleccionado (CRISPR/ Cas9), el cual corresponde al dominio de la biomedicina y la bioquímica contemporánea. No obstante, el modelo interconectado: construcción natural- procesos generativos, puede ser aplicado a diversos campos de la filosofía de la ciencia, desde las ciencias cognitivas, pasando por la filosofía de la química y la física, e inclusive, con una adecuada interpretación del modelo, éste puede ser aplicado con éxito a ramas que parecen más distantes del punto origen, como puede ser la filosofía de cualquier proceso en donde se aproveche condiciones del medio para la dirección, y creación de efectos tangibles de la investigación en ciencia y cómo ésta se aplica en diversas prácticas de los seres humanos.

En mi tesis se contestó la pregunta: ¿cuál es la noción de “realidad” más adecuada para describir la actividad de los laboratorios, así como las “consecuencias” o productos que resultan de la implementación de diversos sistemas experimentales como ha mostrado ser el estudio de caso seleccionado CRISPR/ Cas9?

La respuesta a esta pregunta (eje argumentativo de mi tesis) es que la realidad entendida en clave de construcción natural es: la dirección, traducción y aplicación de “procesos” propios de las ciencias (en este caso de la bioquímica contemporánea) para transitar de una mejor manera en la

⁷³ En este sentido, la Construcción Natural es la aplicación, manejo y extensión de la “ontología de las ciencias naturales” para lograr una mejor simbiosis adaptativa al medio. Con esta idea se mostró cómo existe una “coordinación” entre pensamiento y acción, la cual se hace patente en la manifestación tangible de “efectos” derivados de los programas experimentales en la esfera práctica. de este modo las tesis interrelacionadas de Construcción Natural y procesos de las ciencias naturales, me han permitido explicar el desarrollo de un programa experimental como CRISPR/Cas9, sin embargo, *al ser una ontología de la ciencia, es posible extenderla para interpretar y explicar cualquier sistema experimental en ciencia*, así como las consecuencias y efectos (productos) derivados de ellos.

simbiosis adaptativa, en donde, como especie, nos enfrentamos a problemas y retos del medio, ante los cuales debemos actuar de forma coordinada para salvaguardar nuestra estada en el planeta y nuestra supervivencia.

De este modo, la actividad científica, en mi propuesta, se entiende *no sólo* como un nivel de entendimiento conceptual y teorización sobre la naturaleza, al contrario, desde una lectura pragmatista apoyada en la máxima de Peirce, la ciencia se revela como una actividad que estudia, comprende, y extiende procesos de la naturaleza a aplicaciones concretas. De esta manera, el estudio de caso “CRISPR/ Cas9”, es una muestra del éxito de sistemas experimentales para desarrollar biotecnología con efectos patentes en las diversas prácticas en donde nos movemos en la intersección entre naturaleza y sociedad.

De esta manera, conocer; es saber hacer (y no una mera actitud proposicional), es decir, el pensamiento bajo una lectura pragmatista situada en la máxima de Peirce, es la manera en la que el pensamiento permite establecer creencias que se someten a *test* en la práctica, entonces se establece el hábito y de este modo, “conocer es un saber hacer”, bajo mi lectura, la posición pragmatista establece que las comunidades científicas piensan, y al pensar, actúan, y al actuar, crean consecuencias en la realidad.

Al poner una secuencia de efectos en la realidad, esta idea muestra un aspecto ontológico de la realidad, ya que lo “real”, permite “actualizaciones”, dichos estados de actualización pueden ser dirigidos, manejados y controlados en mayor o menor grado por la sofisticada herramienta conceptual y tecnológica de los sistemas experimentales.

Al sostener la tesis de una construcción natural, mantuve la noción de integración y continuidad entre *objeto epistémico* y *objeto técnico* de Hans J. Rheinberger (1991, 2001), para dicho filósofo, ambos tipos de objetos son ontológicamente naturales, en este orden de ideas, la distinción entre natural-artificial, se disemina. Yo acepto de entrada la propuesta de Rheinberger, pero agrego una cláusula, ya que, si bien más allá de que ontológicamente ambos objetos sean naturales, considero que el acento debe de colocarse en “cómo aprovechamos esa naturaleza”, cosa que logramos con la actividad científica.

Entiendo por construcción natural: manejar y “ampliar” procesos de las ciencias naturales en un efecto tangible, en donde la teoría y la práctica tecnológica se coordinan para sostener consecuencias en las diversas esferas de las prácticas del orden social, en este sentido, el uso de penicilinas, la pasteurización, las vacunas y el caso de la técnica de edición genética CRISPR/ Cas9, son ejemplos canónicos de construcción natural en el sentido señalado. Ya que dichos efectos son

patentes y tangibles en la esfera de las sociedades humanas. Bajo esta óptica, complemento el criterio de clarificación conceptual, bajo el cual fue originalmente formulada la máxima pragmática de Peirce en el año de 1878. Mi tesis extiende el criterio del dominio epistémico a uno ontológico.

Mi tesis de construcción natural, es abiertamente ontológica, con esta posición se mostró, cómo es posible desarrollar una ontología axiológica para dar cuenta de los complejos procesos que se llevan a cabo en los diversos laboratorios de avanzada en técnicas biomédicas y bioquímicas alrededor del mundo.

Vista de este modo, la máxima de Peirce adquiere dimensiones de mayor alcance, ya que desde los centros de investigación pionera como los laboratorios mencionados, los científicos en diversos sistemas experimentales, están direccionando efectos, en donde extienden y manejan procesos de las ciencias en beneficio de las necesidades que enfrentamos como sociedad a las demandas de nuestra integración con el medio en un proceso adaptativo.

A diferencia del realismo estructural, que encuentra en la posición “óptica”, la forma más radical de realismo metafísico contemporáneo en la filosofía de la ciencia, la tesis de construcción natural es un planteamiento pragmatista, lo cual quiere decir que los agentes epistémicos y las comunidades de conocimiento (comunidad científica) que éstos generan *cumplen un papel fundamental en la ontología de la realidad*.

En el realismo estructural, al ser una metafísica de lo absoluto, se niega el papel de la comunidad científica en el proceso de investigación, además, como se mostró en el primer anexo, dicho tipo de realismo no ha logrado erigir argumentos más convincentes que la objeción que asestó Newman en el año 1928.

En cambio, en mi posición, la construcción natural posee mejores propiedades axiológicas, epistémicas y ontológicas que dicho realismo estructural (óptico) por tres razones: primero; la construcción natural es abiertamente falibilista, con lo cual se deja abierta la puerta al camino de la investigación, mientras que el realismo metafísico estructural es dogmático y sostiene que ya se han alcanzado las “mejores teorías científicas”.⁷⁴

⁷⁴ En principio, los realistas estructurales ópticos como Chakravartty, Psillos, y French, aceptarían que “Las mejores teorías científicas son perfectibles”, pero su punto es que, la realidad al ser esencialmente estructural, es descrita de forma correcta por las relaciones que expresa la matemática. En este sentido, no son falibilistas, sino dogmáticos ya que son reduccionistas y, sobre todo, están anquilosados en una posición basada en teorías que no da cuenta de la variedad de prácticas de la ciencia efectiva en los diversos laboratorios de avanzada.

Segundo, en la construcción natural la realidad no es sólo lo que se “observa” como fundamento supeditado en la ciencia física, sino lo que “hacemos” como comunidad en un proceso de simbiosis adaptativa y mejoría al medio.

Tercero, la tesis metafísica estructural y óptica se sostiene en un reduccionismo que impone a la física y la matemática asociada a ella como esencia de la realidad, con lo cual es una posición modesta epistémicamente en donde se define en el nivel de teorías, en cambio, en la construcción natural, se integran teoría y práctica, además se incluyen varias explicaciones y campos científicos, el constructivismo natural armoniza bien con gran variedad de saberes científicos sin privilegiar a la física, habla también de la biología, la química, la medicina, y en principio es posible extender la construcción natural a más y diversos campos de la filosofía de la ciencia, con lo cual se muestra que es una tesis más robusta epistémicamente y ontológicamente.

En este sentido, en su artículo “Sobre mentalidad, mecánica cuántica y la actualización de potencialidades” Abner Shimony (1989), defiende la mayor riqueza ontológica de lo que él denomina “las apariencias sensoriales” que pueden ser entendidas como el mundo de la conciencia, lo que argumenta convincentemente Shimony, es que no puede reducirse el mundo de la conciencia a una mera explicación fiscalista, cito en extenso:

“...una consecuencia de este principio es que el fisicalismo es incoherente. Una ontología fiscalista puede postular, y normalmente lo hace, una jerarquía ontológica, cuyo nivel fundamental consiste típicamente en partículas elementales o campos, y cuyos niveles superiores consisten en compuestos formados a partir de las entidades elementales. Estos compuestos pueden ser caracterizados de modos diferentes: las caracterizaciones de grano fino describen el micro estado en detalle; las caracterizaciones de grano grueso suman, promedian o integran las descripciones de grano fino; las caracterizaciones relacionales dependen de conexiones causales entre los sistemas compuestos de interés y los instrumentos o los perceptores. ¿Dónde encajan las apariencias sensoriales en esta concepción de la naturaleza? No encajan en las caracterizaciones de grano fino, a menos que se introduzcan subrepticamente propiedades mentales en la física fundamental, contrariamente al programa del fisicalismo. No encajan en la descripción de grano grueso sin algo similar a la teoría de los dos aspectos, cuya debilidad se ha señalado en el párrafo precedente; y no encajan en las caracterizaciones relacionales a menos que el objeto esté causalmente conectado con un sujeto sensible. *En resumen, las apariencias sensoriales no tienen cabida en una ontología fiscalista*”. P 92 *Cursivas mías*.

De acuerdo con Shimony, el mundo de la experiencia consiente no puede ser “reducido” a una mera descripción de estados físicos de la materia. En este orden de ideas, mi tesis mostró la imposibilidad de reducir no ya la experiencia consiente, sino, como se argumentó en el tercer capítulo de mi investigación, las esferas bioquímicas poseen propiedades emergentes que no pueden ser reducidas a un fisicalismo. Ya que algunas “funciones” del espectro bioquímico son más que la suma de las partes implicadas, y justo una ontología de procesos implica una noción que es más compleja que la noción de mecanismo, comúnmente asociada a la física. En este sentido, comparto la idea de imposibilidad de reducción de Shimony y me adscribo a su tesis.

Considero que el argumento de Shimony, está demostrado ya que tiene suficiente evidencia a su favor, no obstante, autores contemporáneos sostienen una posición ontológica y epistémica que es abiertamente realista en el sentido estructural y óptico que se ha descrito, como el premio Nobel de Física del año 2020, me refiero a Roger Penrose.

Para Penrose “la conciencia” aún no se ha definido con precisión, sin embargo, el autor señala que la “comprensión” es un rasgo inherente de la conciencia, y que, al comprender, literalmente “se tiene acceso al mundo platónico” (Penrose .1989).

Esta posición, como se observa, se encuentra inscrita en una gnoseología que es Moderna, anterior al pragmatismo que defendí en mi tesis doctoral, por el tono del argumento de Penrose, cabría conjeturar, que el autor aún entiende el conocimiento dentro de un marco limitado por una epistemología basada en teorías y una noción de verdad por correspondencia propia de la Modernidad, cito en extenso:

“Las reglas no son los factores que nos capacitan para comprender la naturaleza de los números naturales, como muestra el teorema de Gödel. *Comprender qué son los números naturales es un buen ejemplo del contacto con el mundo platónico.* Así pues, lo que estoy diciendo, con más generalidad, es que la comprensión matemática no es algo computacional, sino algo bastante diferente que depende de nuestra capacidad de ser conocedores de cosas. Algunas personas podrían decir: «Bien, todo lo que usted afirma haber demostrado es que la intuición matemática no es computacional. Eso no dice mucho sobre otras formas de conciencia». Pero me parece que esto ya es bastante. Es poco razonable trazar una línea entre la comprensión matemática y cualquier otro tipo de comprensión. Eso es lo que yo estaba tratando de ilustrar ... La comprensión no es específica de las matemáticas. Los seres humanos desarrollan esta habilidad de comprensión general y no es una habilidad computacional porque la comprensión matemática no lo es. Tampoco trazo una línea divisoria

entre la comprensión matemática y la conciencia humana en general. Por eso, aunque dije que no sé qué es la conciencia humana, me parece que la comprensión humana es un ejemplo de ella, o, al menos, es algo que la requiere. Tampoco voy a trazar una línea entre la conciencia humana y la conciencia animal. Aquí podría tener dificultades con diferentes conjuntos de personas. Me parece que los seres humanos son muy similares a muchos otros tipos de animales y, aunque podemos tener una comprensión de las cosas algo mejor que algunos de nuestros primos, en cualquier caso, *ellos también poseen algún tipo de comprensión, y por eso deben tener también conocimiento*".⁷⁵

La conclusión del argumento de la cita que he marcado en cursivas, "*Ellos [animales] también poseen algún tipo de comprensión, y por eso deben tener también conocimiento*", homologa en un binomio: comprensión con conocimiento, en este sentido, Penrose, detiene su noción de conocimiento en la mera comprensión, por lo cual no es forzado afirmar que se su tesis se mantiene en la noción de conocimiento como creencia justificada dentro de un esquema de la tradición Moderna.

En cambio, dentro de mi propuesta, en la construcción natural, al ser pragmatista, según indica la máxima de Peirce, se debe de medir y comprender las "consecuencias en la práctica de nuestra comprensión del concepto" Peirce (1878), de acuerdo con mi aportación a dicha máxima, conocer no es solo comprensión o clarificación conceptual (ambos son elementos necesarios pero no suficientes del acto de conocer), dentro de mi tesis, conocer es también un "saber hacer", un actuar con coordinación dentro de las diversas prácticas, en donde la actividad de la investigación científica en los diversos laboratorios, es uno de los mejores desarrollos de acción coordinada que hemos perfeccionado en nuestra cultura, desde los albores del Renacimiento a la fecha.⁷⁶

El resultado de esta visión pragmatista clásica norteamericana conocimiento, es que en ciencia, teoría y práctica se co-producen, no hay primacía de una esfera sobre otra. Aunque en la presente investigación me detuve exclusivamente en la máxima de Peirce.

En el otro extremo de la discusión sobre la filosofía de la ciencia, se encuentra la tesis de "construcción social", está posición como se mostró en el capítulo IV dedicado al análisis de Knorr

⁷⁵ Cfr. Penrose. R, *lo grande, lo pequeño y la mente humana*. P 74. *Cursivas añadidas*.

⁷⁶ Si bien la ciencia contemporánea ubica su origen desde la época de Kepler, Galileo, Bruno inscritos en el periodo del Renacimiento italiano. La tesis de "Construcción Natural" se remonta a una época antiquísima desde que el ser humano se encontraba en un estado de comunidades nómadas anteriores al sedentarismo. Esta idea puede mostrarse en el sentido señalado de que mi tesis evidencia toda actividad de coordinación inteligente que genere una práctica eficiente como adaptación y aprovechamiento sofisticado de los recursos disponibles en el medio para crear un superávit. Por este motivo, la ciencia dentro de mi propuesta comprende un periodo mucho más extenso que lo señalado por la tradición historiográfica contemporánea.

Cetina, niega cualquier tipo de realismo en la ontología científica. Como posición epistémica, la teoría de Knorr Cetina es cercana al escepticismo, y se comprende en su versión más robusta, puede entenderse como un relativismo cultural, como suficientemente se ha documentado y existe una vasta bibliografía sobre el tema.

En el capítulo IV de la presente investigación, se analizó la filosofía de Martínez y Huang (2015), que supone la búsqueda de una filosofía de la ciencia centrada en la noción de prácticas científicas, pero a diferencia de dichos autores, quienes aún recalcan el papel de la sociología y la filosofía de la ciencia y la tecnología para justificar su propuesta, en mi posición, la “construcción natural”, se propone una tercera vía que transita entre el realismo metafísico tradicional y el escepticismo del relativismo cultural de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología.

Mi tesis postuló cómo entender la realidad desde una lectura pragmatista de sentido común crítico, ¿qué quiere decir esto? Que los agentes epistémicos, y las comunidades científicas que ellos generan, tienen un rol central en la configuración de su propia ontología, dicho con otras palabras: los seres humanos nos encontramos inmersos en un proceso adaptativo de mutua influencia entre el medio y sus demandas y la sociedad en donde habitamos, medio y sociedad, o bien naturaleza y tecnología no son esferas separadas.

Bajo la óptica pragmatista que defiende, ambas esferas forman parte de un continuo en donde gracias a herramientas sofisticadas (biotecnología en mi estudio de caso seleccionado), el ser humano ha logrado prolongar su estadio en el planeta de una manera adecuada hasta donde nos ha permitido solucionar las problemáticas que enfrentamos, la serie de métodos y técnicas que denominamos ciencia.

En esta lectura fundamentada en la máxima pragmática de Peirce, la filosofía de la ciencia adquiere nuevas dimensiones, ya que temas como *la realidad*, en donde me he centrado, pero también problemas en la tradición como *la verdad*, *la explicación* y *el método científico*, pueden ser repensados bajo una nueva óptica interpretada en clave de “construcción natural”.

Como se observa, el haber dado espacio a una propuesta inspirada en la filosofía no tan trabajada en lengua castellana como es la máxima pragmática de Peirce, me ha permitido defender una posición en filosofía de la ciencia basada en prácticas, para explicitar una ontología de las prácticas científicas entendidas como el manejo, extensión y aprovechamiento de procesos propios de las ciencias naturales, las cuales tienen impactos importantes en la vida de todas las personas que nos beneficiamos con los productos y servicios derivados de la investigación científica.

CRISPR/ Cas9 revisitado:

Mi trabajo mostró la manera en la que una tesis particular de procesos, instanciada en un estudio de caso de laboratorio de bioquímica de avanzada (CRISPR/Cas9), forma parte de una tesis filosófica más general que es la ontología de la construcción natural. De este modo, la manipulación de procesos como es el caso de la degradación vírica utilizada por bacterias en un acto de defensa contra agentes patógenos, mediante el corte de la enzima Cas9, dentro de un sistema experimental sofisticado como mostró ser el estudio de caso, reportó un hallazgo de cómo laboratorios como el de la Dra. Doudna en Berkeley, han logrado comprender, manejar, y sobre todo *crear nuevas relaciones* en las entidades implicadas dentro de dicho proceso de degradación vírica, para que de ese modo, sea posible adaptar, traducir a otros dominios del espectro biológico, las funciones de la enzima Cas9 y así, relacionar de diversas maneras nuevas entidades para “generar” nuevos efectos, con lo cual se enriquece notablemente las herramientas y “consecuencias” en la práctica científica, misma que tiene efectos de peso en la sociedad contemporánea⁷⁷.

Desde una perspectiva de construcción natural, *la realidad humana es la intersección entre naturaleza y sociedad*. la primera consecuencia de esta tesis es de orden epistemológico, ya que lo que conocemos como sociedad de la “naturaleza” son los procesos que hemos ampliado, y traducido a otras esferas del espectro biológico (en el caso de la técnica CRISPR/Cas9), en pos de producir efectos y consecuencias que impactan en el desarrollo de nuestra adaptación al medio, en la mutua influencia entre la relación organismo-entorno.

Desde mi interpretación, al estudiar la máxima pragmática de Peirce, el examen no debe detenerse en un mero análisis y clarificación conceptual, sino en la fuerza que como comunidad científica y en lo individual tenemos para desencadenar efectos causales, tal como es presentada la máxima originalmente, al decir “considérese qué efectos podría tener en la práctica nuestra concepción de un concepto” (Peirce, 1878), parece, de entrada que los efectos no son dirigidos por comunidades epistémicas, sin embargo, como se ha mostrado en la argumentación del capitulado precedente, las comunidades epistémicas de alta investigación, como son los laboratorios de avanzada en bioquímica como el de la Dra. Doudna en Berkeley, han comprendido muy bien un proceso de la ciencia natural, como es el caso de la inmunidad adquirida de bacterias contra fagos.

⁷⁷ El objetivo logrado por diversos laboratorios de avanzada alrededor del mundo en conseguir una vacuna efectiva contra el virus Sars Cov 2, es un ejemplo canónico de “Construcción Natural” en el sentido señalado, ya que se logró traducir una función propia de medios bacterianos a una eficacia en lograr inmunidad clínica en humanos. Con lo cual se ha ampliado el catálogo de efectos producidos por la ciencia y más entidades entran en juego, aquí se ha *direccionado* el efecto deseado como consecuencia manipulada en la práctica, según indica mi interpretación de la máxima pragmática.

En este sentido han desarrollado, manejado y extendido el corte de la enzima Cas9 a otras esferas del espectro biológico, este logro impresionante muestra que dicho laboratorio bajo la dirección de Doudna, ha logrado extender y manipular “nuevos efectos” y ponerlos como consecuencias en una red causal controlada en la esfera de las prácticas humanas.

En este sentido, la labor de mi tesis consistió en dos movimientos interconectados en el argumento. Primero se realizó una revisión detallada de las condiciones sociales, físicas, biológicas, y químicas de la relación que la humanidad guarda con la naturaleza, para mostrar la integración entre teoría y práctica, así como entre naturaleza y sociedad dentro de un realismo pragmatista de sentido común crítico.

A esta teoría basada en una filosofía de la ciencia centrada en prácticas científicas de laboratorio, la he dado en denominar bajo la nomenclatura de “construcción natural”, la premisa fundamental de mi argumento, descansa en mi interpretación personal de la máxima pragmática de Peirce y la demostración de la validez de la construcción natural se definió en el dominio de una “ontología de procesos” (segunda parte de mi argumento) en ciencias biomédicas, la cual tiene como consecuencias en la práctica (al actualizar y aplicar la máxima de Peirce), la creación, dirección y manejo de efectos tangibles, como son los productos de la investigación de laboratorios donde se generó la edición de corte genético de CRISPR/ Cas9, y con ello, todos los efectos y consecuencias derivadas de dicha labor de éste sistema experimental.

Para cerrar las conclusiones de mi investigación, quiero hacer notar que *la ontología de procesos, es una forma novedosa de entender la realidad.*

Existen trabajos editados y publicados en Reino Unido del año 2018 a la fecha, como la serie de artículos compilados por Dupré y Nicholson en *Everthing Flows*, dicho libro representa el inicio en la filosofía de la ciencia anglosajona de una nueva manera de entender la ontología de la biología.

Mi trabajo, en especial la tesis general de “construcción natural” es una aportación original que discute, incorpora, y explica temas como la “realidad” y propone una manera novedosa de interpretar estudios de caso desde una perspectiva pragmatista. Me parece que la ontología de procesos en filosofía de la biología, puede ser extendida a diversos campos científicos y de ese modo abordar con categorías como la de construcción natural nuevos y diversos estudios de caso.

Bajo el dictamen anterior, no me queda más que señalar el carácter prospectivo de la presente investigación, ya que ha representado un intento significativo por comprender un tema como el complicado problema de la realidad, del cual me he ocupado en los últimos 7 años. Y es mi propósito extender la ontología de procesos, así como la construcción natural en ulteriores investigaciones.

El epígrafe del libro de Elizabeth Cooke (Prefacio. pág. xiii), comienza con esta categórica reflexión de Peirce, extraída de sus consideraciones sobre el carácter falible de la investigación en ciencia; yo la cito a manera de conclusión de mi trabajo:

“[Science] is driven in desperation to call upon inward sympathy with nature, its instinct for aid, just as we find Galileo at the dawn of modern science making his appeal to il lume naturale. But insofar as it does this, the solid ground of fact fails it. It feels from that momento that its position is only provisional. It must then find confirmations or else shift its footing. Even if it does find confirmations, they are only partial. It still is not standing upon the bedrock of fact. It is walking upon a bog, and can only say, this ground seems to hold for the present. Here I will stay till begins to give way.”

- Charles S. Peirce (EP2:55).

REFERENCIAS

Referencias del estudio de caso (CRISPR/ Cas9):

Baliou S, Adamaki M, Kyriakopoulos AM, et al. “CRISPR therapeutic tools for complex genetic disorders and cancer” (Review). *Int J Oncol*. 2018, 53(2):443–468.

Barrangou R, et al. “CRISPR Provides Acquired Resistance Against Viruses in Prokaryotes Rodolphe”. (Review). *Report*. 2015, 15:1709-1713.

Charpentier E. “CRISPR-Cas9: how research on a bacterial RNA-guided mechanism opened new perspectives in biotechnology and biomedicine” (Review). *EMBO Mol Med*. 2015, 7(4):363–365.

Christian M, Cermak T, Doyle EL, Schmidt C, Zhang F, Hummel A et al. “ Targeting DNA double-strand breaks with TAL effector nucleases”. *Genetics*. 2010; 186 (2): 757-761.

Doudna JA. “The promise and challenge of therapeutic genome editing” (Review). *Nature*. 2020, 578(7794):229–236.

Difusión y divulgación científica del CINVESTAV Doudna JA, Charpentier E. Genome editing. “The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9” (Review). *Science*. 2014, 346(6213):1258096.

Gilbert LA, Larson MH et al. “CRISPR-mediated modular RNA-guided regulation of transcription in eukaryotes. *Cell*. 2013; 154 (2): 442-451.

Harrison NM, Jenkins BV et al. “CRISPR view of development”. *Genes Dev*. 2014; 28 (17): 1859-1872.

Jiang F, Doudna JA. “CRISPR-Cas9 Structures and Mechanisms (Review). *Annu Rev Biophys*”. 2017, 46:505–529.

Jiang F, Doudna JA. “The structural biology of CRISPR-Cas Systems” (Review). *Curr Opin Struct Biol*. 2015, 30:100–111.

Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. A “programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity”. *Science*. 2012, 337(6096):816–21.

Kamruzzaman M, Iredell JR. “CRISPR-Cas System in Antibiotic Resistance Plasmids in *Klebsiella pneumoniae*”. *Front Microbiol*. 2020, 10:2934.

Mazhar A, “The CRISPR tool kit for genome editing and beyond” (Review). *Nature Communications*. 2018, 9:1-13.

Wang T, Wei JJ et al “Genetic screens in human cells using the CRISPR-Cas 9 system”. *Science*. 2014; 343 (6166): 80-84.

Zhang H, McCarty N. CRISPR-Cas9 “technology and its application in haematological disorders” (Review). *Br J Haematol*. 2016, 175(2):208–225.

Referencias:

Aguayo, W. (2010). “La teoría de la abducción de Peirce: lógica, metodología e instinto”. Universidad de Chile. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación – Santiago.

Aliseda, A. (2006). *Abductive Reasoning. Logical Investigations into Discovery and Explanation*. Dordrecht: Springer,

Amstrong, D. (1988): *Los universales y el realismo científico*, IIF-UNAM, México.

Anderson, A. (1986) “The Evolution of Peirce's Concept of Abduction” in *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, Vol. 22, No. 2 Spring.pp. 145-164 Published by: Indiana University Press.

Barrena. S. (2012). *La razón creativa. Crecimiento y finalidad del ser humano según C.S. Peirce*. RIALP. Navarra. España. 284 pp.

Borge, B. (2013). “¿Qué es el realismo estructural óntico?: Una aproximación al debate actual sobre el realismo científico”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 13(27), pp, 149-174.

Borge, B. (2018). ‘El enfoque sintáctico como marco para el realismo estructural óntico’. *Eidos* n° 29 pp. 279-31.

Brandom, R. (2008). *Between Saying and Doing: Towards an Analytic Pragmatism*. Oxford University Press.

Button, T.(2013): *The limit of realism*, Oxford University. Press, Oxford.

Calcaterra, R. M. Eds. (2011). *New Perspectives on Pragmatism and Analytic Philosophy*. Value Inquiry Book Series. Rodopi. Amsterdam- New York.

Chakravartty, A. (1998): "Semirealism". *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29: 391-408

Chakravartty, A. (2017): *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press.

Chang, H. (2022). *Realism for Realistic People: A New Pragmatist Philosophy of Science*. Cambridge University Press. UK.

Debrock, G. and Menno, H. eds. (1989). *Living Doubt. Essays concerning the epistemology of Charles Sanders Peirce*. Springer- Science.

Dewey, J. *The Essential Dewey*, (1988). Vol. 1: Pragmatism, Education, Democracy. de Larry A. Hickman (Editor), Thomas M. Alexander (Editor).

Dewey, J. *The Essential Dewey*, (1988). Vol. 2: Ethics, Logic, Psychology (Volume 2) de Larry A. Hickman (Editor), Thomas M. Alexander (Editor).

Diéguez L, A. (2012) *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Biblioteca Buridán, Málaga, España, 349 pp.

El Khachab, C. (2013) "The Logical Goodness of Abduction in C. S. Peirce's Thought" in *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, Vol. 49, No. 2, pp. 157-177.

Feyerabend, P. K (1962 a) *Limites de la ciencia. Explicación, reducción y empirismo*. (Traducción de Ana Carmen Pérez y María del Mar Seguí), Paidós, 1º edición, España. 1989.

----, (1962 b) *Cómo ser un buen empirista. Defensa de la tolerancia en cuestiones epistemológicas*, (Traducción de Diego Ribes y María Rosario de Madaria). Cuaderno Teorema, España, 1976.

Fine, A. (1998): "Scientific Realism and Antirealism," in E. (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 8. pp. 581-584, London: Routledge.

French, S. (2013): "Semi-realism, Sociability and Structure," *Erkenntnis* 78: 1-18.

French, S. (2014): *The Structure of the World. Metaphysics and Representation*. Oxford. United Kingdom. 394 pp.

Fontodrona, J. (2001) *Pragmatism and Management Inquiry: Insights from the Thought of Charles S. Peirce*. Quorum Books. London.

Galison, P. L. (1995) 'Context and Constraints', in J. Buchwald (ed.), *Scientific Practice* (Chicago: University of Chicago Press), pp. 13-41.

Hacking, I. (1983) *Representing and Intervening* (Cambridge: Cambridge University Press).

- Hacking, I. (1992) 'The Self-Vindication of the Laboratory Sciences', in A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture* (Chicago: University of Chicago Press), pp. 29–64.
- Hickman, A. (2007). *Pragmatism as Post-Postmodernism* Book Subtitle: Lessons from John Dewey
Book Author(s). Published by: Fordham University Press.
- Hookway, C. (1999). *Peirce, the Arguments of the Philosophers*. Routledge. Londodn and New York.
- Kitcher, P. (1982): "Genes", *Brit. J. Philosophy of Science*. 33: 337-359.
- Khun, T, S. (1962), *La estrucutra de las revoluciones científicas*. (Traducción de Carlos Solís). FCE, 3° edición. México. 2006.
- Knorr-Cetina, K (1981) 'The manufacture of knowledge An essay on the Constructivist and Contextual nature of science'. Pergamon.
- Knorr-Cettina, K. (1996) 'The Care of the Self and Blind Variation: The Disunity of Two Leading Sciences', in P. L. Galison and D. J. Stump (eds), *The Disunity of Science* (Stanford: Stanford University Press), pp. 287–310.
- Kusch, M. (Ed.), (2019). *The Routledge Handbock of Philosophy of Relativism*, Routledge.
- Ladyman, J. (1998):" What is Structural Realism?" *Studies in History and Philosophy of Science*, 29, 409–424.
- Ladyman, J. (2002): *Understanding Philosophy of Science*. London: Routledge.
- Latour B., Woolgar S., Salk J., (1979), *Laboratory Life*, Princeton: Princeton University Press.
- Latour B., (1987), *Science in Action*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Laudan. L. (1981): "A Confutation of Convergent Realism," *Philosophy of Science* 48: 19-48.
- Martínez, S.(1994). "Realismo interno versus realismo contextual. El caso de la mecánica cuántica", *Revista latinoamericana de filosofía*, vol. XX, no. 1, mayo 1994, pp. 53–62
- Mc Nabb, D. (2018). *Hombre, signo y cosmos*. FCE , México. 306 pp.
- Mizrahi, M. (2013): "The Argument from Underconsideration and Relative Realism", *International Studies in the Philosophy of Science*. 27 (4): 393–407.
- Newman, M.H.A. (1928): Mr. Russell's Causal Theory of Perception. *Mind*, 37(146), 137–148.
- Niiniluoto, I. (1999) *Critical scientific realism*, Oxford University Press, Oxford, (1999 a).
- Niiniluoto, I. (1999) "Defending Abduction", *Philosophy of Science* 66/3 (1999 b): S436-S451.

- Pauly, P. J. (1987). *Controlling Life: Jacques Loeb and the Engineering Ideal in Biology*. New York Oxford. OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- Peirce, C. S. (CP) *Collected Papers of Charles Peirce*, vols. 1-6, 1931-1935, Charles Hartshorne y Paul Weiss (comps.) vols. 7-8, 1958 Arthur W. Burks (comp.), Harvard University Press, Cambridge (EUA). (1992).
- Peirce, C. S. [CP] *Collected Papers*, Harvard U.P. 1931-1958, Ed. Electrónica, Intelix Corp. 1992).
- Peirce, C. S. (OFR) *Obra filosófica reunida (2 tomos)*, Nathan Houser y Christian Kloesel (eds.), Darin McNabb (trad.9, revisado por Sara Barrena y Fausto José Trejo (revs.)), México, FCE, (2012).
- Perez-Teran, M. R. M. (2009). *From realism to “realicism”: The Metaphysics of Charles Sanders Peirce*. Lexinton Books. UK.
- Pickering, A. (1992) ‘From Science as Knowledge to Science as Practice’, in A. Pickering (eds), *Science as Practice and Culture* (Chicago: University of Chicago Press), pp. 2–3.
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice*. (Chicago: University of Chicago Press).
- Plowright, D. (2016). *Charles Sanders Peirce. Pragmatism and Education*. Springer. London. UK.
- Popper, K. (1983) *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Paidós, Barcelona. España.
- Putnam, H. (1995). “Pragmatism” in *Proceedings of the Aristotelian Society, New Series, Vol. 95*, pp. 291-306 Published by: Oxford University Press on behalf of The Aristotelian Societ.
- Remesar, J. M.(2022) *Sobre la neutralidad epistémica del Argumento del No milagro como inferencia a la mejor explicación*. Revista cColombiana de Filosofía de la Ciencia. Colombia.
- Rheinberger, H.-J. (1992) ‘Experiment, Difference, and Writing: I. Tracing Protein Synthesis’, *Studies in History and Philosophy of Science* 23, 305–331.
- Rheinberger, H.-J. (1994) ‘Experimental Systems, Historiality, Narration and Deconstruction’, *Science in Context* 7, 65–81.
- Rheinberger, H.-J. (1997) *Toward a History of Epistemic Things* (Stanford: Stanford University Press). Rouse, J. (1996).
- Rheinberger H.J., (2007). “Preparaciones, especímenes de sí mismos”. In: Suárez E. (ed.), *Variedad Infinita: las representaciones científicas*, Limusa/UNAM, México, 319-333.
- Rescher, N. (2007). “Pragmatism” in *The Edinburgh Companion to Twentieth-Century Philosophies*. Published by: Edinburgh University Press.
- Rivadulla, A. (2019). Dos dogmas del realismo estructural. Confirmación de una muerte filosófica anunciada. *Crítica. Revista Hispanoamericana De Filosofía*, 42(124).
- Rojas, I. (2018). Realismo Estructural Óntico. *Culturas Científicas*, 1(2), 31 – 37.
- Russell, B. (1912), *Los problemas de la filosofía*. Editorial Labor. Barcelona. España.
- Schwartz, R. (2012). *Rethinking Pragmatism. From William James to Contemporary Philosophy*. John Wiley y Sons INC. Chichester.

Suárez, E. (1996 a) 'El origen de disciplinas como integración de tradiciones: el caso de la Evolución Molecular', unpublished PhD thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

Suárez E., Barahona A., (1996 b), "The Experimental Roots of the Neutral Theory of Molecular Evolution", *History and Philosophy of the Life Sciences*, 17: 55-81.

Suárez, E. (2001) 'Satellite-DNA: A Case-Study for the Evolution of Experimental Techniques' in *tud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.*, Vol. 32, No. 1, pp. 31–57.

Soto, Cristian. (2020). "Wigner, las leyes físicas y la efectividad de las matemáticas". *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 20.40 (2020): 93-127.

Shimony, A. (1989), *The New Physics*. W. Davies, P. Davies (Eds). Cambridge University Press.

Rivadulla, M. (2010). "Two dogmas of structural realism. A confirmation of philosophical death foretold". *CRITICA, Revista Hispanoamericana de Filosofía*. Vol. 42, No. 124, pp 3-29.

Tegmark, Max. (2014). *Our Mathematical Universe. My Quest for the Ultimate Nature of Reality*. London: Penguin Books.

Walton, D. (2014). *Abductive Reasoning*. THE UNIVERSITY OF ALABAMA PRESS Tuscaloosa. eBook edition published.

Wittgenstein, L. (2017). *Tractatus logico-philosophicus-Investigaciones filosóficas*, traducción, introducción y notas críticas de Isidoro Reguera Pérez, Madrid: Editorial Gredos.

Worrall, J. (1989): Structural Realism: The Best of Both Worlds? *Dialectica*, 43(1-2), 99-124.

PRIMER ANEXO

5.0 Comparación crítica entre una ontología de procesos y una ontología de estructuras

El presente anexo, discute mediante un análisis comparativo detallado, dos nociones de ontología científica y los tipos de realismo implicados en cada una de ellas. Por un lado, se encuentra la tradicional ontología de “estructuras” (French. 2014- Chakravartty. 2017) y el realismo óptico asociado a ella, el cual es una visión radical de la ciencia física y la matemática, siendo las relaciones estructurales el elemento ontológico fundamental de la realidad.

Por otro lado, se presenta y expone en detalle la emergente ontología de “procesos” asociada a las ciencias biomédicas y bioquímicas, así como mi posición, que interpreta los procesos en clave de Construcción natural, para mostrar un realismo pragmático prospectivo y adecuado para entender los momentos del desarrollo histórico de la ciencia en un continuo integrado entre la relación naturaleza- sociedad, para mostrar cómo las teorías se complementan con las prácticas científicas al direccionar y ampliar el catalogo ontológico del dominio y control de procesos que proporciona la investigación de avanzada en diversos laboratorios en la escena internacional.

El texto inicia con el planteamiento de la discusión general realismo- antirrealismo, para acto seguido, pasar a mi propuesta doctoral de procesos en el estudio de caso (CRISPR/ Cas9), en este momento, se ofrece al lector una exposición crítica de la ontología de estructuras, pasando desde la versión más moderada del realismo estructural epistémico, hacia la postura radical conocida bajo la nomenclatura de realismo óptico. El lector podrá advertir los matices y propuestas, la intensidad de los supuestos ontológicos en cada uno de los autores, principales representantes del movimiento estructural en la actualidad, como son Chakravartty, Psillos, Ladyman y el propio French, quien defiende la versión más radical de la ontología de estructuras.

El anexo cierra con mis propias objeciones a la versión óptica de French y se expone también la clásica objeción de Newman que evidencia una tesis que puede leerse como una variación de lo que más tarde serán las propiedades emergentes en filosofía de la química y la biología molecular.

El propósito del presente anexo de la tesis, es ofrecer al lector una visión global comparativa de ambas ontologías, para que sea él quien juzgue la vigencia y acierto de las críticas aquí presentadas desde mi propuesta doctoral, basada en una ontología pragmática de procesos, a la ontología realista de estructuras.

5.1 Contexto general de la discusión en el debate Realismo- Antirrealismo

A partir del surgimiento de la experimentación y la medición como baluartes de una nueva actividad denominada “ciencia” en los albores del renacimiento, asistimos en la actualidad al concurso de diversas prácticas científicas con fines bien delimitados, que van desde la física de partículas subatómicas hasta la manipulación genética en biología molecular.

En suma, la ciencia ocupa un papel fundamental en el desarrollo de las sociedades contemporáneas, de modo que, es importante realizar estudios que nos permitan explicar y comprender las principales características de esta compleja actividad, así como las líneas de discusión en los debates más importantes en el centro mismo de la filosofía de la ciencia, uno de esos debates es sin duda alguna la complicada temática sobre el realismo científico.

La pregunta por la ontología científica comenzó a ocupar un papel central en la filosofía de la ciencia hace apenas cuatro décadas, en los años 80s, la cuestión sobre el carácter y estatus ontológico de las entidades postuladas por las teorías científicas más exitosas, especialmente en el ámbito de la física, apareció como un tema del cual se habrían de aportar diversos desarrollos hacia final del siglo XX hasta nuestros días.

Sobre el poder explicativo, el límite y la capacidad de comprensión que puede generar la ciencia existe un debate en la tradición de la filosofía de la ciencia analítica conocido bajo la nomenclatura general de “realismo-antirrealismo”. La discusión ha tomado diferentes matices, y posturas radicales, antípodas, a lo largo del siglo XX hasta la actualidad. A continuación, se presenta el esquema general de los polos en dilema, a manera de introducción para desarrollar la exposición que nos ocupa.

El realismo, puede comprenderse como a aquella postura que acepta la existencia de un fundamento metafísico en la realidad, pero, además, sostiene que podemos comprender en mayor o menor grado bajo un criterio que se denomina “verdad aproximada” cómo es dicho mundo y, de hecho, nuestras mejores teorías científicas reflejan y explican de algún modo que es progresivo hacia un estatus correcto, la naturaleza de la realidad. Aquí una definición de los tres componentes esenciales del realismo que encontramos en la literatura sobre el tema:

- 1) Realismo metafísico: existe una realidad independiente de la percepción del sujeto.
- 2) Realismo epistémico: la ciencia puede conocer con mayor o menor aproximación como es dicho mundo.

- 3) Realismo semántico: nuestras mejores teorías científicas mantienen una relación de verdad en el sentido de correspondencia con el mundo “ahí fuera”.⁷⁸

Por otro lado, se encuentra la posición antirrealista, la cual sostiene la idea que la ciencia no es sustancialmente una actividad de *descubrimiento* de la realidad, si no, una actividad meramente técnica, “instrumental”. De este modo, se explica el éxito de la ciencia solamente como una adecuación empírica sin un conocimiento real de fondo sobre la naturaleza que subyace a los fenómenos que observamos.

Un polo a favor del instrumentalismo es que los científicos en la práctica, dentro del laboratorio, no siguen a cabalidad el marco teórico, que se presume debería de guiar a la investigación, es decir, que en muchas ocasiones, los resultados obtenidos mediante la experimentación no coinciden con lo estipulado por la previsión teórica, de este modo, los llamados descubrimientos científicos muchas de las veces surgen más bien apoyados en elementos heurísticos, que en fundamentos teórico-conceptuales.

Una filosofía que ha tenido a bien inscribirse en la posición antirrealista es el “empirismo constructivo” de van Fraassen, el cual defiende, y pone el índice de su reflexión en el argumento de “construcción” que posee el científico. En líneas generales, puede entenderse al antirrealismo como una especie de escepticismo, respecto al poder epistémico de la ciencia, el antirrealismo no niega el realismo ontológico, es decir, acepta que estamos en un mundo, lo que niega el antirrealismo es que la ciencia pueda conocer cómo es dicho mundo y que nuestras mejores teorías científicas guarden una relación de verdad por correspondencia con dicho mundo según lo quiere la consigna semántica.

Existe un argumento clásico a favor de cada uno de los polos del dilema. A favor del realismo, encontramos el argumento del “no milagro” según lo incorporó Putnam en el año 1984. Básicamente, dicho argumento interrelaciona el elemento semántico, epistémico y metafísico del realismo ya que: sería un milagro que la ciencia de hecho funcione como lo hace con tanto “éxito”, en manipulación explicación y predicción de la naturaleza, y no obstante, no existieran las entidades que postula, o bien que no pudiéramos explicar, o nuestras teorías estuvieran muy lejos de la explicación correcta de los elementos conceptuales y las entidades que defiende la labor científica. Este argumento ha dado en relacionarse con la inferencia a la mejor explicación bajo una forma abductiva.

⁷⁸ Chakravartty. (2017), Diéguez. (1998), Psillos. (2008).

Por otro lado, en el polo antirrealista tenemos el argumento de la meta-inducción pesimista formulado por Laudan en el año 1981, el cual evidencia un carácter histórico de la investigación en ciencia, ya que entidades como el “flogisto” que se consideraron existentes en una determinada época, ahora ya no refieren. Eso nos hace pensar que muy probablemente, entidades actuales de la ciencia contemporánea van a dejar de referir, en un futuro, en ese sentido ¿qué tipo de conocimiento podemos obtener de la ciencia, si no nos proporciona certeza?

Hasta aquí la exposición de las posturas en discusión, yo voy a incorporar una postura intermedia entre ambos puntos del dilema, es mi intención construir una noción filosófica que haga justicia a las prácticas científicas entendidas como herramientas de manipulación exitosa de la naturaleza y, que incorpore el elemento material, es decir el sustrato ontológico con el que se enfrenta el científico, sin explicitar que la práctica científica ni la teoría conceptual agoten dicho material, ya que es un hecho la constante evolución de la ciencia en sus diversas áreas.

5.2 Proceso Generativo Biotecnológico (CRISPR Cas9)

El argumento de proceso generativo, consta de las siguientes premisas:

- La realidad misma como un proceso de fluir evolutivo, dinámico, y abierto.
- La ciencia como una actividad integrativa que aprovecha, extiende y genera nuevas relaciones ampliando el catálogo de consecuencias que pueden controlarse en el laboratorio mediante un proceso.
- *El objetivo*, el control y el método de desarrollo de la generación de procesos es coordinado por las demandas que enfrentamos como seres humanos al medio en una actividad de simbiosis adaptativa.
- La investigación está abierta (falibilismo).

En el Oxford Dictionary, el término “process” es definido gramaticalmente como un sustantivo (*noun*).⁷⁹ En este sentido, es claro que la estructura misma del lenguaje, se afianza en presupuestos filosóficos como el de sustancia y entidad.

⁷⁹ Antes de ensayar la exposición técnica del argumento de *proceso generativo*. Debo retomar la consideración semántica planteada con antelación, la cual señala la dificultad expresiva que implica captar la “movilidad” del proceso mismo en un lenguaje adecuado, cuando la categoría misma de proceso es definida de forma fijista, así por ejemplo en el Oxford Dictionary puede leerse la definición de proceso en los siguientes términos “ *Process: (Noun)* A series of things that are done in order to achieve a particular result”. Cfr. https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/process1_1?q=process

Así, resultan expresar una imagen estática y mecanicista del comportamiento y desarrollo de la naturaleza. La tradición metafísica ha entendido a las funciones biológicas en términos de estatismo y funcionamiento rítmico propio de una filosofía del mecanismo como ya se ha expuesto.

Ante este reto expresivo, la salida que me parece más eficaz y económica por motivo de modelar la ontología propia del proceso en biotecnología, como lo exige el estudio de caso que he seleccionado; consiste en los siguientes términos: redactar la tesis ontológica del proceso (de la cual CRISPR/ Cas9 es una instancia nobel), utilizando sólo los sustantivos necesarios. Ya que no es posible prescindir a totalidad de ellos, el mismo lenguaje está configurado de ese modo, no obstante, el acento, se realizará en las *relaciones* de los sustantivos (entidades), con *el fin de mostrar el movimiento* característico del proceso.

De este modo, la propuesta es un lenguaje escrito en forma impersonal (sustantivo tácito), que denote más la correlación del movimiento expresada en diversos modos y tiempos verbales, más que en una exposición propia de una imagen sustantiva estática.

Para usar una analogía que ilustre el cambio de perspectiva sobre mi estrategia de redacción, y diferenciarla de la metafísica tradicional del mecanismo sustancialista y estático. Es posible entender la filosofía del mecanismo sustancialista, como una galería en donde se exponen fotografías. En este sentido puede haber una serie o colección sobre un determinado tema que, por supuesto indica que pertenece a un mismo marco de sentido, pero no hay movimiento en la fotografía de manera aislada.

En cambio, la noción de proceso es más parecida a coordinar la serie fotográfica en un ritmo propio de una imagen en movimiento característico de un film. En ambos casos existen cuadros de imagen (sustantivos) pero en el film, a diferencia de la galería se expresa un movimiento (proceso).

El nombre de mi propuesta de proceso, denota una relación y una generación, pero debemos preguntar ¿qué se relaciona? y ¿qué se genera? Partiendo del hecho que las entidades biológicas no son fijas a la manera del mecanismo clásico, sino que son entidades que se adaptan, se transforman y evolucionan en el sentido que las definió James Difrisko como se mostró con anterioridad (2018).

Con esa idea en consideración, se observa que el proceso relaciona en efecto entidades, que se encuentran equilibradas termodinámicamente como lo argumenta Nicholson (2018), y yo agregaría que el equilibrio también es bioquímico. De esta forma, la relación integrativa de los elementos de los cuales se compone un proceso, genera funciones específicas de gran complejidad como es el caso del corte de la enzima Cas9.

Dicha enzima funciona en la inhibición de ADN vírico, cuando éste intenta atacar de nuevo a una bacteria, la enzima con un ARN guía rastrea y reconoce al ADN y es entonces cuando se realiza el corte inhibitorio. Este proceso es de alta complejidad, se debe de tener en cuenta el *timing* como señalo Nuño de la Rosa (2018), además de múltiples factores que coordinan la integración de los diversos elementos implicados en el proceso.

La hazaña que realizo el laboratorio de la Dra. Doudna (2012), fue trasladar esa función de corte de la enzima Cas9. Adaptarla, dirigirla y *controlarla en otros dominios ontológicos de la biología*, ya que lo que originalmente funciona en bacterias contra virus. Ahora se ha aplicado con buenos resultados en mamíferos y vegetales, se observa un cambio en la función de células procariontas, a una aplicabilidad en células eucariotas.

De este movimiento se deriva una primera consecuencia importante de mi tesis de proceso generativo. Y es que la generación *es una generación de nuevas consecuencias*, en este caso al relacionar nuevos elementos en diversos y más variados organismos. Se ha ganado una mayor eficacia en la manipulación de entidades al extender el proceso a nuevas aplicaciones gracias a la intervención dirigida de un programa de investigación y experimentación.

Dicho en breve: *la extensión de un proceso en nuevas relaciones de diversos elementos, genera nuevas funciones que extienden la práctica de edición de genes a otros dominios ontológicos, y que obedecen a los objetivos de un programa de investigación.*

Debo detenerme en la idea de un programa de investigación y experimentación, dicha tesis se encuentra relacionada directamente con la máxima pragmática de Peirce. La máxima surge como una herramienta de clarificación conceptual, justo en el artículo titulado “How to make clear our ideas” (1878). Al medir las consecuencias que tiene un concepto en la práctica, de acuerdo con Peirce, la suma de esas consecuencias deriva en la comprensión del concepto que la comunidad se apropia.

Ahora bien, mi aportación a la máxima, es que con la comprensión del concepto la comunidad científica: *no gana sólo una clarificación de ideas, sino una instrumentación y dirección de las diversas prácticas que realiza*. En este sentido, mi tesis es pragmática al asumir una intencionalidad y un objetivo en los programas de investigación, que tienen como consecuencia una mayor adaptación y armonía con el medio en la relación y la exigencia que nos demanda el contexto en nuestra búsqueda de una simbiosis integrativa entre organismo y entorno.

Como premisa de mi argumento, es conveniente analizar la interpretación que William James realiza de la máxima pragmática en la serie de conferencias sobre pragmatismo en la Universidad de Boston en 1906. En cuanto a la interpretación de las teorías científicas y el valor axiológico que éstas

poseen, James coloca el acento del *corpus* teórico en la heurística propia de la posibilidad de ver a la teoría como una herramienta para dirigir la acción, de acuerdo con las consecuencias en la práctica que ya había señalado Peirce, James sostiene,

“Así, las teorías llegan a ser instrumentos, no respuestas a enigmas en las que podamos descansar. No nos tumbamos a descansar sobre ellas, avanzamos y, en ocasiones, con su ayuda reconstruimos la naturaleza. El pragmatismo flexibiliza las teorías, las prepara para el ejercicio y las pone a funcionar”.⁸⁰

Como se observa en la referencia de William James, el pragmatismo es una disposición que permite a los científicos relacionarse de una mejor manera con las condiciones del medio en el desarrollo de la oscilación integrativa entre organismo-entorno. Aunque la expresión de James me parece imprecisa al sostener que se *reconstruye la naturaleza*, se entiende el sentido de la expresión, pero, considero que un tono más adecuado consiste en mostrar el cómo nos relacionamos como sociedad, aprovechando circunstancias del medio, y desarrollando programas de investigación para lograr una mayor eficacia en el proceso de adaptación evolutivo. Si bien es cierto que es posible “construir” naturaleza, dicha tesis debe de ser justificada desde una ontología detallada, como se realizó en la presente investigación.

Tal como es presentada esta tesis en William James, la naturaleza se considera como una instancia separada de la esfera humana, y considero, por el contrario, que la experiencia humana que se constituye en diversas prácticas es una instancia integrada entre naturaleza y sociedad, la distinción aquí debe marcarse como lógica, no como una diferencia ontológica.

Siguiendo con el análisis de la interpretación de la máxima que realiza William James, la siguiente tesis es más consistente al presentar al método pragmático, de entrada, como una orientación y una actitud que abandona, pretensiones absolutas de una fundamentación del conocimiento *a priori* y mira en su lugar a las consecuencias y acciones que sí están en nuestro poder como sociedad para encaminar el rumbo de la investigación científica y sus resultados:

“Lo que el método pragmatista implica, en consecuencia, no son resultados particulares sino solamente una actitud de orientación. *La actitud de apartar la mirada de las primeras cosas, principios, “categorías”, supuestas necesidades, y de mirar hacia las cosas últimas, frutos, consecuencias hechos.*”⁸¹

⁸⁰ James, 1906. pág. 87. *cursivas en el original.*

⁸¹ *Ibíd.* Pág. 88. *cursivas en el original*

Analizando este cambio de enfoque en el propósito de la filosofía que defiende James, conserva la intención expresa que Peirce tuvo al formular la máxima, la máxima aparece, reitero no sólo como un método de clarificación conceptual, sino también como una herramienta que cambia la actitud de la filosofía de la mera especulación abstracta sobre el principio y el fundamento de la realidad. La filosofía bajo la interpretación de James es ahora entendida como una herramienta eficaz en la direccionalidad e intención de los programas de investigación que desarrolla la ciencia.

5.2.1. CRISPR/ Cas9 revisitado:

Teniendo en mente la exposición de carácter técnico de CRISPR/Cas9. Se tienen dos estrategias interpretativas.⁸² En primer lugar, es posible optar por una interpretación que defina las funciones de la tijera molecular Cas9 en términos de mecanismos. Este es el caso del ejercicio de la filosofía de la biología tradicional.

Sin embargo, por los motivos que se han mostrado y los argumentos que he desarrollado al retratar el estado del arte de la noción de proceso en la filosofía de la biología contemporánea. Se observa con claridad que la técnica de edición genética CRISPR/Cas9 debe de ser interpretada como un “proceso generativo”, al hacer esta lectura y someter el estudio de caso bajo mi interpretación de proceso se ganan propiedades axiológicas, epistémicas y ontológicas de mayor peso explicativo sobre nociones clásicas y superadas de sucesión mecánica.

En cambio, es mejor entender procesos como la función propia de la enzima Cas9, como ritmos y funciones complejas relacionales e integrativas que muestran en primer lugar, cómo al manipular e investigar propiedades de bacterias y su relación con la integración adaptativa frente a virus, *es posible extraer el proceso de su nicho biológico original.*

En este caso *extenderlo* en nuevas regiones, en nuevos reinos del espectro biológico, como ha sido el éxito que el laboratorio de la Dra. Doudna (2012) ha logrado al implementar una nueva integración de más variados elementos y funciones bioquímicas. Este hecho evidencia el paso de un proceso presente en bacterias a una sofisticada técnica que ahora funciona con eficacia en mamíferos y vegetales trans.

⁸² En el primer capítulo de la presente investigación, expuse en detalle el estudio de caso de la edición genética CRISPR/Cas9 en su formulación técnica. En un segundo momento desarrollé una interpretación de dicho estudio de caso, estableciendo una lectura del pragmatismo en Peirce, así como la noción de oscilación de un sistema experimental de Rheinberger. En esta parte final del argumento, ahora que he desarrollado la noción de “proceso generativo” propia de mi propuesta, tengo los elementos para analizar el estudio de caso a la luz de dicha definición operativa de proceso.

En este caso una primera consecuencia de importancia debe mostrarse, a saber: que la actividad coordinada entre investigación e instrumentos dentro de un laboratorio, posibilita la comprensión de procesos que son extendidos, dirigidos y enfocados a propósitos específicos de un programa de investigación.

Una noción de realidad se hace explícita con este argumento y es que el ser humano, con la sofisticada herramienta cognitiva que es la ciencia desarrollada en laboratorios de avanzada a nivel internacional, está pensando, y al pensar modifica, se adapta y enriquece el catálogo de relaciones ontológicas en un continuo integrativo entre la simbiosis y los retos que presenta el tema de la adaptación y la relación de afectación recíproca ente organismo-entorno.

En este sentido, para cerrar el argumento de la manera en la que el proceso generativo relaciona, y de este modo se explica de una mejor forma técnicas como ha mostrado ser el estudio de caso seleccionado.

Tenemos que el *timing* propio del proceso, la aplicación y extensión a organismos más complejos, así como las consecuencias de dicha labor experimental. Denotan una noción de realidad que explica la manera en la que la comunidad científica está creando biotecnología para que en conjunto como seres humanos podamos afrontar las exigencias y estar a la altura de las demandas y las sorpresas que aparecen en la historia, como el hecho de la situación de pandemia reciente, en donde la técnica CRISPR/ Cas9 ha sido una herramienta de un gran valor por las biotecnologías desarrolladas con ella, como la mayor parte de las pruebas para detección del virus SARS- CoV- 2 y posteriormente algunas de las versiones de algunas vacunas como es el caso de la vacuna MODERNA, que utilizó ARN programado con CRISPR/Cas9.

5.3 Ontología de estructuras

El realismo estructural ha sido una corriente de larga tradición en filosofía de la ciencia desde comienzos del siglo XX. Desde las consideraciones iniciales de Bertrand Russell (1912), hasta fecha reciente con investigadores como Worrall, Ladyman, Chakravartty, Psillos y French. Esta tradición continúa vigente y se discuten en la actualidad sus principales tesis sobre la ontología de la realidad entendida en clave estructural.

En lo siguiente, se realiza una revisión crítica de las principales propuestas del realismo estructural, en los autores más representativos en la actualidad de esta escuela, se realizará un examen de la ontología de estructuras desde diferentes ópticas, pasando de sus formulaciones más moderadas a las propuestas más radicales, comprendidas bajo el tema del realismo óntico. Cabe aclarar que el realismo estructural es más cercano a la ciencia física, por otro lado, la ontología de procesos es

fundamentada en la biología. La comparación detallada de ambas ontologías, será el propósito de las conclusiones del presente anexo.

5.3.1 Exposición sobre el realismo estructural epistémico

Es Bertrand Russell quien acuña en el año de 1912 en su obra *The Problems of Philosophy* (1912), el término “Realismo estructural”, y como su nombre lo indica, esta postura defiende que lo que conocemos de la realidad en última instancia son sólo ciertas “estructuras”. Comúnmente se ha dividido el realismo estructural en dos componentes esenciales, el primero de ellos son las estructuras ya mencionadas, y el segundo los “relata”, o las “entidades” que están en el fundamento de esas estructuras (realismo de entidades).

La tesis del realismo estructural es una tesis de corte epistémico, ya que, de acuerdo a esta postura, lo que conocemos del mundo son sus estructuras esenciales que son estructuras exclusivamente matemáticas, y dichas estructuras evidencian, gracias a su relación con el “argumento del no milagro”, una existencia de ciertas entidades tal y como son presentadas y explicadas por nuestras mejores teorías científicas. Aunque debemos mencionar que no queda claro en la literatura al uso que es lo que se desea significar con la expresión: *mejores teorías científicas*.

Lo que sostienen los realistas estructurales, por ejemplo en el problema de la formulación de “la teoría ondulatoria de la luz”, es qué lo que se mantiene de una teoría a otra, son estrictamente las formalizaciones matemáticas, que fungen como una estructura relacional, y en ese sentido, lo que conocemos de la naturaleza a pesar de los cambios de “paradigma” y la “incommensurabilidad” para usar términos kuhnianos, son las estructuras matemáticas, este mismo razonamiento es aplicado a muchos casos históricos de la ciencia.

El realismo estructural ha adquirido una importancia notable en los desarrollos contemporáneos en filosofía de la ciencia, autores como Anjan Chakravartty (2017), dedican gran parte de su investigación a problemas que se inscriben en la tradición estructuralista. Uno de los argumentos más usados para asumir al realismo estructural como una versión robusta de realismo, es que, ante la discontinuidad en el desarrollo de la ciencia, las estructuras matemáticas parecen mantener una continuidad a pesar de los cambios de ontología dentro de la ciencia.

Podemos preguntar entonces, si el realismo estructural apela a una continuidad relacional de estructuras a lo largo de la historia, especialmente en el terreno de la física, ¿Cómo se justifica a partir de dichas estructuras la asunción de los relata (entidades) que postulan las teorías en física, si

estas últimas cambian con el tiempo? Esto es una forma de mantener vigente la objeción de Larry Laudan.

5.3.2 Exposición sobre el realismo estructural radical (realismo óptico)

Si bien, el realismo estructural, como ya se ha señalado es una tesis epistémica, que se complementa con el realismo de entidades, ya que nuestras mejores teorías científicas según defiende el “argumento del no milagro”, gracias al conocimiento de dichas estructuras que se mantienen en el desarrollo histórico de la ciencia, evidencian en última instancia un conocimiento semántico, como gradación por “verdad aproximada” a dichas entidades. Existe una variación del realismo estructural, en donde se presenta a éste como una *tesis metafísica*. Nos referimos al realismo óptico que debe sus principales desarrollos a Psillos (2001).

En su publicación: *What is structural realism?* (1998), James Ladyman plantea la posibilidad de que la restricción epistémica a los aspectos estructurales del mundo inobservable que postula el estructuralismo clásico no sea en realidad restricción alguna, sino que conocemos solamente su estructura, porque ella *es lo único que hay*. Como se observa, existe aquí una radicalización de la postura estructuralista, haciendo un tránsito de la versión epistémica a la versión metafísica, u óptica.

El realismo estructural y el realismo estructural (óptico) son las versiones más fuertes de realismo científico que se han formulado hasta el momento, la primera se presenta como una posición epistémica, que en un momento posterior se complementa con el realismo de entidades, ya que se conoce aproximativamente gracias a las relaciones estructurales dichas entidades de la ciencia como los quarks, o el ADN.

En cambio, en el realismo estructural en su versión óptica se abandona la pretensión epistémica y el realismo de entidades, para postular la sola existencia de las relaciones estructurales matemáticas como elemento último y fundamental de la realidad.

Sobre este último existe una pretensión de aplicarlo a todo el ámbito científico, y defender la tesis reduccionista en donde se supeditan los saberes científicos a la teoría física, a esta última posición la he denominado realismo óptico extendido.

A continuación, desarrollo las tres posturas mencionadas del realismo estructural, para el caso del realismo estructural clásico acompañado de entidades estudio la propuesta de Anjan Chakravartty. En lo que concierne al realismo óptico, expongo los principales argumentos de Stathis

Psillos. Por último, para comprender el realismo óptico extendido he seleccionado la propuesta de Steven French.

5.3.3 Realismo estructural en Chakravartty

La discusión sobre el realismo sigue vigente hasta nuestros días, existen numerosos desarrollos del realismo estructural que hemos expuesto en líneas precedentes, un libro de especial interés para nosotros es *Scientific ontology* de Anjan Chakravartty publicado en el año 2017.

La obra, por lo demás rigurosa en argumentación filosófica, tiene como propósito, aunar en una postura coherente y articulada la así llamada “naturalización de la metafísica” con lo que el autor denomina ‘epistemología voluntarista’, en el caso particular de la presente investigación, retomaremos dos argumentos centrales de la obra. Primero, su refutación de la corriente empirista-historicista, y segundo, su parte propositiva respecto al realismo estructural, que en Chakravartty se presenta bajo la nomenclatura de “selectivim realism”.

Para Chakravartty, las posturas historicistas, empiristas y pragmatistas en el debate que nos ocupa son *deflacionarias*, ya que no presentan la debida atención a los fundamentos ontológicos de la ciencia. “Many of the most excellent dictionaries suggest that in philosophy, ontology concerns more general or fundamental questions of existence than those that preoccupy exterminators y cereal purchasers”. (Chakravartty. 2017, p. 4).

En la cita anterior se colige el rechazo por parte de Chakravartty hacia la llamada corriente historicista y el pragmatismo basado en prácticas, de acuerdo con este autor, dichas posiciones no otorgan la atención central que deben jugar las cuestiones ontológicas en la ciencia, ya que se ocupan exclusivamente en materia con perspectiva historicista. En este caso considero que existe un argumento a favor de la posición realista sobre el polo pragmatista, ya que estos últimos al ocuparse exclusivamente de prácticas desarrolladas en contextos específicos, olvidan que en efecto la ciencia no es solo prácticas y heurística de laboratorio, de hecho, existen fundamentos conceptuales y ontológicos en la práctica científica, es decir que no podemos dejar de lado la cuestión sobre el estatus ontológico de los términos teóricos.

Ahora bien, del hecho de que sea necesario tener nociones claras respecto a la ontología científica, no quiere decir que dicha exigencia sea completada de modo adecuado por una visión estructuralista, parece ser que no existe un método meta-científico que describa con éxito la ontología de la ciencia debido al argumento mencionado de Laudan. Aunque la posición de Chakravartty es

valiosa en el sentido que pone el énfasis en intentar construir una ontología científica, de este modo invita a seguir reflexionando en relación al problema del realismo, en lugar de dejarlo como letra muerta según él interpreta a sus detractores.

Para este autor, el escepticismo imperante en las doctrinas deflacionarias no es recomendable dentro del desarrollo de una adecuada ontología de la ciencia, ya que, entre otras cosas, una buena ontología debe ser “unificadora” de los fenómenos que se observan, pero es sólo gracia a la adecuada reflexión de principios como *causalidad*, y *disposiciones* que se descubre una buena ontología, y esto no puede hacerse desde una posición antirrealista. “this by itself should be sufficient to show that *all by themselves*, scientific practices, theorizing, and experimentation do not have the right sorts of resources to settle all questions of scientific ontology”. (Ibid., p. 6).

Tenemos aquí un llamado por parte de Chakravartty a la reflexión filosófica, la cual debe situarse por encima de la práctica científica (por decirlo de algún modo), y desde esa distancia, desde la pausa propia del trabajo reflexivo, intentar establecer las categorías adecuadas que nos permitan develar las entidades que componen la compleja trama de la ontología en ciencia. Debemos aclarar desde ahora que este autor piensa principalmente en la teoría física contemporánea, ya que asume bajo una posición reduccionista que todo el conocimiento científico se supedita a esta rama de la ciencia.

Volviendo al punto de Chakravartty sobre la insuficiencia de la heurística y las prácticas de laboratorio para la determinación de la ontología en ciencia, argumento el autor que los ejemplos paradigmáticos de ciencia exitosa, muchas de las veces adolecen de rigor en la investigación ya que son confeccionados y adecuados *a posteriori*.

De este modo es que no son suficientes los ejemplos de casos de estudio que, según el autor, se construyen *ha doc*, “Not all facts are created equal in the context of case studies. No doubt there are hypothetical facts for which the evidence is so clear-cut and unequivocal that it would be silly to resist an obvious conclusion”. (Ibid. pág. 27).

En un segundo momento, el autor concluye la segunda parte de su libro con la exposición de una versión sofisticada del realismo estructural. El argumento a favor de dicha concepción sostiene que: toda concepción que pretenda dar cuenta de la ontología científica debe asumir presupuestos metafísicos naturalizados (una metafísica en minúsculas), así el “selective realism” consta del

realismo de entidades, y las propiedades que se descubre de dichas entidades son ‘disposiciones’ y relaciones “causales” estructurales, he aquí el realismo selectivo que defiende nuestro autor.

Chakravartty anuncia la amenaza de caer en un intrincado dilema si es que no se adopta el realismo selectivo, ya que o bien se aceptan términos primitivos no definidos explícitamente como disposiciones y causalidad, o bien se debe abandonar el estructuralismo:

“The case of structuralism beautifully illuminates how, on some occasions, different magnitudes of metaphysical inference pertain (ostensibly) to *one and the same thing*. One may entertain the hypothesis that there are subatomic particles, conceived as entities subject to various detections, measurements, manipulations, and novel predictions”.⁸³

Como se observa, en última instancia, el realismo selectivo, resuelve la preeminencia e impronta del realismo estructural, en términos de inferencia a la mejor explicación y el argumento del no milagro.

Hasta aquí la exposición sobre Chakravartty.

5.3.4 Realismo estructural (óntico) en Stathis Psillos

En su libro *Knowing the structure of nature* publicado en el año 2008, Stathis Psillos, aducirá argumentos en contra de la versión estándar del realismo estructural en conexión al realismo de entidades. Ya en el prefacio de su obra afirma el autor “The main aim of this book is to defend the epistemic optimism associated with scientific realism” (Psillos. 2008, p. XIV).

Stathis Psillos, estará a favor del argumento del no milagro, como un argumento contundente que muestra la consistencia del realismo científico, mismo que en primera instancia se apoya en dos supuestos “Scientific realism is based on a double claim – a declaration of independence (the world science aims to know is mind-independent) and a call for epistemic optimism (this mind-independent world is knowable)”. (Ibid., p. XV). La relación existente entre ambos supuestos, como es característico del realismo se da en el mencionado argumento del no milagro. “What warrants the epistemic optimism associated with scientific realism? The main argument has been the so-called no-miracles argument.” (Ibid, p. XVI).

⁸³ Chakravartty. A. (2017) *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 159.

En lo general la tradición realista y en lo particular la tradición estructuralista que se inscribe en la misma corriente de pensamiento, asume una especie de meta inducción optimista, para el devenir científico, ¿en qué consiste dicha inducción? En esperar que lleguemos a una comprensión adecuada de los fundamentos que constituyen la naturaleza ya que, desde el punto de vista del desarrollo histórico del saber científico, se han conquistado grandes aristas, esto hace suponer a los realistas que el desarrollo de la ciencia en el devenir histórico será una asunción gradual hacia un conocimiento cada vez más completo de la naturaleza, para alguien como Psillos dicho conocimiento se limitará a las estructuras matemáticas inscritas en el centro de las teorías científicas en física más exitosas.

Como consecuencia de este planteamiento, según el autor, la ciencia tiende a producir buenas explicaciones, y sobre todo a ser asertiva cuando realiza predicciones, esto pone de manifiesto, que las teorías son “aproximadamente verdaderas”, es decir; describen y explican el mundo con un grado mínimo de error:

“it aims to defend the reliability of scientific methodology in producing approximately true theories and hypotheses... Following more concrete types of explanatory reasoning that occur all the time in science, it suggests that it is reasonable to accept certain theories as approximately true, at least in the respects relevant to their theory-led prediction”.⁸⁴

Una distinción fundamental, respecto a Chakravartty, es que Psillos aduce argumentos contra la versión estándar del realismo estructural, inclusive retoma la famosa objeción de Newman (misma que desarrollaremos más adelante), no obstante, sigue a favor del realismo científico como la mejor forma de realismo apoyado en su acepción del argumento del no milagro y la abducción como la forma privilegiada de la inferencia a la mejor explicación, en última instancia lo que Psillos defenderá será el realismo estructural óptico. Veamos su crítica.

Ante la postura del realismo estructural epistémico, que comúnmente se presenta como una defensa de la tesis de que el conocimiento científico sólo toca la estructura lógica matemática del mundo sin brindar explicación de ningún tipo sobre su contenido o naturaleza. En ese sentido, al igual que la distinción entre entidades observables e inobservables es importante para el empirismo constructivo, la distinción entre estructura y naturaleza (entidades) resulta de vital importancia para

⁸⁴ Psillos, S (2008) *Knowing the Structure of Nature. Essays on Realism and Explanation*. University of Athens. pp. 49-50.

el realismo estructural clásico, ante tal petición de principio, se han generado fuertes críticas, Psillos señala al respecto, que estructura y naturaleza, son indiscernibles:

“Al postular una entidad inobservable los científicos explicitan su comportamiento legaliforme [*lawlike behaviour*] por medio de una clase de ecuaciones. En otras palabras, ellos adscriben a este agente una cierta estructura causal y hablan acerca de cómo esta entidad está estructurada. Pienso que hablar de ‘naturaleza’ más allá esta descripción estructural (física y matemática) de un agente causa es retroceder a un discurso medieval de ‘formas’ y ‘sustancias’”.⁸⁵

Sabemos que la filiación de Psillos al realismo científico es de corte óntico, de este modo lo que podemos adscribir al autor es su inclinación realista, es una versión estructurada en una comprensión de orden ‘causal’ con lo cual se mantiene el agente semántico-epistémico de las teorías científicas, expresado en el ‘argumento del no milagro’ como una inferencia a la mejor explicación de corte abductivo. Aunque para Psillos lo único que conocemos es la ‘estructura’ matemática de la naturaleza, sin entidades o relata esenciales, porqué dicha estructura es lo único que hay.

De acuerdo a este planteamiento, en específico sobre el argumento del no milagro que evidencia el éxito científico y esto a su vez muestra que las teorías científicas son adecuadas porque la ciencia es eficaz, debemos preguntar ¿Qué justifica a pensar a los realistas ónticos que las estructuras físicas y matemáticas de las ‘mejores’ teorías científicas son correctas y refieren al mundo? Porque de hecho se puede objetar que muchos desarrollos científicos exitosos han tenido referentes y estructuras ahora abandonados. Un claro ejemplo de este punto lo ilustra el desarrollo de la combustión en las máquinas de vapor, el ferrocarril se construyó bajo el supuesto conceptual de la teoría del calórico y las estructuras que le son asociadas. Se muestra aquí que puede existir éxito empírico y heurístico, bajo supuestos que más tarde mostraron estar equívocos.

Hasta aquí la exposición sobre Psillos, pasemos ahora a una elaboración de dos objeciones más formales al realismo en general.

5.3.5 Objeción de Newman: la cual trivializa al Realismo óntico, en todas sus acepciones

Hasta aquí, he expuesto, primero, en líneas generales los argumentos en disputa dentro del dilema realismo-antirrealismo, acto seguido se han presentado los desarrollos más sofisticados del realismo

⁸⁵ Psillos S. (1999). *Scientific Realism: How Scienza Tracks Truth*. London: Routledge. P. 149.

científico a través de su acepción estructural, para abordar el polo radical de la posición estructural óptica. Es momento entonces de presentar la contraparte de dicha filosofía, la cual encuentra en la formulación de M. H. A. Newman su objeción y el reto más importante a resolver para los estructuralistas.

Para Newman la pretensión de que tenemos un conocimiento estrictamente estructural del mundo que toma distancia de los componentes cualitativos (es decir, de la naturaleza intrínseca de esas entidades y del aspecto “intencional” de las relaciones que guardan) implica la trivialización de ese conocimiento. Para Newman el realismo estructural diría en suma que “hay una relación R tal que la estructura del mundo exterior con referencia a R es W ” (Newman, 1928, p, 144).

En otras palabras, el realista estructural convencional sabe que el mundo exterior tiene *una* estructura conformada por *ciertas* relaciones, pero su modestia epistémica le impide conocer de qué relaciones específicas se trata. Ahora bien, ante tal asunción del realista estructural Newman enfrenta el siguiente teorema de la lógica “Para cualquier agregado A , puede ser encontrado un sistema de relaciones entre sus miembros que tenga asignada una estructura compatible con el número cardinal de A ” (Ibid., p.140).

De acuerdo a esta verdad lógica, la mera cardinalidad implica que existen múltiples sistemas de relaciones que pueden instanciarse en ese conjunto. Con lo cual se trivializa la acepción del realista estructural, de este modo, siguiendo el teorema propuesto por Newman lo único que está haciendo el realista estructural es señalar la cardinalidad de su sistema de relaciones.

Podemos preguntar entonces, para Newman, ¿qué es lo que se necesita para que nuestro conocimiento del mundo no sea trivial? en suma, poder determinar qué sistema de relaciones específico instancia el mundo físico, es decir, los aspectos “intencionales” de estas relaciones. Pero de hecho hacer eso implicaría el abandono del realismo estructural.

Podemos seguir las consecuencias de la objeción de Newman y presentar el siguiente dilema: o bien el realista estructural acepta que el conocimiento acerca del mundo sea, a excepción de aserciones sobre su cardinalidad, trivial y *a priori*, o deja de lado la consigna estructural para hablar de intencionalidad y de hecho esto lo obliga a abandonar su propia posición.

Pasemos ahora a presentar una segunda objeción que puede plantearse al realismo estructural, suponiendo que se soluciona la objeción de Newman. Nuestra segunda crítica, es igual de importante que la anterior, y podemos formularla en los siguientes términos: en el terreno del realismo

estructural óntico, aun encontrando una estructura que se presume como esencial que sea inherente a la realidad, aun encontrando un modelo que cumpla con los lineamientos y requisitos de una definición rigurosa de estructura, he aquí el problema ¿qué nos faculta a pensar que dicha estructura matemática, debe de corresponder y explicar el componente último de la realidad? es decir, ¿por qué el mundo debe ser pensado en términos estructurales?

El problema de fondo que subyace al estructuralismo es que se piensa la ontología de la ciencia en términos reduccionistas, ya Chakravartty ha planteado la discusión sobre la ontología científica sólo en el dominio de la física de partículas subatómicas, pero, sí como ha mostrado Pothotkin (2012), existen dominios de la biología que no son reducibles a la física, a una explicación en modelos matemáticos, sino que se requiere de una nueva configuración para explicar problemas centrales en el ámbito biológico, que en última instancia la biología no puede ser reducida a la física, entonces, tenemos aquí la imposibilidad del estructuralismo como ontología fundamental de la realidad. Aparece entonces la invitación para pensar la ontología de la ciencia a través de otras categorías filosóficas.

5.3.6 Realismo estructural óntico (extendido) en Steven French

La consigna básica del realismo estructural óntico sostiene que ‘La estructura es todo lo que hay en la realidad’: “Thus the lemma of ontic structural realism becomes: Structure is all there is” (Rivadulla, 2010, p. 24). De este modo, tenemos en el REO un intento de comprender y fundamentar la ontología científica en términos estructurales, ya que dichas estructuras son en última instancia, entidades que existen en el mundo físico. Bruno Borge describe la posición óntica en una acepción modal:

“En otros términos, los constituyentes últimos de la realidad son estructuras. Si bien la caracterización de la noción de estructura en este contexto es objeto de extensas discusiones, debe notarse que en todas las presentaciones del REO dichas estructuras no son estructuras matemáticas sino *estructuras físicas*, definidas usualmente como *estructuras inherentemente modales*. El REO es, por tanto, no solo una variante novel de realismo, sino un intento estructuralista de *refundar la ontología*.”⁸⁶

Ahora bien, cabría preguntar ¿Por qué el realismo estructural óntico puede considerarse como la mejor forma de realismo? Los defensores de dicha postura arguyen razones basadas en el argumento del no milagro (NMA) como la justificación epistémica del REO. En su formulación original por

⁸⁶ Borge B. (2018). *El enfoque sintáctico como marco para el realismo estructural óntico*. Eidos No. 29. P 280. *Cursivas añadidas*.

Hilary Putnam, el argumento mencionado, defiende que sería un milagro el “éxito explicativo” y predictivo de la ciencia y que; no obstante, no existieran las entidades que la ciencia asume en su ontología.

La variación que ofrece del argumento del no milagro el realismo óptico es que, de hecho, las entidades se asumen a nivel práctico en el laboratorio, pero en un ‘meta nivel’ lo esencial que fundamenta a la ontología de la ciencia son las estructuras ontológicas, que de hecho describen de una forma aproximadamente verdadera el comportamiento del mundo. Steven French desarrolla esta idea:

“And this will be for the same reasons as in the object-oriented case of electrons and the like; that is, having to do with the No Miracles Argument (NMA), construed along the lines of ‘it would be a miracle if gauge field theories were so successful and they did not describe the way the world is’ (or as Ladyman puts it, did not latch onto the world).”⁸⁷

Para el realismo estructural, existe una continuidad ontológica a lo largo de la historia de la ciencia, es ya famoso el citado ejemplo de la continuidad entre las ecuaciones de Fresnel y Maxwell correspondientes al comportamiento de los fotones; además, los realistas estructurales entienden el desarrollo histórico de la ciencia como una continuidad en donde siempre se pueden explicar y comprender el desarrollo de nuevas teorías. Entendiendo a sus sucesoras como “casos límite” de los planteamientos contemporáneos, a este respecto, se entiende a la teoría mecánica de Newton como un caso límite de la física relativista de Albert Einstein.

Un aspecto relevante para el REO es lo que French llama ‘la eliminación de objetos’, dicha tesis se conoce en la literatura filosófica como ‘reduccionismo’, ya que, para el realismo estructural óptico, la base fundamental del mundo puede y debe ser situada en el dominio de las estructuras que fundamentan la existencia de las partículas elementales “One can read the sense of dependence here in terms of ‘rigid necessitation’. So that the table rigidly necessitates its specific constituent particles...” (French, 2014, p. 165).

La idea central de French, es que cualquier objeto del mundo cotidiano (la imagen manifiesta para decirlo con Sellars) tiene como componente fundamental a partículas (la imagen científica) y estas partículas están a su vez fundamentadas ontológicamente por estructuras. De ahí la insistencia

⁸⁷ French S. (2014). *The structure of the world. Metaphysics and Representation*. OXFORD University press. United Kingdom. P. 146.

en el problema de la reducción del ‘mundo aparente’ a lo que se presume resulta ser más fundamental, entiéndase ‘estructuras físicas’.

5.4 Aplicación del REO a la Física de partículas elementales (La tesis reduccionista en biología)

Como se ha mostrado en líneas precedentes, Steven French defiende que el amplio dominio ontológico del ámbito científico puede ser reducido a términos de partículas elementales, he insiste en qué es la ‘Física’, la ciencia por excelencia en donde podremos describir y descubrir el último reducto ontológico de la realidad. Aquí, French, está entendiendo a la Física como el paradigma de una ciencia madura, ya que dicha ciencia goza de una formalización a través del uso de modelos matemáticos muy sofisticados y que demuestran tener éxito en su aplicación práctica, tal es el caso de los desarrollos en las aplicaciones ejemplares de la ‘mecánica cuántica’.

Para Steven French, la aparente complejidad del mundo puede y debe ser reducida a una explicación de carácter estructural, en tanto la ‘imagen manifiesta’ de la realidad (siguiendo la nomenclatura acuñada por Sellars), se fundamenta en los reductos fundamentales que la ciencia física presenta:

“A possible worry here is that the kind of dependence that ' in virtue of ' signifies effectively evacuates all there is to *a* in favour of the relevant features of *b*. If all there is to *a* holds in virtue of, and hence is explained in terms of, features of *b*, then what is left that has any independent existence? And if there is no feature left over, then we have no grounds not to eliminate *a* from our fundamental ontology”.⁸⁸

Como se colige de la cita anterior, es posible eliminar de la ‘ontología fundamental’ aquello que depende de la misma para ser explicado. En este sentido podemos reducir el mundo circundante del sentido común a electrones y átomos, y estos últimos a su vez fungen como ‘representación’ de la estructura física que los fundamenta y antecede.

Para French, el mundo subatómico se rige por las leyes postuladas en la mecánica cuántica, y algo a tener en cuenta a favor de su argumento, es la interpretación adoptada por nuestro autor de la mecánica cuántica en donde se suprime la noción de ‘individualidad’ de las partículas subatómicas en pos de una explicación a favor de ‘relaciones’ de estados físicos (capaz de capturar el estado indeterminado que las partículas adoptan), esto es lo que French está entendiendo como estructura ontológica fundamental.

⁸⁸ Ibid, p.166.

5.4.1 Aplicación del REO a la biología molecular

Como se ha argumentado, el primer reto a superar era adoptar una visión positivista de la epistemología científica y reducir la ontología del sentido común al mundo de las partículas elementales que expresa la Física. El siguiente paso, de acuerdo con French, consiste en posicionarnos dentro del ámbito científico, en particular de las ciencias biológica, química y mostrar cómo se supeditan a la Física.

Aunque el autor reconoce que el realismo estructural óptico se ha desarrollado principal y casi exclusivamente a lo largo de la historia en el dominio de la Física: “As the previous chapters exemplify, both the elaboration of and debate over structural realism in general and OSR in particular have typically been articulated in the context of theories of physics” (French. S. 2014, p. 324).

Dentro del realismo estructural óptico al cual se suscribe French, resulta evidente la derivación ontológica que va de instancias químicas o biológicas a instancias más fundamentales como lo son las entidades físicas. Así, por ejemplo, para el caso del *metano*, éste es una sustancia química que de acuerdo con French en última instancia se encuentra constituido ontológicamente por elementos más fundamentales en un dominio físico “Consider the example of methane: certainly one can argue quite forcefully that there is nothing, ontologically speaking, to the atoms of carbon and hydrogen that is not grounded in quantum physics” (Ibid., p. 325).

El argumento de French, es como sigue: todo lo que existe en la naturaleza está sujeto a una composición biológica o química, mediante la formación de moléculas se expresan los diferentes elementos que componen el dominio de lo real, y las moléculas a su vez se encuentran constituidas por átomos, lo cual pertenece al ámbito de la Física.

French, se sirve del argumento ontológico mínimo para mostrar la dependencia simétrica (entendiendo simetría en términos estructurales) de derivabilidad ontológica entre las moléculas de la química orgánica e inorgánica, que en última instancia pueden comprenderse desde el discurso científico de la Física de partículas elementales. La secuencia de la realidad expresada en el ámbito científico puede verse del siguiente modo: en un nivel artificial encontramos las expresiones del mundo animado de la materia orgánica que estipulan las leyes en Biología, en segundo lugar, en un nivel superior de explicación científica aparece la descripción de la Química a través de los modelos que representan las moléculas que componen la materia y, en primer lugar, el nivel de explicación por excelencia sería el del mundo físico.

Esta imagen estructural de la ontología científica es postulada por French por dos motivos que se relacionan. El primero de ellos es la ‘simplicidad’ ya que epistémicamente hablando, resulta

ser una mejor economía explicar la realidad dentro de sólo un marco de referencia ontológico como es el de la Física teórica, además, (este es el segundo motivo de reducción), encontramos en la teoría de la mecánica cuántica una explicación que puede justificar la ontología de la ciencia, ya que las leyes que expresan el comportamiento de las partículas a escalas microscópicas proporcionan una explicación mediante ‘disposiciones’ que de algún modo orientan nuestra comprensión del mundo inobservable “The truth of the relevant statements about this structure must then be taken to be grounded in the patters of phenomena from which the structure is ultimately derived, rather than anything unobservable” (Ibid., p. 327.)

En suma, encontramos en la presentación y desarrollo del realismo estructural óptico de French, tres componentes constitutivos de su propuesta, los cuales son, primero; la asunción positivista que asume al saber científico como el mejor dominio para definir la ontología de la realidad. Segundo; existe un reduccionismo que tiene por resultado un fisicalismo radical, y tercero; el monismo fiscalista se conjuga en una posición estructuralista óptica, asumiendo que no son las entidades (relata) de la Física lo que fundamenta a la realidad si no sus relaciones estructurales.

5.4.2 Objeciones a la postura de Steven French

La posición desarrollada por Steven French de carácter monista, reduccionista y fisicalista ha resultado tener un poder simplificador de gran alcance. En lo que sigue argumentaré a favor de una postura ampliativa del dominio ontológico científico, mostrando que existen entidades en el rubro de la Biología como los ‘genes’, que no pueden ‘sólo’ ser explicadas en un dominio físico ya que poseen “propiedades emergentes”.

Cabe aclarar que suscribo la posición de ontología mínima fisicalista, asumo la postura en donde acepto que los átomos son constitutivos del mundo físico, no obstante, de aceptar esta tesis, no se sigue que el amplio y complejo mundo de los procesos biológicos pueda ser reducido a una explicación Física. Vayamos a ello.

Un elemento que motivó a French a postular el reduccionismo de la Biología a la Física es el carácter de lo que podríamos llamar la tesis de ‘contingencia evolutiva’, el argumento es como sigue:

“This then open up some metaphysical space in which to consider laws in biology, or, rather, the supposed lack of them. Interestingly, this feature rests on a characterization of

laws as necessary. Considerer for example Beatty's well-know 'Evolutionary Contingency Thesis'".⁸⁹

Para Beatty en Biología existen caracteres contingentes en la evolución que no se pueden modelar como las regularidades que postulan las leyes de la Física. Aunque podríamos preguntarnos ¿Cómo es posible reducir un aspecto que es de suyo 'contingente' a una regularidad (ley) Física? Además ¿Cómo saber cuándo hemos conseguido una reducción exitosa? A este respecto Diéguez Lucena señala:

“Así, la afirmación de que la química ha sido reducida a la mecánica cuántica olvida que la química cuántica no puede derivarse directamente de la ecuación de Schrödinger y que la función de ondas no puede representar adecuadamente las moléculas”.⁹⁰

Como se sigue de la cita anterior, dentro de la Química y la Física existen fuertes problemas para lograr una reducción adecuada (propiedades emergentes), resulta necesario abandonar la pretensión de lograr una reducción más distante como sería el caso de la ontología biológica a la Física. Examinemos ahora un intento de reducción local dentro de la misma Biología.

5.4.3 Reducción local en Biología

En el año de 1991 Philip Kitcher se dio a la tarea de esclarecer la posibilidad de reducir la genética mendeliana a la genética molecular, la pregunta central de Kitcher es si era posible definir conceptos mendelianos fundamentales como: “dominante”, “recesivo” o “epistasia” en términos meramente moleculares. Kitcher llega a la conclusión de que tal reducción no es posible ya que, en resumen “Desde un punto de vista molecular, los genes no se distinguen por ninguna estructura común” (Kitcher, 1991, p. 557).

Detengámonos con más cuidado en la definición básica de gen (que no existe una sola, sino varias y muchas veces entran en conflicto), Steven French entiende a un gen bajo términos 'funcionales' citó en extenso:

“Thus, we might adopt a functional approach in which a 'gene' is understood to be identical to particular sequence of ADN typically assembled in particular way in certain typical contexts and which typically produces specific protein(s). In other words, we

⁸⁹ Ibid., p. 330

⁹⁰ Diéguez. L. (2012) *La vida bajo escrutinio, una introducción a la filosofía de la biología*. Universidad de Málaga. Biblioteca Buridán. España, p. 197.

should 'identify a gene as a specific DNA sequence, S, That plays a typical functional role, R, of typically producing protein P in context C in an organism O'."⁹¹

Es difícil declinar y adoptar una definición de lo que es un "gen" sea en términos funcionales, de herencia o moleculares, existen al menos 10 definiciones de 'gen' que son rigurosas y tienen resultados en la investigación científica, en su artículo *What Genes Can't Do*, Lenny Moss apuesta por abandonar la pluralidad de definiciones en torno al concepto de "gen" y propone sólo dos maneras (no siempre compatibles) de entenderlo, de hecho, para Moss estamos hablando de dos 'entidades diferentes' cuando nos referimos a lo que es un "gen". El primer concepto es el que captura el aspecto mendeliano de la herencia que se expresa en el fenotipo como el color verde de los ojos, esto es lo que Moss llama 'gen P'. En el segundo caso se refiere a propiedades del ámbito molecular y de desarrollo, lo que Moss llama 'gen D'. Michael Bradie resume la tesis de Moss con gran precisión:

"For example, one talks of genes for blue eyes or brown eyes. But, Moss argues, the gene-P for blue eyes is the absence of the gene-P for brown eyes. The second concept of 'gene', which Moss labels "gene-D", stands for genes understood as developmental factors and are identified with molecular sequences. They are the elements of what he calls "the new epigenetics."⁹²

Se observan en el argumento anterior, dos funciones claramente diferenciadas irreductibles entre sí, lo cual confirma la tesis de Kitcher de la imposibilidad de la reducción de la genética mendeliana a la genética molecular. Es importante notar que la posición de French, como la 'nueva epigenética' de Moss, no agotan el amplio campo conceptual de la genética. Quizá podamos concluir, inspirados en el trabajo del filósofo e historiador de la ciencia Hans-Jörg Rheinberger que no sea posible ofrecer una definición única y lo suficientemente amplia que describa exitosamente la ontología de la genética:

"And yet it is clear that the science of genetics never provided one generally accepted definition of the gene. More than a hundred years of genetic research have rather resulted in the proliferation of a variety of gene concepts, which sometimes complement, sometimes contradict each other".⁸

⁹¹ French S. (2014). *The structure of the World*. Oxford. United Kingdom. p 340.

⁹² *What genes Can't Do* by Lenny Moss. (2003). A Bradford Book. The MIT PRESS, Cambridge, MA. Reviewed by Michael Bradie. *Human Nature Review* 3, p. 320.

5.5 Conclusión

Llegados a este punto, se colige el realismo estructural como un intento significativo de aunar en un todo coherente la consigna del realismo asentada en el argumento del no milagro (NMA) y tratar de resolver la fuerte objeción que presenta Laudan con su meta inducción pesimista, según lo presentó James Worral en el año 1989.

En el caso de Chakravartty se mantiene la posición que admite un realismo de entidades, aunque se concluye con la idea de que las estructuras matemáticas son el máximo grado de conocimiento que puede alcanzar la cuestión sobre la ontología científica.

En Stathis Psillos, se presenta, siguiendo a Ladyman la radicalización del realismo estructural de corte epistémico a su versión óptica o metafísica, se asume de este modo que la estructura es lo único que “hay” en la naturaleza intrínseca de la ontología en la ciencia.

En la propuesta de Steven French, existe una ontología mínima que se fundamenta en la física, ya que la materia se encuentra compuesta por átomos. Este es un argumento plausible. No obstante, me parece que no podemos reducir la complejidad del mundo en que habitamos a propiedades exclusivamente físicas como la concepción ontológica con la que French define su propuesta. Existen propiedades de la materia, que no pueden ser explicadas con claridad desde la Física (propiedades emergentes), por ejemplo: las moléculas del agua no dan cuenta de las propiedades incoloras del agua.

En un debate más específico como es el caso de la teoría genética (siguiendo el análisis de Diéguez sobre los principales argumentos de Kitcher) se ha mostrado la imposibilidad de reducción de la biología molecular al espectro físico tal como pretende French, además, sostengo que la discusión continúa abierta.

La realidad es más compleja que lo que puede ser expresado con las mejores teorías físicas, es decir, la posición realista adopta un optimismo epistémico y ontológico respecto al avance de la ciencia contemporánea, no obstante, la noción de mejores teorías científicas adolece de un ámbito amplio y fuerte de sustentabilidad, podremos preguntar entonces, son nuestras mejores teorías científicas en base a ¿Qué aplicaciones?, ¿En qué sentido son buenas o mejores dichas teorías? Ya que parece ser que el rango de aplicación, la relevancia explicativa de dichos modelos y constructos teóricos es muy limitado para abarcar la múltiple manifestación de formas y procesos que subyace al mundo físico, químico y biológico.

En este orden de ideas. ¿Por qué se asume que las teorías científicas de la física particularmente son aproximadamente verdaderas? Para sostener tal afirmación deberíamos conocer la verdad y así poder discriminar lo falso, porque de hecho puede suceder que, por el contrario, nuestras ‘mejores teorías científicas’ sean más erradas que verdaderas. Bajo esta óptica no podemos afirmar basados sólo en el éxito y adecuación empírica que la ciencia progresa acumulativamente hacia la descripción y explicación correcta de la naturaleza.

De este modo, el realismo estructural en su versión óptica extendida es la posición más radical realista que podemos encontrar en la actualidad, aunque como se ha mostrado en el presente anexo, dicha propuesta adolece de algunas inconsistencias y no puede enfrentar con éxito objeciones clásicas como la presentada por Newman, o en la actualidad, la objeción que he desarrollado aquí, la cual consiste en mostrar la imposibilidad de ‘reducción’ satisfactoria de toda la ciencia básica a la Física, debido a propiedades emergentes de la materia.

Mi propuesta doctoral, explica a nivel ontológico lo que está sucediendo en laboratorios de vanguardia en la creación de biotecnología y bioquímica como es el ejemplo canónico seleccionado de la labor del equipo de la Dra. Doudna en Berkeley. *A esta creación, extensión, control y manejo eficaz de procesos bioquímicos* dentro de programas de investigación de avanzada como ha mostrado ser el estudio de caso seleccionado, lo he dado en llamar “Proceso generativo”.

El sentido que mi interpretación ontológica ha dado del estudio de caso, es importante señalar que esta noción de proceso no se encuentra aislada como una mera descripción de un estudio de laboratorio, sino que obedece a una concepción filosófica más amplia denominada en mi trabajo como “Constructivismo natural”.

En la tesis de construcción natural, la premisa básica es que el ser humano realiza una adaptación en su habitat. Al hacerlo se integra y enriquece el medio, responde a las exigencias de la transición evolutiva en el momento histórico en el que nos encontramos en el presente.

Desde esta posición, la ciencia es una labor de construcción natural, entendiendo que no existe una naturaleza separada del aprovechamiento teórico y pragmático que hagamos de ella como sociedad, tampoco la sociedad es un polo separado de la naturaleza, el acento de la construcción natural está en la síntesis e integración entre teoría y práctica, y naturaleza y sociedad dentro de la relación adaptativa de organismo-entorno.

La simbiosis y oscilación propia de ambas dicotomías, al ser integradas, se obtiene una posición pragmática que exalta el valor de la actividad consiente en las diversas practicas humanas.

El manejo, creación biotecnológica y dirección en la búsqueda de resultados que permitan a nuestra sociedad coordinarse en la solución de los retos que enfrentamos como civilización.

Se observa que la ciencia al construir, adaptar, extrapolar y direccionar herramientas en las ciencias naturales, así como procesos; evidencia una labor cognitiva, la más eficaz que hemos desarrollado hasta el momento como especie (Peirce. 1878).⁹³

En este orden de ideas, mi propuesta de construcción natural muestra este movimiento e integración pragmática, la he dado en llamar “natural”, para diferenciarla de tesis opuestas como la propuesta de “construcción social” de Karin Knorr Cetina, de la cual mi posición toma distancia crítica.

A manera de conclusión, quiero señalar que la noción de realidad, es un eje imprescindible de mi propuesta. En este sentido, la realidad, las relaciones ontológicas, la implementación sofisticada de procesos e instrumentación que tiene lugar en la bioquímica contemporánea. Es una herramienta con la cual, la ciencia ha mostrado su relevancia y aplicabilidad en beneficio de las sociedades humanas.

Debo subrayar que los productos bioquímicos que derivan de la investigación científica de laboratorios donde técnicas como CRISPR/ Cas9 son desarrolladas y mejoradas; es un elemento innegable de la constitución del hábitat y nichos urbanos de los seres humanos, esto apunta a una noción de realidad importante interpretada en clave pragmática.

En este sentido, real es todo aquello que no es dado de forma acabada, como erróneamente supone la metafísica e incluso el empirismo clásico sustancialista del mecanismo tradicional,⁹⁴ real tampoco es lo que mira sólo a la sociedad en el sentido de construcción social según señala la propuesta de Knorr Cetina.

Real en un sentido pragmático de construcción natural es: pensar y actuar en el medio, en un proceso adaptivo y evolutivo del cual como sociedad formamos parte, y asumir la responsabilidad de los efectos y consecuencias derivados de nuestros programas de investigación y actividad científica e industrial derivados de la forma en la que pensamos, y al pensar, observar, intervenir y direccionar, controlar nuestro impacto en la manera en la que desarrollamos procesos que nos permiten sobrevivir como especie en la integración naturaleza-sociedad.

⁹³ Aquí se hace referencia sobre “método de la ciencia” como canon de la mejor investigación en Peirce (1878).

⁹⁴ Sobre la crítica de Peirce a los programas de la metafísica y el empirismo tradicional, véase: Rescher (2007) y Plowright (2016).

Dicho en breve: *no hay sociedad separada o natura separada. La realidad en clave pragmatista es lo que hacemos en esa intersección. Esa intersección incluye, ciencia, arte, humanidades, es decir todos los niveles de manifestación cultural y técnica de las diversas prácticas humanas.* Aunque mi análisis se centra en la labor científica, con técnicas de laboratorio como el estudio de caso seleccionado, en donde se ha mostrado la direccionalidad mutua entre naturaleza y sociedad en un continuo integrado.

Como consideración final del presente anexo, el punto más importante que se debe de tener presente al comparar una ontología de procesos en contra de una ontología de estructuras, es que la primera, al ser interpretada en clave pragmática como se ha realizado en la presente investigación, nos permite explicar una noción de ciencia que se encuentra en sintonía con el desarrollo histórico de técnicas, métodos, teorías y prácticas, entendidas como un continuo desarrollo adaptativo en donde las sociedades humanas generan conocimiento que nos ha permitido controlar, innovar y direccionar procesos propios de las ciencias naturales en beneficio de los retos que ha enfrentado la humanidad en diversos momentos de la historia.

De este modo, se deja abierta la promesa de mejora en la investigación y se puede explicar y comprender bien desde una ontología de procesos el tránsito de la investigación científica como una actividad falible pero asentada en consecuencias pragmáticas con efectos tangibles en la realidad, de esta manera, la ontología de procesos supera a su contraparte estructural, ya que el realismo de estructura sigue anclado en la mera discusión teórica sobre el fundamento de la realidad y por lo tanto, evidencia una metafísica sustancialista y esencialista propia del periodo anterior a las tesis evolutivas de Charles Darwin y el pragmatismo clásico norteamericano. Discusión que en occidente ha revelado ser irresoluble tras más de dos mil años de intenso debate.

En cambio, la ontología de procesos *es prospectiva*, describe y explica lo que de hecho el ser humano ha hecho en su camino de adaptación compleja al medio, en donde la ciencia se muestra como una actividad noble en nuestra lucha por la supervivencia, esta idea es una de las acepciones de mi tesis general de “Construcción Natural”.

Bibliografía

Amstrong, David Malet, 1988: *Los universales y el realismo científico*, IIF-UNAM, México.

Borge, B. 2013: ¿Qué es el realismo estructural óptico?: Una aproximación al debate actual sobre el realismo científico. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 13(27), pp, 149-174.

Borge, B. 2018: 'El enfoque sintáctico como marco para el realismo estructural óntico'. *Eidos* nº 29 pp. 279-31

Bradie M. 2003: *What Genes Can't Do* by Lenny Moss. A Bradford Book. The MIT Press, Cambridge, MA. 2003. Reviewed by Michael Bradie. *Human Nature Review* 3 (2003) 317-320

Button, Tim .2013: *The limit of realism*, Oxford University. Press, Oxford.

Cartwright, N. 1983: *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press.

Chakravartty, Anjan.1998: "Semirealism". *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 29: 391-408.

Chakravartty, Anjan 2017: *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press.

Chakravartty, Anjan, 2013: "Realism in the Desert and in the Jungle: Reply a French, Ghins, and Psillos," *Erkenntnis* 78: 39-58.

Díez J. 2017: "A (Fatal) Trilemma for best theory realism".

Diéguez L, A. (2012) *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Biblioteca Buridán, Málaga, España, 349 pp.

Fine, A. 1998: "Scientific Realism and Antirealism," in E. (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 8. pp. 581-584, London: Routledge.

French, S 2013: "SEmi-realism, Sociability and Structure," *Erkenntnis* 78: 1-18.

French, S. 2014: *The Structure of the World. Metaphysics and Representation*. Oxford. United Kingdom. 394 pp.

Goodman, N. 1978: *Ways of Worldmaking*. Indianapolis, Hackett.

Kitcher, P. 1982: "Genes", *Brit. J. Philosophy of Science*. 33: 337-359.

Ladyman, J. 1998:" What is Structural Realism?" *Studies in History and Philosophy of Science*, 29, 409–424.

Ladyman, J. 2002: *Understanding Philosophy of Science*. London: Routledge.

Laudan, L. 1977: *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. London: Routledge & Kegan Paul.

Laudan, L. 1981: "A Confutation of Convergent Realism," *Philosophy of Science* 48: 19-48.

Martínez, S.1994: "Realismo interno versus realismo contextual. El caso de la mecánica cuántica", *Revista latinoamericana de filosofía*, vol. XX, no. 1, mayo 1994, pp. 53-62

Mizrahi, M 2013: "The Argument from Underconsideration and Relative Realism", *International Studies in the Philosophy of Science*. 27 (4): 393-407.

Moss, L. 2003: 'What Genes Can't Do.' A Bradford Book. The MIT Press, Cambridge, MA. 2003

Newman, M.H.A. 1928: Mr. Russell's Causal Theory of Perception. *Mind*, 37(146), 137-148

Niiniluoto, Ilkka, *Critical scientific realism*, Oxford University Press, Oxford, 1999.

Psillos, S. 1999: *Scientific Realism: How Scientia Tracks Truth*. London: Routledge.

Psillos, S. 2001: "Is Structural Realism Possible?" *Philosophy of Science* 68: S13-S24.

Psillos, S 2008: *Knowing the Structure of Nature. Essays on Realism and Explanation*. University of Athens.

Rivadulla, M. (2010) CRITICA, Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 42, No. 124 3-29 Two dogmas of structural realism. A confirmation of philosophical death foretold.

Votsis, I. 2012: "Putting Realism in Perspectivism," *Philosophy of Science* 80 189-211.

Worrall, J. 1989: Structural Realism: The Best of Both Worlds? *Dialectica*, 43(1-2), 99-124.

SEGUNDO ANEXO

Pragmatismo: la inteligibilidad triádica de inferencia en Charles S. Peirce

Resumen:

La primera sección del presente artículo muestra la relación entre los tres tipos de inferencia lógica: Deducción, Inducción, y Abducción como una unidad que permite la eficacia en la investigación científica dentro de la propuesta del filósofo norteamericano Charles S. Peirce. En el segundo apartado, se analiza la instauración del método de la ciencia como canon inferencial de una buena investigación. Por último, en la tercera sección se expone la coordinación entre la abducción y el pragmatismo dentro de un realismo de sentido común crítico. En las conclusiones se muestran posibles derroteros de investigaciones ulteriores.

Palabras clave: Inferencia, deducción, inducción, abducción, pragmatismo, realismo, investigación.

Abstract: The main objective of the article is to show the way in which the relational whole of the various types of inference in science can provide intelligibility and clarity to the investigation, understanding in this sense reality as the controlled forms of action where the inference of the investigation Scientific controls the consequences in practice. This thesis is an interpretation of the pragmatic maxim that Charles Peirce presented in 1878. The first section of this article shows the relationship between the three types of logical inference: Deduction, Induction, Abduction as a unit that allows efficiency in scientific research within the proposal of the philosopher Peirce. In the second section, the establishment of the method of science as an inferential canon of good research is analyzed, starting from an initial moment of introspection to promote research. Finally, the third section exposes the coordination between abduction and pragmatism within a critical common sense realism. The conclusions show possible directions for further research. Keywords: Inference, deduction, induction, abduction, pragmatism, realism, inquiry.

Keywords: Inference, deduction, induction, abduction, pragmatism, realism, inquiry.

Agradecimiento: Extendido a todos los integrantes de mi comité de evaluación y asesoría de Doctorado.

1. El concepto de abducción en Charles S. Peirce

La búsqueda por la explicación en los procesos de generación y justificación de hipótesis científicas ocupa un lugar muy importante en la literatura contemporánea de la filosofía de la ciencia. A finales del siglo XIX en los Estados Unidos, el filósofo Charles S. Peirce introduce una noción de gran apronta filosófica en relación con las cuestiones mencionadas. En su formulación original el tema de la generación de hipótesis científicas (ahora conocida bajo la nomenclatura de “abducción”) fue propuesta por Peirce como una crítica al solipsismo cartesiano de la Modernidad, e intentó dar respuesta al proceso complejo de la justificación epistémica de la investigación científica.

A manera de introducción podemos referir dos sentidos en los cuales puede ser entendido el amplio concepto de abducción, a saber, como generación (1) y como justificación (2) de hipótesis en ciencia. Cito en extenso la entrada de la Stanford encyclopedia:

En la literatura filosófica, el término “abducción” es usado en dos sentidos relacionados, pero diferentes. En ambos sentidos, el término se refiere a alguna forma de razonamiento explicativo. Sin embargo, históricamente el primer sentido, se refiere al lugar del razonamiento explicativo en la *generación* de hipótesis, mientras que, en el segundo sentido, el cual es usado con mayor frecuencia en la literatura moderna se refiere al lugar del razonamiento explicativo en la *justificación* de hipótesis. En el último sentido, la abducción también se ha dado en llamar “Inferencia a la mejor explicación” (Stanford encyclopedia. 2020).⁹⁵

En el presente artículo me enfocaré principalmente en la elucidación del primer sentido de abducción (el sentido clásico), el lector, conforme avance en la argumentación presentada, notará la pertinencia de dicha preminencia del sentido clásico utilizado para los fines que persigo, los cuales consisten; en proporcionar un modelo que dé cuenta del todo relacional que implica la economía de la ciencia en

⁹⁵ Cfr. Douven, Igor, "Abduction", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/abduction/>>. In the philosophical literature, the term “abduction” is used in two related but different senses. In both senses, the term refers to some form of explanatory reasoning. However, in the historically first sense, it refers to the place of explanatory reasoning in *generating* hypotheses, while in the sense in which it is used most frequently in the modern literature it refers to the place of explanatory reasoning in *justifying* hypotheses. In the latter sense, abduction is also often called “Inference to the Best Explanation”. Traducción propia.

Charles Peirce y hacia las conclusiones, derivar las consecuencias de la inteligibilidad de la inferencia en este autor con una noción de realidad propia del pragmatismo.

En primer lugar, la postulación del concepto de abducción entendido como el proceso de generación de hipótesis científicas obedece a un intento de Peirce por clarificar dicho proceso creativo y dotarlo de un sentido, de una racionalización, en otras palabras, Peirce estaba buscando la “lógica del descubrimiento”.

La siguiente cita tomada de su célebre artículo de 1878 “Deducción, inducción e hipótesis” ejemplifica a la perfección el motivo mencionado, afirma Peirce: “Es una vana ilusión pensar que mediante un chispazo salido súbitamente de nuestras propias mentes podemos alcanzar una preconcepción verdadera de cómo actúa la Naturaleza... Las teorías exitosas no son puras adivinanzas, sino que están guiadas por razones.” (Peirce, 1878. OFR I: p, 243).

La generación de hipótesis en ciencia, si bien no obedece exclusivamente al dominio de la lógica analítica ya que no es una inferencia necesaria como la deducción, al crear nueva inteligibilidad para explicar los eventos que acontecen en la naturaleza el científico se sirve de su amplia formación profesional y hace uso de todo el trasfondo conceptual que ha desarrollado para así, de manera informada, generar un nuevo modelo de explicación en ciencia, el cual da cuenta del descubrimiento localizado en el laboratorio.

En este sentido, los llamados “descubrimientos” en una disciplina determinada están justificados en dos momentos. Primero, como la creación de una serie de inferencias abductivas por parte de un investigador, y segundo, toma importancia su inclusión a un contexto determinado dentro del marco de inteligibilidad que ocasiona la pertinencia a una comunidad científica. Esta idea de conocimiento como colectividad en Peirce es importante ya que para este autor es la comunidad de especialistas quienes reconocen el mérito que un equipo de investigación ha alcanzado en un campo determinado.

El hecho de entender al proceso de generación de hipótesis científicas como un efecto de inspiración y adivinación intuitiva, como un mero generar espontaneo sin conocimiento previo es un error, en la literatura sobre el tema figura la noción de “*serendipity*”⁹⁶ para ejemplificar el carácter espontaneo de

⁹⁶ El término “serendipity” no figura en la Stanford encyclopedia of philosophy. En cambio, el Oxford dictionary .URL =<<https://bidi.uam.mx:5123/view/Entry/176387?redirectedFrom=serendipity,n.>> Oxford English Dictionary> la define como aquel suceso inesperado que acontece de manera afortunada y fortuita, cito “the fact of something interesting or pleasant happening by chance: Meeting her like that, and there of all places, was true serendipity!”.

construcción teórica. Peirce no acepta dicha idea como una explicación que logre justificar la generación de hipótesis, si bien es cierto que la abducción al ser una inferencia de tipo “sintético” no tiene la fuerza de una inferencia de tipo “analítico” como lo es la deducción, en donde la verdad de las premisas se trasfiere de forma necesaria a la conclusión. No por eso la abducción deja de ser una inferencia, a pesar de ser menos contundente que la deducción, al fin de cuentas es un proceso de racionalización, no un adivinar al azar como presupone la serendipia.

La abducción en Peirce representa la explicación del proceso cognitivo que logra modelar la labor racional y creativa de un científico en la generación de hipótesis. En un inicio dicho proceso es postulado por Peirce como la inversión del silogismo deductivo en *Barbara*⁹⁷, para dar forma a una explicación del hecho justo de forma abductiva.

Aunque debo aclarar que si bien, la abducción para nuestro autor es la única forma de razonamiento que permite generar nueva inteligibilidad en la labor científica ante la sorpresa o el ámbito de fenómenos anómalos, no es una forma de razonamiento excluyente, por el contrario, la labor de investigación, “La economía de la ciencia” se constituye desde la articulación armónica de las tres formas de razonamiento, me refiero a la deducción, la inducción y la abducción.

Un ejemplo de cada tipo de inferencia me permitirá ilustrar el punto de correlación entre los diversos tipos de razonamiento:⁹⁸

Deducción

Regla: Toda el agua pura bajo presión se congela a 0 grados.

Caso: el contenido líquido de este recipiente se volvió solido a los 0 grados.

/... Resultado: el contenido de este recipiente es agua pura.

Inducción

Caso: el contenido líquido de este recipiente se volvió solido a los 0 grados.

Resultado: el contenido de este recipiente es agua pura.

/... Regla: Toda el agua pura bajo presión se congela a 0 grados.

⁹⁷ El modo del silogismo deductivo en *Barbara*, tiene la siguiente forma, todo A es B, todo B es C. *ergo* todo A es C. se observa aquí la transición de la premisa mayor A en conjunción con la premisa C a modo de conclusión.

⁹⁸ En lo que sigue, realizo una glosa del ejemplo propuesto por Peirce en “Deducción, inducción e hipótesis”. Cfr. Charles S. Peirce (OFR), FCE .TOMO I, p 235 y ss.

Abducción

Regla: Toda el agua pura bajo presión se congela a 0 grados.

Resultado: el contenido de este recipiente es agua pura.

/... Caso: el contenido líquido de este recipiente se volvió solido a los 0 grados.

Como se observa la inteligibilidad alcanzada es mayor al incorporar y analizar como un “todo relacional” los tres tipos de inferencia propuestos por Peirce en la economía de la ciencia. Si sólo se accede a un tipo de inferencia, privilegiando por ejemplo el razonamiento deductivo sobre la inducción y la abducción, entonces el análisis y el proceso de investigación en ciencia no es completo sino sesgado, sólo la correlación de los tres tipos de inferencia dota a la investigación de una robustez para realizar descubrimientos y generar explicaciones.

De este modo, como primer momento de la serie, se presenta el razonamiento abductivo, el cual propone la explicación y existencia de una serie de eventos en la naturaleza, una vez obtenido el resultado de la abducción mediante una “predicción de forma condicional” (Hookway. 1999, p 240), se pasa así al momento deductivo, el cual tiene por objetivo derivar todas las consecuencias necesarias de la inferencia abducida y en última instancia la inducción implica el *test* que somete a prueba en la experiencia la idea original de la serie.

Como se observa, los tres tipos de inferencia que caracterizan la filosofía de la ciencia en Sanders Peirce, guardan entre sí una conexión de sentido, la cual posibilita el proceso de investigación como una actividad que se encuentra en una revisión para obtener mejores resultados, esto es el método de la ciencia que el autor privilegia sobre otros tipos de caminos para establecer la creencia. Aunque es cierto que existe una diferencia de tipo entre inferencias analíticas y sintéticas, eso no implica una desconexión total de sus elementos. Veamos.

Es pertinente comenzar por observar las similitudes y diferencias entre inducción y abducción, ya que ambos son razonamientos sintéticos (Peirce, 1878. OFR, pp, 234-236). Por una parte, razonar inductivamente significa enumerar de una serie de particulares similares por sumatoria, la conclusión del esquema general al que pertenece la secuencia estudiada. En este caso el razonamiento es de corte “cuantitativo”. En otro momento, la abducción, genera una explicación de casos singulares, de ahí desprende un nuevo tipo de caso. En ese sentido razonar abductivamente significa una ampliación de tipo “cualitativo”, cito a Peirce en extenso:

“La gran diferencia entre inducción e hipótesis es que la primera infiere la existencia de fenómenos como los que hemos observado anteriormente en casos similares, mientras que la

hipótesis supone algo diferente de lo que hemos observado directamente y, con frecuencia, algo que sería imposible, para nosotros observar directamente”.⁹⁹

La economía de la ciencia consta de tres momentos, siendo el proceso de la abducción la parte inicial de la secuencia, pasando posteriormente al ámbito de la inteligibilidad deductiva, es decir el razonamiento más riguroso, para, acto seguido, someter a prueba en la experiencia las consecuencias obtenidas a modo de predicción. En otras palabras, los tres modos de inferencia funcionan como un todo relacional que se retroalimenta e influye constantemente. Barrena ha señalado al respecto “La deducción, que tiene una función explicativa y predictiva, precisa la idea y muestra las consecuencias necesarias de esa hipótesis, mientras que la inducción la evalúa, supone su prueba final” (Barrena. 2003, p 64).

2. Abducción como lógica y método

El motivo principal de la abducción consiste en dar inteligibilidad al proceso de generación de modelos explicativos sobre el comportamiento de la naturaleza, dando como resultado en casos bien logrados, en la instauración de una explicación y el descubrimiento de nuevos fenómenos. Ahora bien, la abducción al ser un tipo de inferencia sintética no cuenta con la forma que ofrece un silogismo deductivo, y al diferenciarse de la inducción tenemos que no sólo aumenta cuantitativamente la semejanza entre eventos de una misma clase, sino que ofrece una ampliación ontológica de orden cualitativo al hacer inteligible nuevos rangos de la experiencia. Pero ¿Es entonces que la abducción no es por completo un concepto que compete al dominio de la lógica al tratarse de un tipo de inferencia sintético? Para contestar esta pregunta debemos entender un componente de la abducción que se relaciona con la introspección.

La abducción puede contar también con factores de otro tipo además de lo meramente abstracto o racional. Estos elementos son un tipo de “introspección”. Barrena ha señalado al respecto “La peculiar naturaleza abductiva convierte al proceso lógico que lleva al descubrimiento — sin dejar de ser lógico— en una peculiar mezcla de diversos factores, *no sólo racionales*, que explican el carácter sorprendente e inesperado del nuevo hallazgo”. (Barrena. 2003, p 61, *cursivas añadidas*).

Para Peirce, con las herramientas deductivas e inductivas la investigación en ciencia no logra construir por completo un modelo adecuado de la naturaleza, es necesaria la intervención de la generación de

⁹⁹ Cfr. Peirce, (CP 2.640). The great difference between induction and hypothesis is that the former infers the existence of phenomena such as we have observed in cases which are similar, while hypothesis supposes something of a different kind from what we have directly observed, and frequently something which it would be impossible for us to observe directly. Traducción propia.

hipótesis mediante la abducción para enriquecer la empresa científica. Empero, abducir implica un momento introspectivo de invención de una buena hipótesis para explicar los eventos que se están considerando durante la investigación.

En un segundo momento debe operar la inteligibilidad al razonar el tipo de inferencia abductiva seleccionada. La pregunta crucial sobre la abducción es ¿De dónde surgen las nuevas *ideas* que desencadenan la secuencia de una abducción? Una manera de responder es que el científico “imagina” la existencia de un fenómeno de tipo con determinadas características y la posible explicación que lo acompañe. Aunque sostengo que la introspección que adopta la imaginación del hombre de ciencia no es un mero proyectar especulativo sin límite definido.

La producción de una buena inferencia abductiva tiene mucho que ver con la “formación” del experimentador y su trasfondo, así como con la categoría de *expertise* en ciencia. A demás para completar el proceso se requiere un método de validación del proceso realizado, como se ha señalado al final del apartado anterior. Y uno de los elementos de validación más importantes con que cuenta el razonamiento científico es que éste se encuentra avalado y juzgado por una comunidad de expertos en la materia.

En Charles Peirce, es claro que no se propone una idea al azar, aunque no puede racionalizarse del todo el momento de generación de una abducción, la respuesta que ofrece nuestro autor es sugerente ya que Peirce postula que debe de existir una especie de “correspondencia” entre el orden de la naturaleza y nuestra conciencia, dicho elemento explicaría por qué algunas de las ideas abducidas tienen éxito, si bien la abducción debe ser completada con las dos inferencias que la acompañan para que se dé en la investigación la economía de la ciencia.

También debemos considerar que el científico cree también en su formulación inicial y así desarrolla su propuesta metodológica. Es importante observar que no todo el razonamiento científico es modelado dentro de una inferencia analítica ¿De dónde vendrían entonces las ideas nuevas en la investigación? sino de una propuesta arriesgada que claro, más tarde será sometida a examen.

En resumen, la idea directriz en la presentación del proceso abductivo es que la generación de hipótesis no ocurre de forma fortuita como un mero adivinar según reclama la consigna del concepto de serendipia. En su lugar, para nuestro autor el desarrollo de construcción hipotético en ciencia obedece a un razonamiento con un momento inicial de *introspección*.

En segundo lugar, si bien se privilegia el razonamiento científico sobre otro tipo de saberes, aunque no está explícito en Peirce, sostengo que no sólo la ciencia es el mejor modo de entender la naturaleza. En cambio, el proceder científico debe estar en sintonía con una sana especulación filosófica para

poder operar de mejor manera, pero ¿En qué consiste un buen razonar filosófico? De entrada, debemos alejarnos de una metafísica arriesgada que se mueva sólo en el dominio de la abstracción, un buen razonar especulativo debe trabajar en conjunto con el ámbito de la “*praxis*” para hacer, una filosofía de la ciencia a escala humana, más allá de la discusión del realismo en sentido metafísico en donde no hay forma de dirimir las disputas inagotable. Sanders Peirce fija su mirada en el significado y efecto en la experiencia de nuestros pensamientos, en la instauración de hábitos de acción mediante las creencias y a esto ha dado en llamar “pragmatismo”. Dicha noción es el tema de la siguiente sección.

3. Pragmatismo en Charles Peirce

En su célebre artículo “Cómo clarificar nuestras ideas” publicado en el año de 1878 Peirce formula la “máxima pragmática”, idea que genera un amplio movimiento filosófico en los Estados Unidos, a través de la difusión y modificación de esta por parte de pensadores como William James y John Dewey. En cada uno de los tres grandes pragmatistas la fundamentación de su postura es distinta “El pragmatismo de Peirce es científicamente elitista, el de James es psicológicamente personalista, el de Dewey es democráticamente populista” (Rescher. 2007, p 133)¹⁰⁰.

El elitismo en Peirce al que refiere Rescher obedece a la instauración del método científico como baluarte y ejemplo canónico de racionalidad en la investigación por encima de otros ámbitos del saber cultural. Aquí aparece una postura que puede interpretarse en clave positivista. En dicho artículo Peirce tiene por objetivo formular el método para alcanzar una claridad más perfecta de pensamiento que el que hasta entonces se defendía bajo las nociones vagas de claridad y distinción propuestas por Descartes en la modernidad. Como señala Hickman “El Pragmatismo clásico reemplazó al programa moderno con una alternativa que fue positiva, detallada, y consistente” (Hikman.2007, p 54).¹⁰¹

En la epistemología de Sanders Peirce existen dos condiciones en la psique humana según el ser humano esté dispuesto a moverse en la sociedad y el nicho urbano al que pertenece. Estos estados son de duda y creencia, esta última genera hábitos de acción. La duda es incertidumbre, en Peirce la ausencia de creencia genera un problema que hace propicio el establecimiento de un programa de investigación para fijar la creencia (*inquiry*), el mejor método para realizar una investigación adecuada es el método de la ciencia, aunque antes de alcanzarlo, las civilizaciones humanas han

¹⁰⁰ Cfr. (Rescher. 2007, p 133) “Peirce’s pragmatism is scientifically elitist, James’s is psychologically personalistic, Dewey’s is democratically populist”. Traducción propia.

¹⁰¹Cfr. (Hikman.2007, p 54). “Classical Pragmatism replaced the modernist program with an alternative that was positive, detailed, and consistent”. Traducción propia.

atravesado por tres métodos que, si bien tienen un mérito característico, sólo en éste último se ve concretizado el despliegue de un buen resultado, ya que la ciencia se encuentra sometida a una exhaustiva y rigurosa revisión.

Son cuatro los métodos que analiza Peirce para dar cuenta del razonamiento humano que establece creencias en diferentes contextos y épocas. Siendo los dos primeros aquellos que corresponden a las creencias que heredamos de la tradición y el ámbito social al que pertenecemos, Aunque cada método tiene cierto alcance, estas formas de pensar serán condenadas por nuestro autor como una especie de conformismo e ilusión en donde no se somete a examen el contenido cognitivo de las ideas que representan. El tercer método es más fructífero, pero no deja de ser una extravagancia del pensamiento ya que no toca la experiencia. Por último, Peirce propondrá el único método capaz de alcanzar el grado de claridad deseado para una buena investigación. A continuación, se describe cada uno de ellos, en orden el que aparecen en su formulación original en el artículo de 1877 “La fijación de la creencia”.

El primer método es el de la “tenacidad”, consiste en asumir una idea o creencia y defenderla hasta sus últimas consecuencias sin cuestionarla. Este método incluye los ideales que mueven las acciones de los individuos de forma acrítica. Como se observa este es un método dogmático ya que acepta la verdad de la creencia adoptada sin someterla a examen.

El segundo método es el de “autoridad”, aquí aparece una imposición de la creencia por parte de una autoridad establecida como el Estado en la Modernidad o la Iglesia en la Edad Media. Peirce observa que este segundo método es el que está presente en la mayoría de las personas durante su vida, ya que el ser humano al crecer en una sociedad determinada hereda una amplia gama de valores y creencias vigentes según los estándares de admisibilidad y convivencia social a la que pertenece. Es interesante notar que aquí, al no cuestionar la autoridad se corre el riesgo de estar en una idea equivocada. Incluso, afirma Peirce que podrían sostenerse ideas falsas durante toda la existencia de las civilizaciones humanas. Es decir, que estos dos primeros métodos son peligrosos ya que inhiben el libre pensamiento.

El tercer método es mejor que los dos anteriores, sin embargo, no alcanza la claridad de pensamiento perseguida por nuestro autor. Me refiero al método “*a priori*” como su definición lo indica no toca la experiencia y es el método en el cual se expresa el pensamiento metafísico. Peirce lo define incluso como una cuestión de “gusto” ya que en él sólo se aceptan las ideas que son agradables a la razón, se obtiene así una filosofía especulativa abstracta que puede llegar a ser atractiva, pero de ningún modo relacionada con la naturaleza. Curiosamente cada uno de los metafísicos piensa a su vez que su

sistema es el correcto y los demás se equivocan. Para Peirce hace falta un método que sea coherente y lo más importante que este en sintonía con la naturaleza, tal método es presentado por el autor como el “método de la ciencia.

El método de la ciencia es aquel que posibilita el consenso en la comunidad de especialistas y hace que la investigación científica se encuentre en armonía con el comportamiento de la naturaleza, aquí encontramos una clara posición realista ya que para Peirce lo real es aquello que existe independientemente de las creencias humanas, en relación con esta idea debo decir dos cosas.

Primero, que, si bien la realidad es independiente de nuestras creencias sobre ella, y en ese sentido pregunta Peirce si es viable cuestionarnos por la existencia de una perla escondida en el fondo del mar de la cual no tenemos noticia de su existencia, responde que lo cierto es que esa perla puede ser pescada mañana. En esta metáfora se observa claramente que la investigación científica permite al hombre actualizar sus creencias en el momento en el que se descubren nuevos fenómenos o eventos en la naturaleza gracias al método de la ciencia, el cual encuentra en el tema que ya se ha expuesto de la inteligibilidad triádica de inferencia su mayor fuerza.

El segundo punto de interés para reflexionar es que el método de la ciencia no es sólo positivista, sino que se refiere al pensamiento en general, lo que interesa a nuestro autor es encontrar la forma para razonar de una mejor manera, para “esclarecer nuestras ideas”. La sola experimentación ciega no ofrece tal resultado, en cambio, la experimentación debe de trabajar en conjunto con una buena especulación para el desarrollo del pensamiento, dicho en otras palabras: ciencia y filosofía deben coordinar para lograr el efecto deseado.

Si la filosofía procede sin la ciencia, entonces tenemos la metafísica del método *a priori*, y si la ciencia se desarrolla sin una buena especulación entonces no hay avance posible en la investigación. Se abre la puerta al escepticismo. El papel del buen razonamiento lo va a ocupar la abducción, de ahí que Peirce sostenga que la abducción es la lógica del pragmatismo. “Si considera cuidadosamente la cuestión, verá que el pragmatismo, no es más que la cuestión de la lógica de la abducción” (Peirce.1903, 5.196).¹⁰²

Debe de haber un nexo entre el pensamiento y la acción, ese lugar será ocupado por la abducción “Esta solución explica una posible conexión entre abducción y pragmatismo: la abducción es una condición necesaria para la verdad del pragmatismo, esto es porque la abducción es un estado

¹⁰² Cfr. (Peirce.1903, 5.196). “If you carefully consider the question of pragmatism you will see that it is nothing else than the question of the logic of abduction”. Traducción propia.

intermedio entre percepción y cognición” (El Khachab. 2013, p 162).¹⁰³En este sentido, abducir permite proponer una explicación a una serie de eventos anómalos en la experiencia y gracias a ella es posible racionalizar la novedad para que lo sorprendente se convierta en lo esperado dentro del marco de inteligibilidad de un modelo científico.

Si sólo construyéramos hipótesis coherentes sin efecto en la naturaleza no podríamos generar conocimiento, es dentro del pragmatismo que es posible evaluar y discriminar el peso de la hipótesis para que, de este modo, logremos realizar modificaciones en la naturaleza. Es momento de analizar la máxima pragmática de Peirce, la cual en su formulación original de 1878 es como sigue:

“Considérese qué efectos, que pudieran concebiblemente tener repercusiones prácticas, concebimos que tiene el objeto de nuestra concepción. Entonces, nuestra concepción de esos efectos constituye la totalidad de nuestra concepción del objeto”.¹⁰⁴

En Peirce existe una relación que se afecta mutuamente entre creencia, hábito y acción, de hecho, la función de un buen pensamiento consiste en generar hábitos de acción. De este modo se entiende que la consecuencia de nuestros razonamientos se verá reflejada en la manera en la que actuamos y nos movemos por el mundo. A este respecto, Aliseda ha señalado “El método propuesto por esta máxima proporciona un principio regulativo para la evaluación de creencias, y sirve como guía para nuestras acciones, y en este sentido es un principio normativo. La máxima pragmática se convierte en la regla para lograr el objetivo más importante de toda la doctrina, es decir “aclarar ideas”. (Aliseda. 2006, p 170).¹⁰⁵

Esta clarificación de ideas que menciona Aliseda se logra mediante la propuesta abductiva de una creencia y al llevarla al contexto de aplicación podemos aquilatar la eficacia de sus “consecuencias” prácticas, según cumpla con estándares de satisfacción previamente establecidos en las expectativas de los efectos observados. Es importante notar que en Peirce la noción de consecuencia derivada de la máxima pragmática es más extensa y potente epistemológicamente hablando que la sola idea de

¹⁰³ Cfr. (El Khachab. 2013, p 162). “This solution explicates one possible link between abduction and pragmatism: abduction is a necessary condition for the truth of pragmatism, because it is an intermediary stage between perception and cognition”. Traducción propia

¹⁰⁴ Cfr. Peirce, 1878. (Reveu philosophique VII, [CP, 5.18]). ““Consider what effects that might conceivably have practical bearing you conceive the object of your conception to have. Then your conception of those effects is the whole of your conception of the object”. Traducción de Darin Mc Nabb. (OFR: I, 180).

¹⁰⁵ Cfr. (Aliseda. 2006, p 170). “The method proposed by this maxim provides a regulative principle for the evaluation of beliefs and serves as a guide for our actions, and in this respect it is a normative principle. The pragmatic maxim becomes the rule to achieve the main aim of the whole doctrine, namely to clarify ideas”. Traducción propia.

“implicación necesaria” en la que se desarrolla la propuesta mecanicista de la Modernidad. Para el pragmatismo según lo postula el autor en una variante elitista de una comunidad de expertos, la ciencia es una práctica noble que encuentra en su método de justificación y autocorrección la admisibilidad o rechazo de ciertas creencias según sean evaluadas por sus méritos entendidos como consecuencias en la práctica.

Surge entonces la pregunta ¿Qué significa en Peirce la realidad en donde nos movemos y que hace visibles los efectos de nuestras creencias? Peirce es un realista en un sentido admisible al sentido común crítico (Peirce. 1905), es decir, para él, habitamos un mundo y cada humano en lo particular, así como grupos epistémicos en lo general tienen creencias justificadas. En este sentido la suspensión del juicio y la duda escéptica cartesiana no tiene cabida dentro de su filosofía, es una duda ociosa. La investigación para Peirce debe comenzar con una duda “genuina” y no podemos dudar de todo, en caso contrario no nos moveríamos, una de las certezas mayor fundamentadas que tenemos es la noción de realidad. En este sentido, dentro del pragmatismo peirceano, la realidad opera como “premisa”, condición *sine qua non* podría desarrollarse una investigación auténtica en ciencia.

Veamos ahora la relación entre abducción, pragmatismo y realismo. En la segunda de sus acepciones, abducir significa razonar, con un móvil de explicación se trata de dar inteligibilidad y orden a los eventos que acontecen en la experiencia, el razonamiento al ser un momento de la lógica ofrece una posibilidad para la creación de un hábito de acción que permite operar con éxito en la experiencia.

El hábito establecido por la creencia abducida no se agota en las acciones que ya han transcurrido en el pasado, sino que se proyecta en una temporalidad futura en forma de una predicción del comportamiento de los eventos en la naturaleza, aquí Hookway resume esta idea de forma clara, cito “El principio pragmatista extrae el significado de una proposición como un conjunto de expectativas condicionales”. (Hookway. 1999, p 240).¹⁰⁶

Al realizar una predicción de tipo condicional, se asume la existencia de regularidades en la naturaleza, aunque si bien, las leyes propuestas en ciencia para explicar el comportamiento legaliforme de lo real no son exactas y existe siempre la posibilidad de que la ley sea refutada (como enseñó David Hume). Peirce muestra la necesidad de asumir los universales (leyes) para el correcto despliegue del razonamiento en la *praxis*. Dicha idea está en contra de la tesis nominalista cuyo argumento central niega la existencia de categorías comprensivas fuera de los individuos o eventos

¹⁰⁶ Cfr. (Hookway. 1999, p 240). “The pragmatist principle unpacks the meaning of a proposition as set of *conditional expectations*”. Traducción propia.

aislados, para el pragmatismo¹⁰⁷ esto es un error “El pragmaticismo de Peirce rechaza el nominalismo y defiende la realidad de los universales. Decir que los universales son reales no es más que decir que las leyes son reales. (McNabb. 2018, p 246).

La visión ontológica de nuestro autor no es ingenua, no postula exclusivamente la continuidad y el orden en la experiencia diciendo que ésta se encuentra gobernada por los universales, en la filosofía de Peirce también existe un papel importante para lo inesperado, para el azar y lo sorprendente con que nos encontramos en nuestro día a día. Sara Barrena resume y explica muy bien dicha dualidad:

En el mundo se combinan la regularidad y el orden —la legalidad— junto con el azar. Para Peirce hay en el universo un principio de azar y espontaneidad (tjismo), que hace que nuestra experiencia sea un flujo y variedad constante, junto con un principio de continuidad (sinejismo), que hace que haya orden y regularidad dentro de la variedad y que permite por tanto que la experiencia sea inteligible.¹⁰⁸

En resumen, el proceso de abducción permite crear un vínculo entre nuestra cognición y nuestra percepción. Dando como resultado una predicción de forma condicional que modela la conducta, la cual es sometida a validación en la experiencia. La naturaleza en donde acontecen los eventos controlados por una medida de azar en combinación con la legalidad de la ley, es el mundo en donde nuestras creencias tienen efectos visibles, esto es el significado del pragmatismo según nos indica la máxima pragmática.

En la precisión de la máxima que realiza Peirce en su ahora llamado “pragmaticismo” de 1905, se observa una influencia de la realidad en la conducta humana, es la experiencia en donde se despliega y se observan los efectos pragmáticos de nuestra comprensión de un concepto. El todo de la concepción de los efectos de un concepto, adopta la forma de una expectativa de forma condicional en el futuro. Cito a Peirce:

Aquello que una proposición verdadera afirma es *real*, en el sentido de ser como es con independencia de lo que usted o yo pensemos de ella. Si esa proposición es una proposición condicional general con respecto al futuro, entonces es un general tal

¹⁰⁷ En 1905 Peirce publica un artículo titulado “Temas del pragmaticismo” en donde acuña un nuevo término al concepto de pragmatismo, da una orientación extendida y ofrece una interpretación más detallada de su postura original para diferenciarla de la tergiversación que habían hecho de la máxima pragmática pensadores como William James.

¹⁰⁸ Cfr. Barrena. S. *La razón creativa. Crecimiento y finalidad del ser humano según C.S. Peirce*. RIALP. Navarra. España. 2012, p 65.

y como es calculado para *influir* realmente en la *conducta humana*, y eso es lo que el pragmático sostiene que es el significado *racional* de todo concepto.¹⁰⁹

Es importante notar que el pragmatismo en nuestro autor no se limita a la conducta humana, dando importancia sólo a la “acción”, como se colige en la cita expuesta el significado “racional” ocupa un papel notable en la concepción pragmática peirceana. Por último, debemos considerar componente esencial de la propuesta de Peirce es la noción de “contexto” más allá de las categorías de corte absoluto propias de la modernidad, la *praxis* científica se desarrolla en contextos determinados históricamente.

En este sentido, arguyo que el saber de determinada época depende en gran medida del ámbito social y cultural en el cual se gesta. Aquí surge una tensión con el resto del planteamiento perciano ya que por un lado afirma que la “verdad” es aquel objeto representado por la investigación guiada en el método científico, y por otro lado está la limitación del contexto. Para dirimir la dicotomía es necesario abordar su compleja concepción de “realidad” con mayor detenimiento.

Conclusiones

Lo que se ha argumentado, tuvo el propósito de mostrar con claridad la conexión de la inteligibilidad triádica de inferencia en Sanders Peirce como un todo relacional que da cuenta del complejo proceso de investigación en ciencia, el cual se inicia siempre con una duda genuina, y así, mediante dicha *inquiry* el hombre de ciencia actualiza sus creencias pasando de un estado de duda a una certeza, aunque ésta última puede ser provisional.

La aportación original que Charles Peirce realiza a la máxima de 1877, a través del ahora llamado “pragmatismo” es un ajuste en donde los ideales de la razón se coordinan con la acción gracias a un adecuado desarrollo inferencial en la investigación. De éste modo la acción del agente epistémico se evalúa por sus consecuencias en la *praxis*. De ahí que las comunidades de especialistas puedan juzgar el peso axiológico de un concepto. En Peirce, la epistemología se complementa con la ética, ya que reconoce la necesidad de actuar en el mundo de acuerdo a ideales de la razón como la “Justicia y la verdad” para el bienestar general en la sociedad. (Peirce, 1905, OFR, p 424).

El método de la ciencia que privilegia Peirce para el desarrollo de una buena investigación, no es una abstracción metafísica sino una guía en los procesos inferenciales en donde el “laboratorio” es un buen espacio para poner a prueba las abducciones generadas desde la originalidad de un agente

¹⁰⁹Cfr. Peirce. OFR II, 1905, p 424. *Cursivas añadidas.*

epistémico formado dentro de una tradición de investigación. Aquí la relevancia de la hipótesis será juzgada según el contexto de la investigación.

No queda más que señalar el carácter inacabado del presente artículo. Una buena manera de continuar con el análisis y síntesis del método pragmaticista de Charles Peirce, consistirá en aplicarlo a ciencias específicas como el caso de la biología celular, de este modo se enriquecería la ontología científica realizando filosofía de la ciencia desde casos específicos y contextos bien acotados de investigación.

Lugar que ocupa mi Tesis en los estudios sobre filosofía de la biología y pragmatismo contemporáneos:

Mi tesis es una propuesta de filosofía de la biología que ostenta una ontología de procesos en base a una lectura detenida de la máxima pragmática de Charles Peirce (1878), en este sentido, el primer libro de interés en relación a mi trabajo es: *Entangled Life Organism and Environment in the Biological and Social Sciences*. (2014) Springer. Editado por Gillian Barker, Eric Desjardins, Trevor Pearce. En el libro se ofrece una serie de artículos muy bien logrados, principalmente sobre el tema de la relación organismo-entorno, la cual es una de las tres integraciones que constituyen el núcleo argumental de mi tesis de “construcción natural”. El mismo Trevor Pearce ha seguido trabajando en esa línea de esta integración hasta fecha reciente (2020).

La segunda compilación de ensayos con la que mi tesis establece un nutrido diálogo, es la compilación de Daniel J. Nicholson y John Dupré: *Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology*. Oxford University press (2018). En particular, esta serie de ensayos me permitió establecer los límites y posibilidades de mi propia ontología de procesos en relación con estudios de avanzada que también hacen ontología de procesos, en especial los trabajos de James Dí Frisco, Nuño de la Rosa, y los mismos editores Nicholson y Dupré.

Un trabajo más enfocado al pragmatismo derivado de la máxima pragmática de Peirce, es el libro de David Plowright: *Charles Sanders Peirce. Pragmatism and Education*. Springer (2016). En esta obra, Plowright utiliza la máxima de Peirce como herramienta de análisis para proponer una filosofía de la pedagogía en la enseñanza de la filosofía y las humanidades en general, con la propuesta de este autor, se observa cómo es posible plantear un pragmatismo basado en Peirce para ampliar las ramas de la investigación en filosofía, en este caso en filosofía de la educación.

La obra contemporánea con la cual mi tesis comparte premisas básicas, es el libro de Hasok Chang: *Realism for Realistic People: A New Pragmatism Philosophy of Science*. Cambridge (2022). En dicha obra, Hasok propone la noción de “*operational coherentia*” para mostrar un realismo derivado del pragmatismo clásico norteamericano, con el cual crítica la noción de verdad y realidad

inflacionaria de la metafísica tradicional en la filosofía analítica. En este notable ejercicio filosófico, Hasok, plantea el tema de la realidad en términos de prácticas humanas sofisticadas, en donde la ciencia ocupa un lugar central. Como se mostrará, la posición de Hasok es cercana a mi propia propuesta, ya que en ambas tesis se concluye un “realismo pragmatista de sentido común crítico”.

En cuanto a los estudios en lengua castellana, se encuentra el trabajo de López Gómez “Teoría del Actor-Red: Un pragmatismo contemporáneo” Daniel López Gómez y Francisco J. Tirado (2012), este es un artículo en donde los autores realizan una lectura del pragmatismo en general desde el marco interpretativo de la teoría del actor red de Latour. En esta misma línea se encuentra la tesis doctoral de César Prestel, él hace una ontología, pero no una ontología de procesos, sino que al igual que López y Tirado, Prestel utiliza la teoría del actor red para interpretar el estudio de caso de bioquímica contemporánea. La tesis de Prestel puede seguirse en su artículo: “El sensor fluido, la narrativa de una etnografía de laboratorio” (Dialnet. 2011).

Un filósofo que se ha ocupado en promover y divulgar la discusión realista en la tradición analítica, es el Dr. Antonio Diéguez Lucena, de la Universidad de Málaga, su labor se ha hecho patente desde la década de los 90’s hasta la actualidad, en fecha reciente (2020) se encuentra su participación con un artículo titulado “Realismo ¿recuperado?” publicado como capítulo 5 en el libro de Alejandro Rojas (ed.), *New Realism in the World Picture Age*, Madrid: Apeiron, 2020, pp. 71-96. El doctor Lucena, es un importante experto en la materia del realismo científico, y del realismo en biología, en este último tópico también es de interés su libro “*La vida bajo escrutinio*”. Barcelona, 2012.

Bibliografía

Aliseda, A. *Abductive Reasoning. Logical Investigations into Discovery and Explanation*. Dordrecht: Springer, 2006.

Amstrong, D. 1988: *Los universales y el realismo científico*, IIF-UNAM, México.

Anderson, A. 1986 “The Evolution of Peirce's Concept of Abduction” in *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, Vol. 22, No. 2 Spring. pp. 145-164 Published by: Indiana University Press.

Barrena. S. *La razón creativa. Crecimiento y finalidad del ser humano según C.S. Peirce*. RIALP. Navarra. España. 2012, 284 pp.

- Button, T.** 2013: *The limit of realism*, Oxford University. Press, Oxford.
- Chakravartty, A.** 2017: *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Diéguez L, A.** (2012) *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Biblioteca Buridán, Málaga, España, 349 pp.
- El Khachab, C.** 2013 “The Logical Goodness of Abduction in C. S. Peirce's Thought” in Transactions of the Charles S. Peirce Society, Vol. 49, No. 2, pp. 157-177.
- Fine, A.** 1998: “Scientific Realism and Antirealism,” in E. (ed.), Routledge Encyclopedia of Philosophy, Vol. 8. pp. 581-584, London: Routledge.
- French, S.** 2014: *The Structure of the World. Metaphysics and Representation*. Oxford. United Kingdom. 394 pp.
- Hickman, A.** *Pragmatism as Post-Postmodernism* Book Subtitle: Lessons from John Dewey Book Author(s). Published by: Fordham University Press. (2007).
- Hookway, C.** *Peirce, the Arguments of the Philosophers*. Routledge. Londodn and New York. 1999.
- Laudan, L.** 1981: “A Confutation of Convergent Realism,” *Philosophy of Science* 48: 19-48.
- Martínez, S.** 1994. “Realismo interno versus realismo contextual. El caso de la mecánica cuántica”, *Revista latinoamericana de filosofía*, vol. XX, no. 1, mayo 1994, pp. 53–62
- Mc Nabb, D.** 2018. *Hombre, signo y cosmos*. FCE , México. 306 pp.
- Mizrahi, M.** 2013: “The Argument from Underconsideration and Relative Realism”, *International Studies in the Philosophy of Science*. 27 (4): 393–407.
- Peirce, C. S.** (CP) *Collected Papers of Charles Peirce*, vols. 1-6, 1931-1935, Charles Hartshorne y Paul Weiss (comps.) vols. 7-8, 1958 Arthur W. Burks (comp.), Harvard University Press, Cambridge (EUA).
- Peirce, C. S.** [CP] *Collected Papers*, Harvard U.P. 1931-1958, Ed. Electrónica, Intelelex Corp. 1992
- Peirce, C. S.** (OFR) *Obra filosófica reunida* (2 tomos), Nathan Houser y Christian Kloesel (eds.), Darin McNabb (trad.9, revisado por Sara Barrena y Fausto José Trejo (revs.)), México, FCE, 2012.

Putnam, H. 1995. "Pragmatism" in *Proceedings of the Aristotelian Society, New Series, Vol. 95*, pp. 291-306 Published by: Oxford University Press on behalf of The Aristotelian Societ.

Rescher, N. 2007. "Pragmatism" in *The Edinburgh Companion to Twentieth-Century Philosophies*. Published by: Edinburgh University Press.

Walton, D. *Abductive Reasoning*. THE UNIVERSITY OF ALABAMA PRESS Tuscaloosa. eBook edition published, 2014.