

rcfc

REVISTA COLOMBIANA DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

2020 julio - diciembre

ISSN: 0124-4620



UNIVERSIDAD
EL BOSQUE

Departamento de humanidades
Programa de Filosofía
Maestría en Filosofía de la Ciencia

rcfc

REVISTA COLOMBIANA DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Indexada en
Philosopher's Index
Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (RedALyC)
Emerging Sources Citation Index (ESCI)
Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB)
Directory of Open Access Journals (DOAJ)



UNIVERSIDAD
EL BOSQUE

Departamento de Humanidades
Programa de Filosofía
Maestría en Filosofía de la Ciencia

© Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia

ISSN: 0124-4620 ISSN: 2463-1159. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41>

2020 julio – diciembre

Editor: Edgar Eslava

Editor Asistente Ana Isabel Mendieta

Asistente Editorial Andrés Felipe Montañez

Comité Editorial Gustavo Caponi, *Universidad Federal de Santa Catarina*. Gustavo Silva *Universidad Nacional de Colombia*. José Luis Cárdenas, *Universidad El Bosque*. Flor Emilce Cely, *Universidad El Bosque*. William Duica, *Universidad Nacional de Colombia*. Edgar Eslava, *Universidad Santo Tomás De Aquino*. Olimpia Lombardi, *Universidad de Buenos Aires*.

Comité Científico Ivana Anton Milinar *Universidad de Cuyo, Argentina*. Rafael Alemañ, *Universidad Miguel Hernández, España*. Eugenio Andrade, *Universidad El Bosque*. Alfredo Marcos, *Universidad de Valladolid, España*. Nicholas Rescher, *Universidad de Pittsburg, EE.UU.*

Fundador Carlos Eduardo Maldonado, *Universidad El Bosque*

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Rectora María Clara Rangel Galvis, OD, MSC, PHD

Vicerrectora Académica Rita Cecilia Plata de Silva

Vicerrector Administrativo Francisco José Falla Carrasco

Vicerrector de Investigaciones Miguel Ernesto Otero Cadena, MD

Director del Departamento de Humanidades Camilo Duque Naranjo

Directora del Programa de Filosofía Ana Isabel Rico Torres MSc

Director de la Maestría en Filosofía de la Ciencia Eugenio Andrade MG

Corrección de estilo Grupo GRAT

Concepto, diseño, diagramación y cubierta Centro de Diseño y Comunicación

Solicitud de canje Universidad El Bosque, Biblioteca – Canje, Bogotá - Cundinamarca - Colombia, biblioteca@unbosque.edu.co

Suscripción anual Colombia: \$20.000. Latinoamérica: US\$20. Otros países: US\$40

Suscripción electrónica Para recibir dos números al año solicitar el formulario de suscripción al correo revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Correspondencia e información Universidad El Bosque, Departamento de Humanidades, Cra. 7B # 132-11, Tel. (57-1) 258 81 48, revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacionales S.A.

No 2015 - 280 4-72, vence 31 de Dic. 2019



Línea de atención al cliente:
(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional
www.4-72.com.co

El servicio de *envíos*
de Colombia



CONTENIDO

El concepto evolucionario de *linaje*

Gustavo Caponi (Brasil)

11

Sobre el lenguaje matemático, la filosofía y la evolución del Tratado elemental de química

Brandon Smith Martínez Costa (Colombia)

41

De la Filosofía de la Tecnología a la Filosofía de la Ingeniería

Orlando López-Cruz (Colombia)

63

¿Qué es la tecnociencia? Tecnociencia, poder y entorno

Alonso Nava Amezcua (México)

113

Ludwik Fleck: la teoría de los estilos de pensamiento y de los colectivos de pensamiento

Carolina García Sánchez (Colombia)

147

Repensar la acción intencional desde la cognición situada: estados mentales asociativos

Martín Echeverri (Colombia)

169

Filosofía de la ciencia del cambio climático: modelos, problemas e incertidumbres

Carlos M. Madrid Casado (España)

201

Algunas reflexiones filosóficas a propósito del coronavirus: la polémica Han-Harari y el problema ontológico el Covid-19

Juan Manuel Jaramillo (Colombia)

235

Indicaciones para los Autores

259

CONTENIDO

The Evolutionary Concept of Lineage <i>Gustavo Caponi (Brasil)</i>	11
On the Language of Mathematics, Philosophy and the Evolution of the Elementary Treatise of Chemistry <i>Brandon Smith Martínez Costa (Colombia)</i>	41
From Philosophy of Technology to Philosophy of Engineering <i>Orlando López-Cruz (Colombia)</i>	63
What is Techoscience? Technoscience, Power and Environment <i>Alonso Nava Amezcua (México)</i>	113
Ludwik Fleck: The Theory of Thinking Styles and Thinking Collective <i>Carolina García Sánchez (Colombia)</i>	147
Rethink Intentional Action from Situated Cognition: Associative Mental States <i>Martín Echeverri (Colombia)</i>	169
Philosophy of Climate Science: Models, Problems and Uncertainties <i>Carlos M. Madrid Casado (España)</i>	201
Some Philosophical Reflections About the Coronavirus: the Han-Harari Controversy and the Ontological Problem of Covid-19 <i>Juan Manuel Jaramillo (Colombia)</i>	235
Instructions for Authors	263

EL CONCEPTO EVOLUCIONARIO DE LINAJE*

The Evolutionary Concept of Lineage

GUSTAVO CAPONI
Universidad Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Brasil.
gustavoandrescaponi@gmail.com



RESUMEN

Los linajes evolutivos son poblaciones darwinianas o grupos monofiléticos compuestos de poblaciones darwinianas, o demes, que se derivan de una población darwiniana fundacional o de la fracción de una población darwiniana. El hecho de que esas poblaciones y fracciones de poblaciones sean consideradas como demes implica que en ellas puedan registrarse procesos microevolutivos tales como selección natural, selección sexual, deriva genética, migración y mutaciones genéticas. La derivación que va de una población ancestral a una población que de ella se origine es algo real, porque los individuos del stock inicial de la población derivada guardan vínculos de filiación con los individuos de la población primitiva.

Palabras clave: evolución; filiación; monofiletismo; población; taxón; reproducción.

* Este artículo se debe citar: Caponi, Gustavo. "El concepto evolucionario de linaje". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 11-39. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3380>

ABSTRACT

Evolutionary lineages are, either Darwinian populations, or monophyletic group composed of Darwinian populations, or *demes*, that are derived from a foundational Darwinian population, or from a portion of a Darwinian population. That these populations, and portions of populations, are considered as demes implies that they can register microevolutionary processes such as natural selection, sexual selection, genetic drift, migration and genetic mutation. The derivation that goes from an ancestral population to a population that originates from it, is something real; because the individuals of the initial stock of the derived population have material links of filiation with the individuals of the primitive population.

Keywords: evolution; filiation; monophyly; population; taxon; reproduction.

1. INTRODUCCIÓN

Con Darwin (1859)¹ la taxonomía biológica comenzó a ser entendida, por lo general, y con mayor o menos rigor, como filogenia.² En ese marco, los diferentes taxones pasaron a ser considerados como linajes y no ya como clases, naturales o artificiales, que pudiesen delinarse en virtud de afinidades morfológicas, organizacionales o de alguna otra naturaleza. Asumiendo esa perspectiva filogenética, expresiones como *Felis leo* y *Vertebrata* ya no designarían clases a la cual pertenecerían todos los

¹ Sobre este punto la literatura secundaria es unánime. Como ejemplos, véase: Hennig (1968), Eldredge y Cracraft (1980), Mayr (1998), Tassy (1998), Llorente (1998), Le Guyader (2003) y Richards (2009).

² Con esto quiero aludir a la sistemática filogenética (Hennig 1968; Eldredge y Cracraft 1980), pero también a la clasificación darwiniana tradicional propugnada por Simpson (1945, 1961) y Mayr (1998). Lo mismo se aplica, además, para los enfoques que los evolucionistas del siglo XIX, como Haeckel (1847), Gaudry (1878) y Ameghino (1915), le dieron a las clasificaciones que ellos desarrollaron (Tassy 1998; Caponi 2017).

animales que comparten ciertas características particulares. En lugar de eso, ambos términos, al igual que todos los nombres de subespecies o de especies, y que todos los nombres de taxones superiores, pasarían a ser pensados como designaciones de entidades concretas producidas por la evolución y sujetas, ellas mismas, a cambios evolutivos, e incluso a la extinción. Puede decirse incluso que el linaje es el locus, o el paciente, privilegiado del cambio evolutivo: son ellos los que evolucionan. Anagénesis, cladogénesis, evolución del área geográfica y extinción son cosas que les ocurren a los linajes. Sin embargo, a pesar de su centralidad ontológica para la biología evolucionaria, la noción de linaje está lejos de tener contornos bien delimitados.

Esto es así porque esta noción es una especificación de otra más general, precientífica y no claramente delimitada, que puede usarse para referirse a entidades muy diferentes de aquellas a las que esta alude dentro de la biología evolucionaria. Además, aún dentro de las propias ciencias de la vida, el término puede emplearse de una manera diferente de aquella que se da en la biología evolucionaria. Por eso, para que la noción evolucionaria de linaje quede bien delimitada, es necesario que pueda ser claramente distinguida de otros posibles significados que el término “linaje” puede adoptar. Mi objetivo, por lo tanto, es caracterizar los linajes evolutivos como poblaciones darwinianas (demes) o como grupos monofiléticos de tales poblaciones, considerando que dichas poblaciones, al igual que las especies, también pueden pensarse como grupos monofiléticos. Luego, para delimitar la noción de población darwiniana, y la propia noción evolucionaria de linaje, apelaré a la distinción entre reproducción ontogenética y reproducción malthusiana. Por último, me referiré a la relación progenitor-progenie, que es el vínculo constitutivo de los linajes.

2. PRIMERA APROXIMACIÓN A LA NOCIÓN EVOLUCIONARIA DE *LINAJE*

Las diferentes definiciones de la noción evolucionaria de *linaje* indican que esta carece de contornos bien delimitados. Douglas Futuyma, por ejemplo, la caracteriza como una “serie temporal de poblaciones que guardan relaciones de ancestro-des-

endencia” (2005 549) y dice que la palabra “usualmente alude a única especie en evolución”, pero que también puede referirse a “múltiples especies que descienden de un ancestro común”. Por su parte, Alan Templeton la asocia a una única población. Para él, un *linaje evolutivo* es “una población que mantiene una continuidad genética y una unidad durante muchas generaciones debido a que hay muy poco o ningún intercambio reproductivo con otras poblaciones” (2018 448). Mientras tanto, Stanley Salthe considera que el término es equivalente de grupo monofilético. Para él, en el contexto de la biología evolucionaria, un linaje es “la extensión en el tiempo de una serie de especies que han descendido de una única forma ancestral” (Salthe 1985 296). Así, mientras Salthe entiende que la noción de linaje es solo aplicable a taxones supraespecíficos. Templeton se posiciona en el otro extremo y afirma que solo es aplicable a una única población con la condición, incluso, de que ella evolucione de forma preponderantemente aislada. Futuyama, por su parte, entiende que la noción de linaje se aplica tanto en el nivel supraespecífico como en el subespecífico.

Podría decirse, por eso, que la definición de Futuyama se adecúa más al uso que la mayor parte de los biólogos evolucionarios efectivamente hacen de ese término. En lo que a eso atañe, las definiciones de Salthe y Templeton son, ambas, demasiado restrictivas; mientras que la de Futuyama parece abarcarlas. Sin embargo, aunque creo que efectivamente es así, también hay que decir que esta última es demasiado equivoca y confusa. Lo es porque si por “serie temporal de poblaciones que guardan relaciones de ancestro-descendencia” se entiende una “única especie en evolución”, entonces, por debajo de la especie no cabría distinguir sublinajes, como podrían ser las subespecies. Además de eso, en lo atinente al propio nivel de la especie, la definición de Futuyama parece dar entender que, considerada en su evolución, una especie es una serie lineal de poblaciones. Eso nos llevaría a pensar que, entendida diacrónicamente, a lo largo de su evolución, una especie sería una sucesión de poblaciones, una línea sin bifurcaciones en la que dados cualesquiera dos eslabones X y Z , X es ancestro, mediano o inmediato de Z , y este es su descendiente o Z es ancestro de X , y este es su descendiente mediano o inmediato. El correlato sincrónico de esta situación sería una especie compuesta por una única población que va cambiando a lo largo de las generaciones.

Eso, claro, podría ocurrir, pero por lo general una especie, sincrónicamente considerada, se compone de varias poblaciones. Por ese motivo, es más fácil entender las especies como colectivos de poblaciones que están insertas en diferentes comunidades ecológicas (Eldredge 1985, 1996). Pero además de que eso ya supondría hablar de varias poblaciones que coexisten, también podríamos estar forzando el modo en que el término metapoblación es usado. En el diccionario de Lincoln et ál., este se define como “grupo de poblaciones parcialmente aisladas pertenecientes a la misma especie” (2009 388). No se excluye, por lo tanto, que una especie se componga de varias metapoblaciones; y, si proyectamos diacrónicamente ese colectivo de poblaciones, y de metapoblaciones, nos encontramos con una situación en la que se rompe la transitividad y linealidad de la relación ancestro-descendiente, que está implícita en la formulación de Futuyma, que es, por otra parte, la situación que todos reconoceríamos como la más frecuente.

Allí, dos poblaciones, X y Y , pueden haber derivado de una misma población ancestral W sin guardar relaciones de ancestro-descendencia entre ellas, lo cual es válido para todas las poblaciones que pudiesen escindirse de X y Y : no guardarían relaciones de descendencia entre ellas, aunque todas compartirían ese ancestro común que es W . Como ocurre entre las especies *Homo sapiens* y *Pan troglodytes*, que comparten un ancestro común, pero no tienen relaciones de ancestro-descendencia entre ellas. Nosotros no somos ni ancestros, ni descendientes de los chimpancés, pero consideramos que somos parte del mismo linaje. Lo que contradice la definición de linaje que Griffiths y Sterelny proponen en el glosario de *Sex and Death*, según la cual este es “una secuencia de ancestros y descendientes” o de “progenitores y progenie” (1999 387). Esta incurre en el mismo error que estamos señalando en la definición de Futuyma. Lo que es incompatible con la idea de que, en la taxonomía biológica actual, los taxones son pensados como linajes.

Es claro, sin embargo, que Futuyma no ignora nada de eso. Pero es por eso mismo que cabe preguntarse por qué su delimitación de la noción de *linaje* acaba siendo tan confusa; y creo que hay una respuesta para eso: él está intentando esquivar una cuestión que quizá no precisaba discutir, pero que aquí no podemos dejar de enfrentar. Aludo a la posibilidad de proyectar la noción de monofiletismo en las

especies. Futuyma se vale de dicha noción para definir los linajes supraespecíficos, caracterizándolos como “múltiples especies que descienden de un ancestro común”, pero no dice nada semejante en el caso de las propias especies: no dice que estas últimas puedan ser entendidas como linajes compuestos por múltiples poblaciones que derivan, mediata o inmediatamente, de una única población, o metapoblación, que sería el ancestro común de todas las demás. Y no lo hace, me atrevo a decirlo, porque sabe que eso sería problemático.

Rectificando cierta imprecisión en una definición de monofiletismo previamente ofrecida por Ernst Mayr (1942), Hennig estableció que el calificativo “monofilético” debía predicarse de “un grupo de especies que descienden de una única especie (original), y en el cual aparecen a la vez reunidas todas las especies que son descendientes de esta especie original” (1968: 98). Mucha de la más reputada literatura especializada, incluyendo ahí al propio Futuyma (2005), ratifica esa delimitación del concepto (Brandon & Mishler 1996).³ Entretanto, esta parece imponernos una restricción: la noción de *monofiletismo* solo debe aplicarse a taxones supraespecíficos (Hennig 1968), y por eso no puede utilizarse en el caso de la propia especie (Eldredge & Cracraft 1980). Si Futuyma hubiese dicho que las especies podían ser entendidas como linajes compuestos por múltiples poblaciones que derivan, mediata o inmediatamente, de una única población, o metapoblación, él hubiese tenido que desacatar esa restricción, y posiblemente no le interesaba entrar en la polémica que eso suscitaría.

Hennig (1968) no ignoraba que las especies podían constituirse por hibridación de especies diferentes. Aunque aún ponía en duda de que eso pudiese ser así en el caso de los animales, lo asumía como establecido en el caso de las plantas. Y eso podía considerarse como una forma de polifiletismo, quizá de difiletismo⁴ (Brandon & Mishler 1996). Un polifiletismo que, de todos modos, no menoscabaría el mo-

³ Véase también Tassy (1998), Griffiths y Sterelny (1999), Le Guyader y Lecointre (2001), y Wiley y Lieberman (2011).

⁴ “Difilético: que se deriva de dos linajes ancestrales comunes” (Lincoln *et al.*, 2009).

nofilietismo de los grupos al que esas especies pertenecen y que tampoco sería óbice para poder considerar como monofilético al grupo de especies que pudiese resultar de dicha especie (supuestamente) “polifilética” (Hennig 1968). Al fin y al cabo, mono o polifilética, esa especie sería una, y eso determinaría el carácter monofilético del grupo que pudiese generarse a partir de ella. Hoy, además, es sabido que la especiación por hibridación también puede ocurrir en animales, como suele darse entre los pinzones de Galápagos (Grant & Grant 2008), e incluso habría que considerar ese fenómeno que, siguiendo a Lynn Margulis (1992), podría caracterizarse como especiación por simbiogénesis.⁵ Por eso, si se tienen en cuenta esos fenómenos, puede parecer conveniente definir el monofilietismo como una condición solo válida para delimitar linajes supraespecíficos, dejando que las especies se delimiten en virtud de otras consideraciones.

3. EL PROBLEMA DEL MONOFILETISMO

También es importante subrayar que, en el momento de redactar sus *Elementos de sistemática filogenética*, Hennig operaba con un concepto de polifiletismo no muy bien delimitado. Fue esa imprecisión, que de hecho no se despejó inmediatamente (Eldredge & Cracraft 1980; Panchen 1992), lo que permitió que él estableciese esa equivalencia entre polifiletismo y ancestralidad doble, la misma que hoy, conforme lo veremos un poco más abajo, ya no se aceptaría como definición de polifiletismo. En la sistemática filogenética actual, esa noción ganó contornos un poco más claros. Conforme su entendimiento más corriente, los grupos polifiléticos se componen de descendientes de uno o más ancestros no incluidos en ellos,⁶ siendo que, por

⁵ El origen de los eucariontes a partir de simbiosis entre procariontes es el ejemplo clásico de simbiogénesis (Margulis & Sagan 2008; Salgado & Arcucci 2016).

⁶ Véase Ghiselin (1997), Le Guyader y Lecointre (2001), Mai *et al.* (2001), y Wiley y Lieberman (2011).

lo general, se considera que esos ancestros se encuentran a más de dos eventos de especiación del grupo en cuestión (Griffiths & Sterelny 1999). Ese sería el caso de un agrupamiento (no natural) como el que reuniría a todos los animales homeotermos: el ancestro común de mamíferos y aves fue un ignoto y humilde lagarto poiquiloterma que también es ancestro de otros lagartos poiquilotermos (Wiley & Lieberman 2011). El ancestro común de todo ese grupo no se incluye en este último y se encuentra a una distancia de más de dos eventos de especiación de cualquier homeoterma que queramos considerar, condición, esta última, que no es satisfecha en el caso de las especies surgidas por hibridación o simbiogénesis.

Si solo se considera el requisito relativo de la exclusión de los ancestros del grupo, las especies resultantes de esos procesos parecen poder ser catalogables como grupos polifiléticos, pero, si se considera la relación inmediata que ellas guardan con esos ancestros, ese rótulo parece no caber. Entiendo, de todos modos, que hay otras razones más importantes para no considerar como grupo polifiléticos a las especies surgidas por hibridación o simbiogénesis. La primera de ellas es que, en la sistemática filogenética, un grupo polifilético se considera un grupo no natural, no real (Griffiths & Sterelny 1999; Wiley & Lieberman 2011), y no creo que nadie quiera atribuirle esa condición a una especie, sea cual sea el proceso que la originó.

La segunda, y la más fuerte de las razones para negar el polifiletismo de las especies surgidas por hibridación o simbiogénesis, reside en la simple posibilidad de sostener su monofiletismo. Dada una especie Z surgida de la hibridación de individuos de dos especies diferentes, X y Y, se puede afirmar que el ancestro común de todas las poblaciones de Z no es otro que la primera población, o metapoblación, resultante de esa hibridación, siendo a partir de ahí que las demás poblaciones de Z se habrían originado. Esto también es válido para el caso de la simbiogénesis y para cualquier otra forma de especiación.

De hecho, las reservas y las vacilaciones de Hennig, y de algunos seguidores suyos, en lo atinente al carácter monofilético de las especies no siempre fueron tenidas en cuenta. Piénsese, por ejemplo, en el concepto filogenético de especie conforme es entendido por Brent Mishler y Edward Theriot (2000). Según estos autores, la especie sería el menor grupo monofilético diagnosticable y el ancestro común

exclusivo de ese grupo sería la hipotética población fundadora de la especie (Mishler & Theriot 2000). Idea, esta última, que Mario Zunino y Claudia Palestrini (1991) ya habían enunciado, aunque suscribiendo otro concepto de especie. Según ellos:

Quando una fracción de un conjunto poblacional unitario empieza a evolucionar independientemente de las demás poblaciones del mismo conjunto, se convierte en el ancestro tan solo de sus propios descendientes filogenéticos, y no de los descendientes de la restante parte del conjunto original (87).

Sin embargo, es claro que afirmar ese monofiletismo de la especie supone ampliar las definiciones más estrictas del monofiletismo. Esta ya no se atribuiría en virtud de la referencia a una especie, sino de la referencia a una población. Lo que no parece ser muy difícil de entender, o de concebir: en la literatura vigente no faltan definiciones de monofiletismo que aluden a un ancestro hipotético común exclusivo, sin especificar su rango taxonómico.⁷

Sabemos que no podría tratarse de un taxón supraespecífico, porque entonces ya estaríamos hablando de polifiletismo,⁸ pero eso no ocurre si, a la manera de Zunino y Palestrini, localizamos dicho ancestro en la población, o metapoblación, fundadora de una especie. Y aún podría haber la posibilidad de ir hasta un nivel inferior, al de la población, tal como lo hacen Robert Brandon y Brent Mishler (1996) cuando, al afirmar el carácter monofilético de las especies, definen un *taxón monofilético* diciendo que se trata de “un grupo que contiene todos, y solamente, los descendientes de un ancestro común, originado en un evento único”. Para ellos, ese ancestro puede ser un único ser vivo individual que se reproduce de forma asexual;

⁷ Así lo hacen Abercrombie *et ál.* (1957), Grande y Rieppel (1994), Ghiselin (1997), Le Guyader y Lecointre (2001), Le Guyader (2003) y Mai *et ál.* (2005).

⁸ La definición de grupo monofilético que da el diccionario de Lincoln *et ál.* (2009) no contempla esa restricción. Se refiere al mismo “taxón ancestral”, y eso es compatible con el polifiletismo: los tatús y los pangolines derivan de un mismo taxón, pero no existe un ancestro común exclusivo de ambos grupos.

también puede ser una familia o una población local (Brandon & Mishler 1996). No obstante, en lo que atañe al monofiletismo de las especies, no creo que se gane mucho llevando las cosas hasta ahí. La aparición de algo que pueda ser registrado como una especie supone la previa generación de una población. Por eso, en lo que concierne a la especie, la caracterización del monofiletismo propuesta por Zunino y Palestrini me parece más adecuada. Sin embargo, conforme lo veremos un poco más adelante, esa forma de definir el monofiletismo que Brandon y Mishler proponen puede servirnos para la propia población. Ahora, de todos modos, solo nos interesa la población, o metapoblación, fundadora de una especie.

Dicha población puede generarse por la fusión de otras poblaciones, o manadas, o familias, o individuos, de orígenes diversos, e incluso, en algunos casos, hasta provenientes de especies diferentes. Pero, si el monofiletismo se establece por referencia a esa población o metapoblación, y no por referencia a sus componentes, eso no trae ninguna dificultad. Por eso, la forma en que Leonardo Zunino y Claudia Palestrini pensaron este asunto me parece más adecuada, y menos problemática, que la propuesta por Robert Brandon y Brent Mishler. A partir de ahí, se puede dar una definición de grupo monofilético que sea aplicable a las especies y todos los grupos taxonómicos que se deriven de ellas. Según dicha definición, un grupo monofilético estaría compuesto por una población originaria, o fundadora de dicho grupo, y por todas las poblaciones que se hayan derivado de ella, y solo de ella, directa o indirectamente. En esa definición, además, nada va en contra de la posibilidad de que, en dicha derivación, se hayan ido produciendo diferentes procesos de especiación. Por eso, vale tanto para la especie como para los taxones supraespecíficos. La condición es que las especiaciones siempre sean entendidas a la manera de Zunino y Palestrini: teniendo su punto de partida en una única población, o metapoblación, fundadora.

Por otra parte, si recurrimos al modo de entender el monofiletismo de Brandon y Mishler, también podemos reconocer el carácter monofilético de cada una de las diferentes poblaciones de una misma especie. Se puede decir que cuando una fracción de una población se separa, formando una nueva población relativamente aislada de la primera, dicha fracción poblacional se convierte en el *stock* fundacional que define el acervo genético inicial de toda la población que se origine a partir de

allí. Lo mismo sucede en el caso de que ese stock inicial se forme por el aporte de individuos oriundos de diferentes poblaciones. Si consideramos que, a partir de un momento, ese *stock* comienza a dar lugar a una población independiente, es porque también estamos aceptando que este ya goza de una mínima autonomía evolutiva con relación a las poblaciones de las que inicialmente provinieron la mayor parte de sus efectivos.

Por supuesto, y dado que hablamos de una escisión poblacional que no envuelve especiación es de esperar que entre la nueva población y aquella, o aquellas, de la cual ella se separó continúe habiendo flujo genético. Pero si se habla de dos poblaciones independientes es porque se supone que el entrecruzamiento reproductivo entre ellas es significativamente menos intenso que el que existe entre los diferentes grupos que componen cada una de esas poblaciones. Si no fuese así, continuaríamos hablando de una misma población. Además, si se reconoce ese relativo aislamiento, también se acepta que los miembros de cada una de esas poblaciones tienden a tener más vínculos filiales entre sí que con los miembros de la otra. Admitir eso equivale a afirmar que cada una de esas poblaciones constituye un linaje relativamente independiente. Aunque esa independencia no sea tan pronunciada como la que Templeton parecía suponer en su antes mencionada definición de linaje.

Se trata, además, de una independencia menor de la que existe cuando nos referimos a especies diferentes, pero no debe olvidarse que hay poblaciones de especies distintas entre las que también puede existir un flujo genético limitado.⁹ De hecho, y como es obvio, la idea de especiación por hibridación supone esa posibilidad (Chapman & Burke 2007). Con todo, y conforme el concepto evolucionista de especie lo exige,¹⁰ ese eventual flujo genético entre dos especies diferentes no es óbice para que

⁹ Al respecto, consúltese: Templeton (1992), Coyne y Orr (2004), Grant y Grant (2008), Allano y Clamens (2010), y Samadi y Barberousse (2011).

¹⁰ El concepto evolucionario de especie, que es el que aquí estoy suponiendo, fue originalmente propuesto por George Gaylord Simpson (1951, 1961). Sin embargo, en la literatura contemporánea, la presentación de ese concepto más considerada, es la enunciada por Edward Wiley (Mayden 2002; De Queiroz 2011). Según dicha formulación, “una especie evolucionaria es un linaje único

se considere que ambas evolucionan independientemente, y es en el mismo sentido que puede decirse que dos poblaciones diferentes de una misma especie evolucionan con alguna independencia, mayor o menor, entre sí. En la medida en que sea dable verificar algún proceso microevolutivo que ocurre en una población de una especie, sin que el mismo se verifique, o tenga impacto, en las demás poblaciones de dicha especie, también se podrá decir que esa independencia se inscribe en el orden de los hechos constatables e incluso medibles. Se trata, por supuesto, de una independencia siempre reversible: si puede haber confluencia de poblaciones de distintas especies que se hibridan formando una nueva especie, es obvio que también puede haber confluencia de poblaciones de una misma especie. Y eso equivaldrá a la constitución de un del stock fundacional que determinará el acervo genético inicial de toda la población que a partir de allí se origine. Estaremos, en tal caso, ante un nuevo grupo monofilético.

Puede decirse, entonces, que el monofiletismo es predicable no solo de los grupos supraespecíficos, que eran los que Stanley Salthe contemplaba en su definición de linaje, sino también de las propias especies, que eran los ejemplos de linaje más claramente aludidos por la definición de esa noción que fue propuesta por Futuyma. Además de eso, la noción de monofiletismo también puede aplicarse a las poblaciones, flexibilizando incluso esas exigencias de marcado aislamiento reproductivo que Templeton enfatizaba. Por eso mismo, es dable decir que ella incluye todo lo que Futuyma trató de abarcar, sin demasiada claridad, en su tentativa de dar una definición que contemplara todos los usos a los que la noción de linaje se presta cuando opera en el marco de la biología evolucionaria. En ese espacio disciplinar, podemos entonces concluir que los linajes son entendidos como grupos monofiléticos, que pueden estar compuestos tanto de una población inicial, o fundacional, y de todas las poblaciones que allí se deriven, como de una única población derivada

de poblaciones ancestro-descendientes que mantiene su identidad en relación a otros linajes semejantes y que tiene sus propias tendencias evolutivas y su propio destino histórico” (Wiley 1981, 1992). En un trabajo previo me permití ensayar una mejor delimitación de ese concepto de especie (Caponi 2013).

de un stock inicial, desgajado de una población preexistente. Estas terminalidades de linajes mayores serían los menores grupos monofiléticos a ser considerados, lo que no quiere decir que se trate de especies, pues para que esto sea así dependerá de otros factores.

Sin embargo, esta última cuestión es menos importante que subrayar algo que, de no ser recordado y tenido en cuenta, puede hacernos pensar en la inviabilidad de concebir las especies y las poblaciones como grupos monofiléticos. Me refiero concretamente al hecho de que, por una exigencia conceptual que aquí asumo como válida (Amorim 1997), debemos suponer que la especiación resulta en el surgimiento de dos especies hermanas y en la extinción del ancestro de ambas, y no en la aparición de una especie a partir de otra que continúa existiendo y que puede ser considerada como ancestro de la nueva especie (Grande & Rieppel 1994; Griffiths & Sterelny 1999). Esto ya lo había establecido Hennig (1968 78) cuando afirmó que “los límites de la especie, a lo largo de la dimensión temporal”, están “indicados por dos procesos bifurcantes o divisores de especie; el primero, es aquel por el cual la especie se originó como comunidad reproductiva independiente, y el segundo, aquel mediante el cual los descendientes de esta población original dejaron de pertenecer a una comunidad reproductiva uniforme” (78).¹¹

“Desde el punto de vista de Hennig”, conforme lo explica Rieppel (2016 313), “si una especie madre (stem-species) se parte para dar origen a dos especies hijas, la propia especie madre deja de existir como especie separada”. Esa última forma de extinción se llamaría filética, y no extinción terminal (Lincoln et ál., 2009 245).

Entiendo, además, que lo que es válido para la especie también lo es para la población. Podemos aceptar que la escisión de una población en dos resulta en la aparición de dos nuevas poblaciones y en la extinción de la población inicial, y no en el surgimiento de una población a partir de otra que continúa existiendo. Es dable decir que los límites temporales de una población están indicados por dos procesos bifurcantes: aquel en el cual la población se originó y aquel en el cual cesa de existir,

¹¹ Véase también: Panchen 1992 338.

dando lugar a dos nuevos linajes. La población P que se fisiona se extingue filéticamente, originando dos poblaciones, p1 y p2, que pueden ser consideradas, cada una de ellas, como grupos monofiléticos o como sublinajes integrados en un grupo monofilético mayor cuyo ancestro común privativo es P. Si no pensásemos así, si fuésemos a considerar que P continúa existiendo, tendríamos que, o bien negar su carácter monofilético, o bien concluir que ella continúa incorporar a todas las poblaciones que de ellas se escinden. Un grupo monofilético, recordémoslo, incorporar a su stock, población o especie fundadora, y a todos los linajes que de ahí deriven. Por eso, si no pensamos que ese stock, población, o especie fundadora se extingue en la cladogénesis, tendremos que aceptar que este continúa incorporar a todo lo que de él se derive.

4. LINAJES EVOLUCIONARIOS Y LINAJES CELULARES

Las poblaciones son los linajes más simples, y los linajes mayores, que constituyen las unidades taxonómicas que van de la subespecie al reino, son grupos monofiléticos compuestos por una o más de tales poblaciones. De forma tal que nada puede cambiar en los linajes de orden superior, sin que algo se modifique en las poblaciones. En lo que atañe a eso, es importante subrayar que estamos hablando de poblaciones en sentido evolutivo, no en sentido meramente ecológico. Nos referimos a lo que en la literatura actual suele llamarse *deme*:¹² la población entendida como una secuencia de generaciones a lo largo de la cual pueden registrarse procesos microevolutivos como selección natural, selección sexual, deriva genética, migración y mutación genética, procesos todos, cuya ocurrencia supone que esas poblaciones están compuestas de unidades capaces de tener algún grado de éxito reproductivo independiente. Señalar esto último es muy importante para poder distinguir el concepto evolutivo-

¹² La distinción entre *deme* y población en sentido ecológico fue muy claramente establecida por Niles Eldredge (1985, 1996, 2016). La discutí en un trabajo anterior (Caponi 2016).

nario de linaje, que es el que aquí nos interesa, del concepto que suele operarse en biología del desarrollo (Chisholm 2001). Allí, en ese otro capítulo de las ciencias de la vida, que estudia la ontogenia y no la filogenia, la idea de linaje también tiene un lugar plenamente legítimo (Papaioannou 2016).

Dado que todas las células de un organismo pluricelular derivan de una única primera célula, el proceso de desarrollo de un ser vivo individual puede ser representado como un árbol cuyas ramas se van bifurcando, conforme se diferencian y especializan los diversos tipos de células que están llamados a formar los distintos tipos de tejidos y órganos de dicho individuo. Así, de la misma forma en que se habla de un árbol filogenético en el cual todas las especies, extantes y extintas, son representadas como divergencias a partir de un único ancestro común, también podríamos hablar de un árbol ontogenético en el cual los diferentes tipos de células de cualquier organismo son representados como divergencias a partir de ese ancestro común a todas ellas, al que se denomina cigoto (Wasserstrom et ál. 2008). Es más, esas divergencias entre linajes de células pueden representarse de manera análoga a como se representan las divergencias filogenéticas (Buckingham & Meilhac 2011). Del mismo en que puede discutirse si, filogenéticamente hablando, los cocodrilos son más próximos a las aves o a los lagartos, también puede analizarse si, ontogenéticamente hablando, las células adiposas son más próximas a las células epiteliales o a las nerviosas. Y, en ambos casos, las hipótesis alternativas que se formulen podrán ser representadas como cladogramas: como árboles, o grafos, de divergencias sucesivas en los cuales cada punto de bifurcación es considerado como el ancestro común de los linajes de ahí derivados.

No obstante, sin menoscabar esas analogías, también es menester apuntar una diferencia radical entre ambos tipos de linajes: nadie reconocería los linajes de células que se van diversificando en la ontogenia de un organismo multicelular como si ellos fuesen taxones merecedores de un lugar propio en el árbol de la vida. Nadie pensaría que en esos linajes de células puedan verificarse procesos microevolutivos, porque esas células no pueden tener ningún destino evolutivo que sea mínimamente distinto del destino evolutivo del organismo que ellas componen. En este sentido, la relación que Bucéfalo guarda con sus células epiteliales no tiene nada que ver con la

relación que él, el propio Bucéfalo, guarda con su especie; ni tampoco con la relación que esa especie tiene con el género al que la adscribimos. Las células de un caballo no son sublinajes suyos. Esto es así porque los linajes de células de los organismos pluricelulares no son poblaciones y, menos, gavillas de poblaciones: las células que los componen no pueden tener más éxito reproductivo que los organismos que ellas integran. Algunas de las células epiteliales de un caballo podrán ser más prolíficas que otras de sus semejantes, pero eso no los brindará mayor descendencia en la próxima generación.

En realidad, la clave para caracterizar a los linajes a los que alude la taxonomía biológica actual reside en la idea de “individualidad darwiniana”, expresión acuñada por Peter Godfrey-Smith (2009) en *Darwinian Populations and Natural Selection*. Lo hizo a partir de su definición de *población darwiniana*, entendida como “una población –una colección de cosas particulares– que tiene capacidad de someterse a selección natural” (Godfrey-Smith 2009 6). Tácitamente, yo aludí a ella cuando dije que los demes deben pensarse como compuestos de unidades capaces de tener algún grado de éxito reproductivo independiente. Es claro que lo que delimita esa clase natural es la noción de *selección natural*: no cualquier colección de cosas particulares puede experimentarla. Una montaña de granos de arena no puede tener selección natural, tampoco una manada de mulas abandonada en el desierto; aunque estas sí puedan luchar muy bravíamente por su vida. Un individuo darwiniano, dice entonces Godfrey-Smith, “es cualquier miembro de una población darwiniana” (2009 6). Aunque, atendiendo a lo aquí dicho sobre la noción de deme, también podríamos afirmar que un individuo darwiniano es cualquier miembro de una población entendida como una secuencia de generaciones a lo largo de la cual pueden registrarse procesos microevolutivos como selección natural, selección sexual, deriva genética, migración y mutación genética.

El problema, sin embargo, reside en que hasta ahí ambas definiciones de *individuo darwiniano*, la de Godfrey-Smith y la mía, adolecen de cierta circularidad. Digo esto porque es obvio que la delimitación de la clase de las poblaciones darwinianas supone saber qué cosas particulares pueden ser objeto de selección natural; y creo que puede decirse que, en lo que atañe a eso, el primer requisito a ser satisfecho

es el de tener cierta capacidad de reproducirse. Sin embargo, para que esa determinación no nos obstaculice en nuestro análisis, es necesario tener en cuenta lo que acabamos de decir sobre los linajes celulares. La noción de *reproducción* que precisamos en este momento de nuestra argumentación debe poder aplicarse a la multiplicación de las bacterias de una cierta cepa, pero no a la multiplicación de células que se da en los tejidos de un organismo pluricelular. Por eso, llamaré a esta última forma de multiplicación “reproducción ontogénica”. Mientras tanto, a lo que se da en las bacterias, y nos sirve para delimitar las nociones de individuo darwiniano y de población darwiniana, o deme, la denominaré “reproducción malthusiana”, sin olvidar que se trata de dos formas de reproducción.

Señalo esto por dos motivos. Uno de ellos es que, más adelante, voy a aludir a la noción general de *reproducción* en general, sin introducir la diferencia entre la *reproducción ontogénica* y *reproducción malthusiana*. Pero aquí el más importante es el segundo motivo: la noción de reproducción en general conlleva una exigencia que, aunque también es parte de la noción de *reproducción ontogénica*, es particularmente importante para entender las nociones de *reproducción malthusiana* y de *individuo darwiniano*. Esa exigencia, presente en ambas nociones de reproducción, alude a la posibilidad de éxito reproductivo intransferible a su progenitor que debe tener la estructura resultante de un proceso reproductivo; y aquí la presento como el tercer requisito de esta definición de reproducción:

Se puede decir que un sistema X se reproduce cuando, usando recursos del ambiente, genera, en virtud de procesos que no podrían ocurrir sin su mediación, otro sistema Y tal que:

1. Y es estructural y funcionalmente semejante a X ; y eso se explica por la intervención de X .
2. En algún momento de su ontogenia, Y puede sobrevivir con independencia de X , o de cualquier otra estructura que sustituya las funciones que X desempeñaría en el sostenimiento de Y .

3. Si Y puede generar un sistema Z , tal que Z , en relación a Y , cumpla con los requisitos (1) y (2) que Y cumple en relación a X , eso no será reproducción de X .

El requisito (1) alude al hecho de que la semejanza entre la estructura progenitora X y su progenie Y no se origina, por lo menos no exclusivamente, en una mera legalidad física o química. En todo caso, dicha semejanza debe obedecer, por lo menos en parte, a los recursos ontogenéticos facilitados por X y a las constricciones que su organización haya ejercido en la ontogenia de Y . El requisito (2), por su parte, se refiere a que, en algún momento de su ontogenia, Y debe dejar de ser una parte o apéndice de X . Nótese, en este sentido, que las células que se derivan del cigoto que da lugar a un organismo multicelular son partes de dicho organismo, y de algún subsistema de ese organismo, pero ellas no son partes del cigoto que dio origen a ese organismo, ni tampoco de aquellas células, también descendientes de él, que hayan sido sus progenitoras. Por último, tenemos el requisito (3) que atañe a la capacidad de éxito reproductivo independiente. Este se da en la reproducción ontogénica y en la malthusiana, y tenerlo en cuenta es muy útil para no creer ver individuos darwinianos en los recursos que permiten la reproducción de dichos individuos. Un espermatozoide no es un individuo darwiniano sino un recurso reproductivo de ese individuo, porque él no puede reproducirse sin reproducir, ipso facto, el sistema biológico que le dio origen.

Es de subrayarse, por otra parte, que la distinción entre reproducción ontogénica y reproducción malthusiana está estrechamente relacionada con la diferencia entre crecimiento y reproducción sobre la que Godfrey-Smith (2014) ha llamado nuestra atención. Sin embargo, lo que él denomina simplemente “reproducción” es lo que yo estoy denominando “reproducción malthusiana”. Lo que él llama “crecimiento” sería o bien reproducción ontogénica simple, mera multiplicación celular, o bien reproducción ontogénica con diferenciación morfológica y funcional, que siempre supone la conformación de linajes celulares diferenciados. Puedo decir, por eso, que acepto la distinción propuesta por Godfrey-Smith, siempre y cuando se asuma que, al decir “reproducción” se está queriendo decir “reproducción malthu-

siana”. Lo que me parece inadecuado, sin embargo, es el criterio que él propone para justificar dicha distinción.

Según Godfrey-Smith (2009, 2013, 2014), la reproducción (malthusiana) puede distinguirse del crecimiento en la medida que en ese proceso puedan detectarse, con mayor o menor claridad, estos tres elementos: la existencia de un cuello de botella en donde la multiplicación celular deba reiniciarse a partir de una única célula, la intervención de células germinales especializadas y alguna coordinación funcional en la estructura resultante de todo el proceso. No creo, sin embargo, que esa yuxtaposición de notas aclare demasiado. Me parece mejor decir que hablamos de reproducción (malthusiana), y no de crecimiento, cuando estamos ante una propagación y proliferación de estructuras biológicas cuya viabilidad ecológica y fisiológica tiende a tornarse independiente de su vínculo con la estructura de la cual se originan. Esa independencia se verifica por la posibilidad de que la nueva estructura puede competir con aquella estructura de la cual ella deriva, y no solo con las otras estructuras que de ahí también se deriven; condición, esta última, que también es un elemento que siempre está presente en la reproducción (malthusiana).

La multiplicación de las ramas de un olmo, que compiten entre sí por la luz, no es un fenómeno reproductivo (malthusiano), porque esas ramas dependen, a lo largo de toda su existencia, de las mismas raíces de ese árbol del cual se originaron. Si este muere, las ramas se mueren. Algo semejante ocurre con las células de cualquiera de los tejidos de un organismo pluricelular. Ya en el caso de un pastizal de trébol blanco que se propaga de forma predominantemente vegetativa por estolones que van generando sus propias raíces, estamos ante un caso de reproducción (malthusiana), y algo parecido se podría decir de un juncal que se multiplica por rizomas (Bonvissutto, 2011). Al desarrollar sus propias raíces y hojas, los estolones del trébol van generando estructuras que compiten entre sí por luz y por suelo, y esa competencia no deja de afectar la estructura de la cual cada nuevo estolón se originó. Esa primera estructura, claro, podría perecer sin que eso afecte negativamente a las que de ella se originaron, pues ya desarrollaron sus hojas y raíces. Así, cada nodo de esa red que se va extendiendo por el terreno podrá ser considerado como un individuo darwiniano, si desarrolla las condiciones morfológicas y funcionales para poder independizarse

de la estructura de la cual se originó y también es capaz de generar otras, sea por vía vegetativa o sexual.

Por otro lado, aunque un mamífero siempre precise de algún cuidado maternal sin el cual podría morir, esa dependencia no tiene nada que ver con lo que ocurre entre el olmo y sus ramas. En algún momento, ese mamífero será ecológicamente independiente de su madre y la muerte de esta le significará la desaparición de un competidor: así es de fea y de malthusiana la cosa. Como también podría ocurrir con algún gajo de ese olmo que alguien corte y plante cerca de él. En este caso, lo que era rama, si “prende”, si desarrolla raíces, devendrá un competidor no ya de otra rama, sino del propio árbol del cual antes era parte. Y la selección natural supone la ocurrencia de algunas de esas formas de propagación de las estructuras vivas que pueden ser caracterizadas como formas de reproducción (malthusiana), no como formas de crecimiento. La clave de esa diferencia, como acabamos de ver, está en la competencia. Hay reproducción (malthusiana) cuando las estructuras que surgen pueden encarar la lucha por la vida con independencia de la estructura de la cual se originaron, al punto de poder beneficiarse por su desaparición.

Ser miembro de una manada numerosa es beneficioso para los búfalos individuales, pues para los leones no es tan fácil meterse con ellos cuando pastorean en grupo. En la sabana, un búfalo solitario no dura mucho tiempo sin ser abatido por esos predadores, pero, una vez que la manada es atacada, lo mejor que le puede ocurrir a un búfalo individual es que sea otro el que caiga primero en las garras de los leones. Eso los mantendrá quietos durante todo el día, y cada búfalo tendrá un poco más de hierba para comer. El crecimiento de una manada es, por eso, un fenómeno que se inscribe en el registro de la reproducción malthusiana. No obstante, para que pueda haber selección natural, no solo debe existir reproducción malthusiana. También es necesario que el mayor o menor éxito relativo que los individuos darwinianos puedan tener en la lucha por la existencia dependa de sus configuraciones y capacidades, y que, además, ambas sean transmisibles a la descendencia de cada uno de ellos, y solo a esa propia descendencia.

5. HERENCIA, REPRODUCCIÓN Y FILIACIÓN

Si una parte significativa de las configuraciones y capacidades que confieren mayor eficacia en la lucha por la existencia no pudiese transmitirse a las generaciones siguientes, estas no se preservarían, ni se acumularían. Pero, si esa trasmisión no se restringe a la descendencia del propio individuo, la selección natural no podría ocurrir. Es decir: la selección natural, y la propia noción de población darwiniana, o deme, supone que la mayor o menor eficacia ecológica de los individuos en pugna obedece, por lo menos parcialmente, a características heredables, y eso es extensivo a todos los factores capaces de producir cambios evolutivos en una población. Sin embargo, el reconocimiento de que la herencia es condición de posibilidad de los procesos evolutivos no debe hacernos perder de vista que, en lo que atañe a la definición de la naturaleza de los linajes biológicos, que son las entidades sujetas al cambio evolutivo, la noción de lo hereditario no tiene el mismo nivel de importancia que la propia idea de reproducción. Esto es así porque esta última es más primitiva que la noción de herencia: la idea de reproducción forma parte del *definiens* de la noción de herencia (Merlin 2014, 2017). Y en lo que a eso se refiere, ni siquiera es necesario citar la distinción entre reproducción ontogenética y reproducción malthusiana, porque la transmisión hereditaria está presente en ambos procesos y solo puede darse la mediación de uno o de otro.

La herencia, conforme Francesca Merlin (2017) ha sabido subrayar, es una transmisión de recursos ontogenéticos que ocurre por la mediación de la reproducción; y es importante subrayar que, al admitir esto, se está rechazando la inflación de la noción de herencia que han propugnado Eva Jablonka y Marion Lamb (2005). Aceptando esa vinculación indisoluble entre reproducción y herencia se está suponiendo que no toda transmisión transgeneracional de recursos ontogenéticos constituye un proceso hereditario (Merlin 2014). En este sentido, y contra de lo dicho por Jablonka y Lamb (2005), el legado cultural que una generación deja a la subsiguiente, y que puede ser imprescindible para la adquisición de capacidades biológicamente fundamentales (como pueden serlo la de comunicarse con los otros miembros del grupo o la de distinguir fuentes disponibles de alimento) no puede ser

considerado como hereditario. Ese legado de recursos ontogenéticos no puede ser entenderse como “herencia”, porque, aunque la ontogenia de los nuevos individuos de cada generación dependa de dichos recursos, estos pueden ser transmitidos con independencia del vínculo entre progenitor y progenie. Piénsese, por ejemplo, en el aprendizaje de un idioma.

En el contexto de lo que aquí se está discutiendo, lo más importante no es la limitación de la noción de herencia, sino su subordinación a la noción de reproducción. Eso permite identificar cuál es el verdadero nexo vertical por el que se establece un linaje. La relación entre progenitor y progenie, podemos decir, no viene dada por la herencia: ella viene dada por el hecho de que el nuevo individuo comienza a existir a partir de materiales (celulares o simplemente moleculares) producidos por sus progenitores, y que son condición necesaria para el surgimiento de ese nuevo individuo (Merlin 2014). La herencia, en todo caso, es resultado, o el efecto, de esa vinculación material fundamental (Merlin 2017), pero no debe confundirse con ella. Y es por intermedio de ese vínculo material entre progenitor y progenie que se establece la relación de filiación que es constitutiva de los linajes. Los eventos de reproducción son los eslabones de ese vínculo material que va desde los descendientes hasta sus ancestros más remotos, y la herencia ocurre por la mediación de ese vínculo.

Para que la noción de linaje quede debidamente especificada, debemos ir un poco más allá de la noción de reproducción y ensayar, con base en ella, una delimitación lo más clara posible del vínculo progenitor-progenie. Con tal fin, propongo esta definición:

Se puede decir que el sistema biológico M es progenitor del sistema biológico H , si y solo si:

1. El surgimiento H puede considerarse reproducción de M .
2. La ontogenia de H supone, en su inicio y como condición necesaria, un grupo de recursos ontogenéticos R tales que:

- A. Fueron producidos por M , o fueron partes suyas; y
- B. No pueden tener ningún éxito reproductivo que no sea éxito reproductivo de M .

Lo más importante de esta definición está en (2), que es la cláusula que establece las características que deben tener los recursos ontogenéticos R que el progenitor produce, o que estuvieron subordinados a su organización, y que son condición necesaria, aunque no suficiente, para la ontogenia de H , lo crucial es la subcláusula (B). M puede legarle o facilitarle a H muchos y muy diversos recursos ontogenéticos, es decir, recursos cuya disponibilidad es necesaria para el desarrollo de H . Algunos de esos recursos solo pueden ser producidos por M , o solo pueden entrar en el proceso reproductivo si antes fueron partes de él. Pero, de entre ellos, los que definen el vínculo progenie-progenitor son aquellos que son incapaces de tener cualquier éxito reproductivo independiente de H . Si una estructura N lega recursos ontogenéticos (S) que son imprescindibles para la ontogenia de H , pero todos ellos pueden tener algún mínimo éxito reproductivo independiente de H ; entonces, N no podrá ser considerado como progenitor de H .

Puede parecer ocioso detenerse tanto en esa definición, pero la relación de filiación entre progenitor y progenie es crucial para delimitar las nociones de herencia y linaje. La primera es el conjunto de recursos ontogenéticos que caben dentro de lo delimitado por R y la segunda tiene su elemento más fundamental en esa relación entre progenitor y progenie que se entabla por la transmisión de esos recursos ontogenéticos R . En este sentido, la pregunta a la que responde la reconstrucción de nuestra filiación no es aquella sobre qué genes tenemos, sino la pregunta por nuestros progenitores y ancestros. Un linaje, es preciso decirlo de forma tajante, no es un canal de transmisión de genes, un multígrafo cuyos nodos son individuos unidos por aristas que nos muestran relaciones de filiación: vínculos entre progenitor-progenie. No somos nietos de nuestros abuelos porque tengamos sus genes, sino que tenemos sus genes porque somos sus nietos. Es decir: tenemos sus genes porque ellos engendraron a nuestros progenitores directos, y estos últimos nos engendraron a nosotros. Por lo mismo, si en un embrión se injertan genes de un organismo distinto de sus

progenitores, eso no transformará a ese embrión en progenie de ese otro organismo. Aunque sea posible, inclusive, que la presencia de ese gen en las células del individuo así formado nos confunda respecto de su filiación.

Lo importante, como siempre, es no tomar el indicador por lo indicado. Un gen puede ser un índice muy confiable, aunque nunca infalible, de filiación, y por eso puede servirnos para reconstruir linajes y filiaciones. Pero él no establece, ni determina, la filiación. Es decir: los genes pueden servir para diagnosticar filiaciones, pero no las definen: solo las denuncian. Y esto también puede usarse para mostrar que la transferencia lateral de genes —que es frecuente entre procariontes, pero también puede acontecer de procariontes a eucariotes (Heams 2009)— no conlleva problemas para la noción de linaje, aunque sí pueda complicar su identificación y reconstrucción, como ocurre en el reino de los procariontes. Si no se confunde filiación con herencia, la existencia de esa transmisión lateral de genes no puede considerarse como una evidencia contraria a la imagen arborescente, darwiniana, de la evolución. En realidad, la propia facilidad con la que se habla de “transferencia lateral” ya presupone la referencia a linajes divergentes que continúan evolucionando sin confluir. Asumiendo eso, la ocurrencia de transferencia lateral de genes puede considerarse como un fenómeno semejante a la mutación, y la alarma lanzada por Doolittle (1999, 2000, 2010) sobre el destino del árbol de la vida podría desestimarse. Quizá esa alarma no sea más que otro avatar de esa, periódicamente anunciada, “muerte de Darwin”.

CONCLUSIONES

Los linajes evolucionarios son grupos monofiléticos compuestos de una o de múltiples poblaciones darwinianas, o *demes*. Afirmamos que son grupos monofiléticos porque se derivan de una población darwiniana fundacional, o de la fracción de una población darwiniana. El hecho de que esas poblaciones y fracciones de poblaciones sean consideradas como *demes* implica que en ellas pueden registrarse procesos microevolutivos tales como selección natural, selección sexual, deriva genética, migra-

ción y mutación genética. Para eso, tales poblaciones, o fracciones de poblaciones, deben estar compuestas por individuos darwinianos capaces de transmitir hereditariamente parte de sus características.

Las relaciones de filiación que estos individuos guardan con sus progenitores y con su propia descendencia, y que están indisolublemente asociadas a la reproducción, son el cemento que da consistencia, o cohesión (Caponi 2018), a los diferentes linajes, cualquiera sea su amplitud. La derivación que va de una población ancestral a una población que de ella se origine existe, es algo real, porque los individuos del stock inicial de la población derivada tienen vínculos de filiación, que son vínculos materiales, con los individuos de la población primitiva. Es en esta última que deben buscarse los progenitores de los integrantes del *stock* con el que se inicia la población derivada.

Así, por el hecho de que ellos se componen a partir de un vínculo material, real, como es la filiación, y también porque tienen procesos evolutivos reales, podemos decir que los linajes son entidades reales. Dichos procesos evolutivos abarcan la selección natural, la selección sexual, la deriva genética, la migración y la mutación genética, pero también la cladogénesis en los diferentes niveles en lo que ella puede darse, la evolución en las áreas de distribución, las extinciones, y otras cosas como la hibridación o la transferencia lateral de genes.

TRABAJOS CITADOS

- Abercrombie, Michael et ál. *A Dictionary of Biology*. London: Penguin, 1977
- Allano, Louis y Alex Clamens. *Faits et mécanismes de l'évolution biologique*. Paris: Ellipses, 2010.
- Ameghino, Florentino. *Filogenia*. Buenos Aires: La Cultura Argentina, 1915.
- Amorim, Dalton. *Elementos básicos de sistemática filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 1997.
- Bonvissutto, Griselda. "Propagación de pastizales naturales: rizomas y estolones vs semillas". *Presencia* 58 (2011): 32-34.

- Brandon, Robert y Brent Mishler. "Individuality, Pluralism and the Phylogenetic Species Concept". *Concepts and Methods in Evolutionary Biology*. Ed. Robert Brandon. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 106-123.
- Buckingham, Margaret y Sigolène Meilhac. "Tracing Cells for Tracking Cell Lineage and Clonal Behavior". *Developmental Cell* 21 (2011): 394-409.
- Caponi, Gustavo. "Las especies son linajes de poblaciones microevolutivamente interconectadas: una mejor delimitación del concepto evolucionario de especie". *Principia* 17 (2013): 395-418.
- . "Lineages and systems: a conceptual discontinuity in biological hierarchies". *Evolutionary theory: a hierarchical perspective*. Eds. Niles Eldredge et ál. Chicago: Chicago University Press, 2016. 47-62.
- . *El darwinismo de Ameghino: una lectura de Filogenia*. Florianópolis: NELUFSC, 2017.
- . "Coessão sistêmica e coessão genealógica: mais uma precisão sobre a individualidade dos táxons". *Filosofia & História da Biologia* 13 (2018): 41-60.
- Chapman, Mark y John Burke. "Genetic Divergence and Hybrid Speciation". *Evolution* 61 (2007): 1773-1780.
- Chisholm, Andrew. "Cell Lineage". *Encyclopedia of Genetics*. Eds. Sidney Brenner y Jeffrey Miller. Amsterdam: Academic Press, 2001. 302-312.
- Coyne, Jerry y Allen Orr. *Speciation*. Sunderland: Sinauer, 2004.
- Darwin, Charles. *On the Origin of Species*. London: Murray, 1859.
- De Queiroz, Kevin. "Branches in the Lines of Descent: Charles Darwin and the Evolution of the Species Concept". *Biological Journal of the Linnean Society* 103.1 (2011): 19-35.
- Doolittle, W. Ford. "Phylogenetic Classification and the Universal Tree". *Science* 284 (1999): 2124-2128.
- . "Uprooting the Tree of Life". *Scientific American* 282 (2000): 90-95.
- . "The Attempt on the Life of the Tree of Life: Science, Philosophy and Politics". *Biology & Philosophy* 25 (2010): 455-473.
- Eldredge, Niles. *Unfinished Synthesis*. Oxford: Oxford University Press, 1985.
- . *Reinventing Darwin*. London: Phoenix, 1996.

- . “The Checkered Career of Hierarchical Thinking in Evolutionary Biology”. *Evolutionary Theory: A Hierarchical Perspective*. Eds. Niles Eldredge et ál. Chicago: Chicago University Press, 2016. 1-16.
- Eldredge, Niles y John Cracraft. *Phylogenetics Patterns and the Evolutionary Process*. New York: Columbia University Press, 1980.
- Futuyma, Douglas. *Evolution*. London: Sinauer, 2005.
- Gaudry, Albert. *Les enchainements du monde animal dans les temps géologiques: mammifères tertiaires*. Paris: Hachette, 1878.
- Ghiselin, Michael. *Metaphysics and the Origin of Species*. Albany: SUNY Press, 1997.
- Godfrey-Smith, Peter. *Darwinian Population and Natural Selection*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- . “Darwinian Individual”. *From Groups to Individuals*. Eds. Frédéric Bouchard y Philippe Huneman. Cambridge: MIT Press, 2013. 17-38.
- . *Philosophy of Biology*. Princeton: Princeton University Press, 2014.
- Grande, Lance y Olivier Rieppel. *Interpreting the Hierarchy of Nature*. London: Academic Press, 1994.
- Grant, Peter y Rosemary Grant. *How and Why Species Multiply: The Radiation of Darwin's Finches*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- Griffiths, Paul y Kim Sterelny. *Sex and Death*. Chicago: Chicago University Press, 1999.
- Haeckel, Ernst. *Historia de la creación de los seres organizados según las leyes naturales*. 1868. Buenos Aires: Americana, 1947.
- Heams, Thomas. “Hérédité”. *Les mondes darwiniens*. Eds. Thomas Heams et ál. Paris: Editions Matériologiques, 2009. 71-92.
- Hennig, Willi. *Elementos de sistemática filogenética*. Buenos Aires: Eudeba, 1968.
- Jablonka Eva y Lamb Marion. *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge: MIT Press, 2005.
- Le Guyader, Hervé. *Classification et évolution*. Paris: Le Pommier, 2003.
- Le Guyader, Hervé y Lecointre, Guillaume. *Classification phylogénétique du vivant*. Paris: Belin, 2001.

- Lincoln, Roger, Geoffrey Boxshall y Paul Clarck. *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía*. México: Fondo de Cultura Económica, 2009.
- Llorente, Jorge. *La búsqueda del método natural*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- Mai, Larry, Owl, Marcus, y Kersting, Patricia. *The Cambridge Dictionary of Human Biology and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Mai, Larry et ál. *The Cambridge Dictionary of Human Biology and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- Margulis, Lynn. "Symbiosis theory: cells as microbial communities". *Environmental Evolution*. Eds. Lynn Margulis y Lorraine Olendzenski. Cambridge: MIT Press, 1992. 150-170.
- Margulis Lynn y Dorian Sagan. *Microcosmos*. Barcelona: Tusquets, 2008.
- Mayden, Richard. "On biological Species, Species Concepts and Individuals in the Nature World". *Fish & Fisheries* 3 (2002): 171-196.
- Mayr, Ernst. *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*. New York: Columbia University Press, 1942.
- . *Así es la biología*. Madrid: Debate, 1998.
- Merlin, Francesca. "L'hérédité au-delà du tout génétique: problèmes et enjeux". *Précis de Philosophie de la Biologie*. Eds. Francesca Merlin y Thierry Hoquet. Paris: Vuibert (2014): 237-250
- . "Limited Extended Inheritance". *Challenges in Evolutionary Theory*. Eds. Philippe Huneman y Denis Walsh. Oxford: Oxford University Press, 2017. 285-301.
- Mishler, Brent y Edward Theriot, "The Phylogenetic Species Concept". *Species Concept and Phylogenetic Theory*. Eds. Quentin Wheeler y Rudolf Meier. New York: Columbia University Press, 2000. 44-54.
- Papaioannou, Virginia. Concepts of Cell Lineage in Mammalian Embryos. *Current Topics in Developmental Biology* 117 (2016): 185-197.
- Panchen, Alan. *Classification, Evolution and the Nature of Biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

- Richards, Richard. "Classification in Darwin's Origin". *The Cambridge Companion to the Origin of Species*. Eds. Michael Ruse y Robert Richards. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 173-193.
- Rieppel, Oliver. *Phylogenetics Systematics*. Boca Ratón: CRC Press, 2016.
- Salgado, Leonardo y Andrea Arcucci. *Teorías de la evolución*. Viedma: Universidad Nacional de Rio Negro, 2016.
- Salthe, Stanley. *Evolving Hierarchical Systems*. New York: Columbia University Press, 1985.
- Samadi, Sarah y Anouk Barberousse. *Les mondes darwiniens*. Eds. Thomas Heams et ál. Paris: Editions Matériologiques, 2009. 243-270.
- Simpson, George. *The Principles of Classification and a Classification of Mammals*. New York: American Museum of Natural History, 1945.
- . "The Species Concept". *Evolution* 5 (1951): 285-298.
- . *Principles of Animal Taxonomy*. New York: Columbia University Press, 1961.
- Tassy, Pascal. *L'arbre à remonter le temps*. Paris: Diderot, 1998.
- Templeton, Alan. "The meaning of species and speciation: a genetic perspective". *The Units of Evolution*. Ed. Mark Ereshefsky. Cambridge: MIT Press, 1992. 159-183.
- . "La evolución y el concepto de raza humana". *Cómo la evolución configura nuestras vidas*. Eds. Jonathan Losos y Richard Lensky. Barcelona: Buridán (2018): 447-465.
- Wasserstrom, Adam et ál. "Reconstruction of Cell Lineage Trees in Mice". *Plos One* 3 (2008): e1939.
- Wiley, Edward. *Phylogenetics*. New York: Wiley, 1981.
- . "The Evolutionary Species Concept Reconsidered". *The Units of Evolution*. Ed. Mark Ereshefsky. Cambridge: MIT Press, 1992. 79-92.
- Wiley, Edward y Bruce Lieberman. *Phylogenetics*. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2011.
- Zunino, Mario y Claudia Palestrini. "El concepto de especie y la biogeografía". *Anales de Biología* 17 (1991): 85-88.

SOBRE EL LENGUAJE MATEMÁTICO, LA FILOSOFÍA Y LA EVOLUCIÓN DEL *TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA**

ON THE LANGUAGE OF MATHEMATICS, PHILOSOPHY AND THE EVOLUTION OF THE *ELEMENTARY TREATISE OF CHEMISTRY*

BRANDON SMITH MARTÍNEZ COSTA
Universidad de Pamplona
Pamplona, Colombia.

brandon.martinez@unipamplona.edu.co



RESUMEN

Este trabajo de revisión tiene como propósito analizar tres pilares importantes en el primer *Tratado elemental de química*: la matemática cuantitativa, el conjunto de reflexiones filosóficas de la química y los cambios conceptuales en el transcurso del tiempo. En este documento se examina la forma de pensamiento del lenguaje químico, desde el punto de vista experimental y teórico, incluyendo un contexto filosófico-matemático sobre las contribuciones de Lavoisier en su obra. De igual manera, se explora el método científico como una de las herramientas fundamentales del conocimiento, que de cierto modo llevaron a este científico a la elaboración de su tratado. Finalmente, bajo las observaciones sistemáticas y detalladas de una obra, se resalta el análisis cuantitativo de la materia como su composición, modelos físicos, combinaciones y la verdad epistemológica de la química en el tiempo.

Palabras clave: observación; modelo físico; epistemología; lenguaje matemático; constructivismo; estructuralismo.

* Este artículo se debe citar: Martínez Costa, Brandon Smith. "Sobre el lenguaje matemático, la filosofía y la evolución del Tratado elemental de química". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 41-61. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3384>

ABSTRACT

The purpose of this review is to analyze three important pillars in the first *Elementary Treatise of Chemistry*: quantitative mathematics, the set of philosophical reflections on chemistry and conceptual changes over time. This paper examines the way of thinking of chemical language, from the experimental and theoretical point of view, including a philosophical-mathematical context on Lavoisier's contributions in his work. Likewise, we explore the scientific method as one of the fundamental tools of knowledge, which in a certain way led this scientist to the elaboration of his treatise. Finally, under systematic and detailed the observations of a work, the quantitative analysis of matter is highlighted as its composition, physical models, combinations and the epistemological truth of chemistry in time.

Keywords: observation; physical model; epistemology; mathematical language; constructivism; structuralism.

1. EL TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA Y SU FILOSOFÍA

En el año 1789 se publica por primera vez el *Tratado elemental de química* (en adelante, *Tratado*), escrito por el químico francés Antoine-Laurent de Lavoisier (Sánchez 2013), en el cual se da a conocer un nuevo lenguaje de la química, como la nomenclatura de sustancias y la composición de la materia, como por ejemplo del aire atmosférico. Gracias al aporte de Lavoisier, la química logra convertirse en una ciencia ordenada y concreta en su forma lingüística. Pero, ¿en qué se basa su lenguaje matemático? ¿Qué significado tiene la epistemología con relación al *Tratado*? Es claro afirmar que este lenguaje es cuantitativo, es decir, referente a la cantidad de cosas que nos rodean, las cuales deben analizarse para construir un modelo físico, sin embargo, este modelo puede ser verdadero o falso dependiendo de las variables que se analicen; ahora, ¿cómo saberlo?

Cuando Lavoisier escribió su obra ya había pensado en que algunos fenómenos se basan en comportamientos matemáticos (Lavoisier 2009). En el *Tratado*,

sobre todo en el capítulo XIII (“De la descomposición de los óxidos vegetales por la fermentación vinosa”), se encuentra el siguiente texto:

Todo el arte de hacer experiencias en química está fundado sobre este principio: hay que suponer en todos los experimentos una verdadera igualdad o ecuación entre los principios del cuerpo que se examina y los que se sacan por análisis (Lavoisier 2009 98-99).

Por tal motivo, un lenguaje numérico o modelo físico para un experimento puede ser verdadero o falso. Es en este punto donde la epistemología desempeña un papel fundamental para el razonamiento del lenguaje numérico. La epistemología estudia la ciencia en su forma racional, es decir, permite evaluar, entender y pensar de manera crítica algún principio que se quiera estudiar desde cualquier punto de vista (López 1990). Algunas investigaciones analizan la ciencia y la filosofía desde dos ángulos (García 2006): la ciencia tiene el objetivo divulgativo de dar explicaciones a las leyes naturales del universo, mientras la filosofía busca dar explicaciones metafísicas, epistemológicas y racionales a dichas leyes que la ciencia analiza. Al estudiar la ciencia desde el punto de vista filosófico, es fundamental el planteamiento de cuestiones epistemológicas relacionadas con un principio que se evaluará, por ejemplo, ¿cómo la filosofía considera “correcta” la explicación de un fenómeno?, ¿qué tipo de lenguaje maneja la ciencia y la filosofía para hacerlo comprensible a la sociedad?, ¿puede explicar la ciencia el comportamiento de alguna ley natural mediante el uso de modelos matemáticos? Desde la perspectiva epistemológica y matemática, siempre hay una respuesta para sostener la veracidad de un fenómeno o algún tipo de experimentación (Martí 2017). Sin embargo, pueden existir múltiples alternativas como respuesta para la explicación filosófica y matemática de un objeto de estudio, las cuales pueden ser eliminadas mediante pruebas experimentales y teóricas.

Es importante saber que la epistemología tiende a surgir por sí misma, sobre todo cuando el pensador decide hacer ciencia. Por ejemplo, los análisis cuantitativos de una muestra requieren medidas exactas o aproximadas, y la epistemología se pregunta: ¿cómo saber si su método de análisis es fiable?, ¿son confiables las herramien-

tas que manejan para dar a conocer la verdad de un experimento? La epistemología como tal es una actitud, y un científico puede actuar como epistemólogo dependiendo del área en que labore (Cazau 2011). En otras palabras, Cazau señala que la epistemología no se aprende en una academia, sino que esta sale a la luz cuando se cuestiona la ciencia, lo cual requiere de observación y experimentación para llegar a una verdad.

El método científico como herramienta estructurada del conocimiento permitió a Lavoisier tener resultados y conclusiones acerca de los efectos de la combustión en azufre, fósforo, carbón y formación de ácidos por efectos de este (Lavoisier 2009). Sin embargo, establecer un nuevo lenguaje para la química no era cuestión de facilidad. Lavoisier pensó en parámetros teóricos y experimentales sobre los cambios que presentaba la materia mediante el calórico, tales como su descomposición y la formación de nuevas sustancias por efectos de este.

En el *Tratado*, Lavoisier establece sus nuevos aportes a la química a través de sus análisis y resultados sobre la nueva nomenclatura de esta ciencia. Pero, ¿cómo logró dar un orden y establecer fundamentos claros sobre la materia? Para comprender un fenómeno y sus posibles efectos se requiere de observación y experimentación (Asensi & Parra 2002), es decir, seguir el método científico como herramienta clave del conocimiento. Por otro lado, cabe resaltar que la epistemología surge en la experimentación, y en efecto, cuando se trata de fijar un nuevo lenguaje cualitativo y cuantitativo para alcanzar una verdad.

2. EL LENGUAJE CUANTITATIVO DE LAVOISIER

La química es una ciencia completamente ligada con el lenguaje numérico o con modelos físicos para modelar el comportamiento de un fenómeno. Ahora bien, ¿cuál es el lenguaje de las matemáticas en la química? La ciencia se caracteriza por un lenguaje formalizado y específico, pero concebimos las matemáticas como el conjunto de símbolos y diagramas que representan el lenguaje de un objeto o cosa (Puga, Rodríguez & Toledo 2016). Sin embargo, para la química, es un análisis cuantitativo

de todo aquello que nos rodea, análisis acerca del “cuantos” de una muestra, aire, líquido, concentración, etc. Por otro lado, es importante resaltar que sin el lenguaje matemático la química sería una rama incompleta del conocimiento, ya que en su más pura naturaleza busca cuantificar la materia de manera exacta y ordenada.

El lenguaje matemático está caracterizado por símbolos, diagramas, fórmulas y demostraciones que de algún modo contribuyen a la verificabilidad de los hechos (Llacer & Ballesteros 2012). De cierta manera, la química necesita estar vinculada con el lenguaje numérico para probar sus hipótesis, ya que la química y las matemáticas son lenguajes simbólicos (usan signos) de gran utilidad para comprender la materia, haciendo la aclaración de que la química consta de mayor interpretación por su naturaleza. Por otra parte, el lenguaje de la química puede ser considerado simbólico en gran proporción, es decir, se encarga de analizar las fórmulas estructurales y algunos mecanismos de reacción (Schummer 2006, 2010), por ejemplo, la geometría trigonal de una molécula y el ángulo entre sus enlaces.

Se ha visto que el lenguaje de la química es simbólico en cuanto a las formas de una molécula, sin embargo, su lenguaje de los símbolos también está altamente relacionado con el lenguaje numérico para el modelamiento de moléculas. Este lenguaje simbólico y textual se puede considerar inextricable, es decir, un poco difícil de comprender en un tratamiento filosófico y matemático (Aberdein 2017). Los tipos de lenguaje tanto simbólica como textual no se resaltan como imposibles al ser inextricables, conciben una idea que no se encuentra fuera del contexto simbólico y textual; por el contrario, nos obligan a examinar paso a paso el método y la naturaleza de las matemáticas.

La matemática cuantitativa de Lavoisier está basada en la cantidad de sustancia por efectos del calórico (Lavoisier 2009). Evidentemente, para él era una necesidad vital emplear el lenguaje textual y simbólico para su avance en la cantidad de fósforo, carbono e hidrógeno, ya que esto le permitía tener una idea del primer análisis cuantitativo en estas sustancias. El utilizar unidades de medición (masa) como libra, onza, arroba y gramo pone a la química en un nuevo orden metrológico gracias a los pilares del método científico seguidos por Lavoisier.

2.1 EL CALÓRICO DE LAS SUSTANCIAS Y SUS EFECTOS

Se puede afirmar que el calor es una forma de energía entre un sistema y sus alrededores teniendo en cuenta un diferencial de temperatura ΔT (Aloma & Malaver 2007). En el *Tratado*, el llamado calórico de Lavoisier afecta de manera física y química algunos fluidos. Todo esto nace a partir de la observación de Lavoisier al tratar de comprender una ley de la naturaleza como el calórico. En el capítulo 1 (“De las combinaciones del calórico, y de la formación de los fluidos elásticos aeriformes”), el autor se centra primordialmente en estudiar la energía calórica y las transformaciones que experimenta un fluido al interactuar con este tipo de energía. Allí se puede leer: “Es un fenómeno constante y general en la naturaleza, como lo hizo ver claramente Boerhaave, que, si se calienta cualquier cuerpo sólido o fluido, aumenta de extensión en todas sus dimensiones” (Lavoisier 2009 10).

El calor como tipo de energía tiende a cambiar la forma de los cuerpos, es decir, afecta de manera específica las propiedades físicas y químicas de la materia. Para Lavoisier, estos fenómenos fueron resultados de observación y experimentación. Sin embargo, ¿llegaría Lavoisier a seguir estudiando los efectos del calor en los fluidos? Por otro lado, si Boerhaave vio este fenómeno, ¿podría ser modelado mediante expresiones matemáticas este tipo de fenómenos? Las respuestas para estas preguntas son afirmativas, haciendo énfasis en la segunda pregunta para un análisis más complejo. Al decir: si se calienta cualquier cuerpo sólido o fluido, aumenta de extensión en todas sus dimensiones. Esto es un fenómeno físico que también puede ser explicado mediante un lenguaje matemático, el cual se conoce como una especie de dilatación (Friend & Molinini 2016). Lavoisier no construyó un modelo físico para explicar esta clase de fenómenos, pero sí estudió el comportamiento del calor como energía en fluidos aeriformes.

Ahora, si decimos que aumenta en todas sus dimensiones, podemos suponer las siguientes variables: X como el largo, Y como el alto y Z como el ancho; por lo tanto, podemos afirmar un volumen (V).

$$V_C = X \times Y \times Z. \quad (1)$$

Luego para que exista un aumento en una de sus dimensiones se requiere de calor. En este caso, y a manera de ejemplo, nos centramos en un sólido (cuerpo u objeto) que experimenta cambio en su volumen, que matemáticamente es conocido como un diferencial de volumen (ΔV). Al tener un cuerpo o fluido, según Boerhaave, este sufrirá cambios en sus dimensiones por los efectos del calórico. Ahora, suponiendo que tenemos un cubo, como se presenta en la siguiente ilustración, declararemos las variables que desde la observación tienden a mostrar cambios físicos.

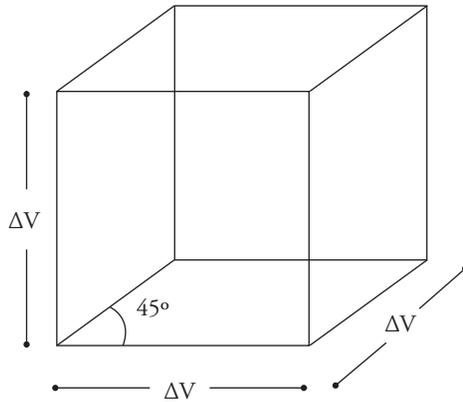


Figura 1. Cuerpo sujeto a cambios en sus dimensiones

Si el cuerpo de la figura 1 interactúa con el calórico que señalaba Lavoisier, entonces, podemos afirmar la siguiente variable principal como:

$$\Delta T \propto Q. \quad (2)$$

Una variación de la temperatura es proporcional al calor como energía (Q). De modo que si el cuerpo presenta una expansión en todas sus dimensiones, entonces existe:

$$(T_2 - T_1) \propto Q. \quad (2.1)$$

Tal que Q es una función dependiente de la temperatura que numéricamente es de la forma

$$Q(T) \in \mathbb{R}. \tag{2.2}$$

Al analizar la expresión del volumen (1) es evidente que los efectos de $Q(T)$ generan una expansión o cambios en las dimensiones del cuerpo. Sin embargo, en la época de Lavoisier aún no se conocían modelos físicos para representar el comportamiento de un fenómeno. En efecto, la química se encontraba en un proceso de ordenamiento en su lenguaje, con el objetivo de introducir en ella un espíritu de análisis (Saldivia 2017). Ahora bien, si se retoma lo dicho por Lavoisier en el capítulo I de su *Tratado*, donde un cuerpo aumenta todas sus dimensiones, entonces, matemáticamente se habla de una variación en su volumen conocida como ΔV , o cambio del volumen. Seguido de esto, si se relacionan analíticamente las observaciones de Boerhaave enunciadas por Lavoisier, entonces surge la expresión:

$$\Delta V = \Delta X \times \Delta Y \times \Delta Z. \tag{3}$$

De modo que si el cuerpo se expande en una dimensión, es claro afirmar un estado final e inicial del tipo:

$$\Delta V_x = (X_2 - X_1) \tag{3.1}$$

$$\therefore \Delta V_x \propto Q. \tag{3.1.1}$$

Finalmente, la variación del volumen en X , conocida como ΔV_x , es proporcional al calor suministrado. De manera general, la expansión del cuerpo en todas sus dimensiones, vendría siendo de la forma,

$$\prod_{k=1}^n (X_k Y_k Z_k) = \left(\prod_{k=1}^n X_k \right) \left(\prod_{k=1}^n Y_k \right) \left(\prod_{k=1}^n Z_k \right) \tag{3.2}$$

Con un superíndice $n=3$, tal que k sea la arista del cuerpo regular (véase figura 1), llevando presente la condición de $k=n$. Ahora, si aumentan todas sus extensiones, como lo señaló Boerhaave, se afirma un lenguaje numérico estructurado de la siguiente manera:

$$\prod_{k=3}^3 (X_k Y_k Z_k) = (x_k)^3 \quad (3.2.1)$$

Luego, al ser un sólido de lados congruentes, finalmente afirmamos:

$$Vi=(X_k)^3. \quad (3.3)$$

En efecto, la expresión (3.3) denota un volumen en una dimensión X_k ; sin embargo, este volumen no solo existe para una dimensión, sino también para dimensiones homólogas a X_k , tal como se reflejó en la expresión anterior (3). Lavoisier observó los efectos del llamado calórico sobre algunos cuerpos y que estos tienden a aumentar sus extensiones, como su longitud, superficie y volumen (Lavoisier 2009). Evidentemente, el calor, al ser una forma de energía, tiende a desprender las moléculas que se encuentran unidas a un determinado cuerpo. En el tiempo de Lavoisier no se conocían tantas expresiones numéricas, ya que la química se encontraba en un ordenamiento general, es decir, la química se coordinaba como ciencia pura y aplicada, a pesar de no haberse escudriñado su lengua. No obstante, al escribir el *Tratado*, se pueden evidenciar diversos fenómenos que pueden ser descritos a través de un lenguaje numérico, productos de sus observaciones durante la época.

Por otro lado, durante el siglo XVIII, el finitismo como campo asociado a la filosofía de las matemáticas (Marion 1998) todavía no estaba en su apogeo para estructurar la química con las matemáticas. Ahora, ¿cómo puede verse relacionado el finitismo matemático en el desarrollo cuantitativo de la química? De manera abreviada, el finitismo busca la formulación de teorías científicas para explicar fenómenos naturales (Ye 2011). Por lo tanto, al ser producto de numerables observaciones, el lenguaje cuantitativo de Lavoisier se basaba en un constructivismo y el buen empleo de las variables de análisis. Algunas variables pueden ser ficticias o

pueden eliminarse mientras se construye un objeto matemático (Ye 2000). Cuando se presenta un estado final de un modelo se declaran las dependencias de las variables de análisis. A manera de ejemplo, Lavoisier invalidó la teoría del flogisto desde un punto de vista más científico. En efecto, encontró la verdad desde la observación y la experimentación en una teoría basada en la combustión, pero una verdad basada en el punto de vista aritmético, no matemático (Gallego 2015); la veracidad en la que Lavoisier “confiaba” estaba centrada en pilares cuantitativos básicos, como el peso, el número y la medición.

El divulgador y profesor de matemáticas de la Universidad de Oxford Marcus Du Sautoy define a un matemático como “un buscador de patrones en este mundo caótico y desordenado en el que vivimos” (Du Sautoy 2008). Lavoisier no era matemático, pero sí contaba con los conocimientos aritméticos más fundamentales para la elaboración de su tratado; sobre todo, al encontrar la masa de los residuos de azufre, plomo y estaño, lo que llevó a invalidar la teoría del flogisto propuesta por Stahl (Lacaille 1994). De manera epistemológica, Lavoisier eliminó el concepto del flogisto mediante los experimentos cuantitativos basados en la observación, pero no ocurrió lo mismo con el referente asociado a este concepto (Lewowicz 2011). Desde un punto de vista ontológico, para Lavoisier importaba el denominado calórico, es decir, lo que existe en un objeto sometido al calor o inflamabilidad. A partir de esto sucedió la revolución química, donde la epistemología y la ontología ubican a la química como una ciencia de veracidad y de orden, tal como lo son otros campos. De hecho, Lavoisier no es considerado un filósofo a la altura de Hegel, Locke, Kant, entre otros. Sin embargo, se puede afirmar que los principios de una ciencia lo llevaron a indagar en ramas filosóficas sobre la química.

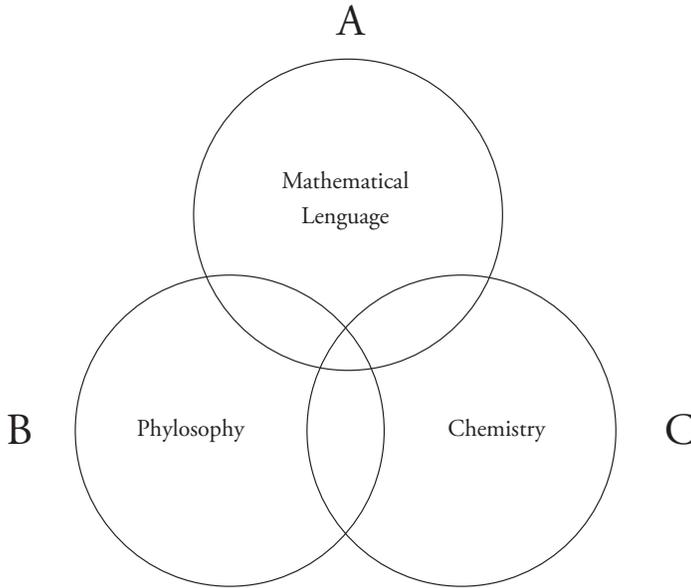


Figura 2. Diagrama de Venn ternario para la relación epistemológica del Tratado. A. Comprende el lenguaje numérico y simbólico (matemático). B. La filosofía. C. La química en la obra de Lavoisier.

A través del tiempo la química ha sido un campo de estudio desde una perspectiva filosófica, aunque pocos trabajen en este. La química, la filosofía y un lenguaje estructurado en forma numérica comparten un punto en común, es decir, una veracidad epistemológica que busca ofrecer un ordenamiento y la claridad del mundo físico. Esta veracidad sostiene que las estructuras matemáticas (lenguaje numérico) ligadas a la química involucran un contexto epistemológico ajustado a un fenómeno visible. Hay pocos químicos que trabajan en el campo de la filosofía de la química (Villaveces 2000). Aun siendo estos pocos, la filosofía de la obra de Lavoisier es un campo joven, que abarca los contextos ontológicos y epistemológicos sobre los cuales la matemática y la filosofía van en aumento. Desde el primer *Tratado elemental de química* hasta el presente, el lenguaje numérico en la química siempre ha permanecido al igual que los ideales filosóficos. Algunas investigaciones resaltan el lenguaje numérico en la química discreta (Restrepo & Villaveces 2013); sin em-

bargo, esta rama lleva a la construcción de modelos y algoritmos fundamentados en el conocimiento matemático de la química. En efecto, este nuevo campo involucra contextos filosóficos y matemáticos, de manera muy similar al *Tratado*, donde estas dos áreas del conocimiento siempre han estado presentes.

3. LAS CONSECUENCIAS DE UNA REVOLUCIÓN Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

3.1 UN NUEVO ESTRUCTURALISMO NUMÉRICO EN LA QUÍMICA

La matemática se encuentra sujeta a diversos axiomas que en ciertos casos pueden ser verdaderos o falsos (Schlimm 2013), los cuales establecen un conjunto de razonamientos en un cuerpo teórico. Schlimm realizó una investigación global sobre la matemática aplicada y su filosofía, destacando los aspectos más sobresalientes. Sin embargo, desde una perspectiva metafísica, Lavoisier no es el descubridor de ningún método o algoritmo matemático; solo dirigió a los químicos a una nueva forma de pensamiento basado en la observación y la experimentación (Bensaude 2005). Por otro lado, implementó técnicas analíticas que lo llevaron a tener una mayor seguridad de su trabajo. Estas técnicas también consisten en la aplicación del lenguaje matemático a la química, que hoy en día hace parte del análisis químico cuantitativo.

Mediante un análisis general, es posible ver en el *Tratado* una matemática clara y sencilla, pero principalmente enfocada en fundamentos aritméticos. En dicha obra, la matemática ha sido uno de los grandes motores de avance para esta ciencia. No obstante, la química aún sigue avanzando en filosofía y matemática. Un claro ejemplo de un lenguaje organizado son los sistemas topológicos de la tabla periódica (Restrepo et ál. 2004). El estudio de los topos en el sistema periódico y sus relaciones geométricas abarcan patrones matemáticos en un lenguaje estructurado y organizado, por lo que desde la época de Lavoisier la matemática siempre ha continuado en avance.

El constructivismo es una corriente de la filosofía de las matemáticas, que tiene como objetivo construir o encontrar un objeto matemático que presente una

existencia numérica (Bishop 1967). Bishop, en su obra *Foundations of Constructive Analysis*, realiza un planteamiento general de los teoremas que fueron demostrados en el análisis real a través de formas constructivas. En el mundo de las matemáticas es conocido por ser el fundador de esta corriente. Sin embargo, el constructivismo requiere de pruebas para verificar la existencia de un objeto matemático, recordando que las pruebas son esenciales en cualquier disciplina, ya que son una vía para obtener mayor certeza en el objeto de estudio. Si se plantea una prueba de existencia en un espacio, se puede decir:

$$\exists u: f(u). \quad (4)$$

Evidentemente existe un u tal que $f(u)$ sea verdadera para denotar su existencia, caso especial para un cubo (Martínez Costa 2019). Las pruebas de existencia proporcionan la construcción de un objeto matemático, caso común con las matemáticas de hoy en día que requieren de múltiples pruebas (algunas particulares) para la posibilidad de la construcción de objetos. A manera de ejemplo seleccionemos el hexaedro propuesto en la figura 1, sobre el cual Boerhaave realizó algunos experimentos y que más tarde fueron enunciados por Lavoisier en su obra.

Según investigaciones de Martínez Costa la existencia de un objeto requiere de pruebas, que en este caso también es particular para un cubo. Si el volumen de este cuerpo se expresa como:

$$V=u^3 \quad \vee \quad f(u)=u^3 \quad (5)$$

Por lo tanto, el volumen de un cuerpo sujeto a cambios (figura 1) puede verse a través de un lenguaje matemático, en este caso, una diferencial total en sus dimensiones,

$$V=f(X_k, Y_k, Z_k) = \left(\frac{df}{dX_k} \right) \left(\frac{df}{dY_k} \right) \left(\frac{df}{dZ_k} \right) \quad 6$$

Pero $f(X_k Y_k Z_k)$ es igual a todos los diferenciales por tratarse de un cuerpo regular, en otras palabras, podría escribirse de la forma:

$$f(X_k Y_k Z_k) = \left(\frac{df}{dX_k} \right) \left(\frac{df}{dY_k} \right) \left(\frac{df}{dZ_k} \right) \quad 7$$

En efecto, el caso particular señalado por Martínez Costa corresponde a la construcción de un modelo físico en este tipo de cuerpos. Teniendo en cuenta que los elementos empleados son similares entre sí, es sencillo deducir un constructivismo mediante el uso de la derivada en un cuerpo geométrico de este tipo. Para Martínez Costa, un modelo físico particular en un cubo con arista igual a tres unidades presenta la siguiente estructura:

$$f(X_k Y_k Z_k) = \sqrt{\left(\frac{df}{dX_k} \right) \times 2} + \sqrt{\left(\frac{d^2f}{dY_k^2} \right) \times 2} + \sqrt{\left(\frac{d^3f}{dZ_k^3} \right) \times 2} \quad 8$$

$$\therefore f(X_k Y_k Z_k) = A(V). \quad (8.1)$$

Claramente el modelo (8) es un ejemplo de constructivismo. Sin embargo, su estructuralismo se ajusta al aumento de sus derivadas debido al volumen del hexaedro o cuerpo regular (Martínez Costa 2019). Al retomar la igualdad (8.1), la función f en tres dimensiones corresponde al área de un cubo en términos del volumen, que finalmente se denota por la expresión matemática (8). Analizando la expresión (5) en términos de u , es claro afirmar que el área del cuerpo se modela mediante una única variable y que matemáticamente se representa como:

$$f(u) = \sqrt{\left(\frac{df}{du} \right) \times 2} + \sqrt{\left(\frac{d^2f}{du^2} \right) \times 2} + \sqrt{\left(\frac{d^3f}{du^3} \right) \times 2} \quad 8.2$$

El modelo matemático (8.2) es un claro ejemplo de constructivismo particular, ya que solo existe un $u \in \mathbb{N}$ para satisfacer este modelo. En otras investigaciones, esta variable pertenece al conjunto de los reales $u \in \mathbb{R}$ (Martínez Costa 2018). La expresión (8.2) para un cubo no es consistente en todos los casos. Sin embargo, Martínez Costa asegura en sus investigaciones que dicho modelo se ajusta solo a ciertas condiciones matemáticas. El propósito de este trabajo no es profundizar en ecuaciones matemáticas complejas, sino ver una manera de constructivismo en el lenguaje matemático que de cierto modo puede relacionarse con la química. Otras investigaciones resaltan la estructura de la mecánica cuántica por medio de una ecuación matemática (Martínez González 2018). Avances como las estructuras topológicas de los elementos químicos (Restrepo & Pachón 2007) muestran la gran utilidad del lenguaje matemático direccionado hacia la química. Desde que Lavoisier ubicó la química como una ciencia organizada, el pensamiento matemático en la química ha sido un campo joven que hoy en día es explorado por pocos científicos y que se encuentra lleno de patrones (Restrepo & Villaveces 2012).

3.2 LOS EFECTOS DE LA REVOLUCIÓN

Lavoisier ocasionó la revolución química a través de su *Tratado*. Allí esta ciencia adquirió un nuevo ordenamiento y generó una mayor comprensión para los químicos de la época de forma cuantitativa mediante la aritmética y los instrumentos de medición. Desde Lavoisier hasta hoy, la evolución de la química ha sido notoria, con nuevos conceptos y aparatos de medición con menor grado de incertidumbre. La balanza fue uno de los instrumentos más empleados en la época y, a pesar de los años, se ha convertido en un nuevo símbolo para la química como una nueva disciplina (Bertomeu & García 2006). Antes de que sucediera la revolución, algunos estudiosos como Joseph Priestley (1733-1804), Joseph Black (1728-1799) y Stephen Hales (1677-1761) examinaron el comportamiento de los fluidos elásticos, que más tarde también fue enunciado por Lavoisier en su obra para formar parte del cambio en la química.

Las prácticas experimentales siempre han sido fundamentales en la ciencia. La experimentación hace parte del contexto de la ciencia, por ende, existen diversos estudios empleando distintos instrumentos (el calorímetro y el gasómetro) y experimentos de la respiración dirigido por Lavoisier (Bertomeu 2006). Toda la experimentación abarcó un contexto filosófico teniendo en cuenta métodos y modelos, en especial, dirigidos a la filosofía de esta ciencia (Chamizo 2009). Según las investigaciones de Chamizo, la ciencia emplea puntos de vistas ortodoxos, que de cierta manera se alcanzan a través del método científico, y estos buscan ser aceptados por una comunidad científica.

Para la filosofía, es una oportunidad para generar un campo de estudio, basado en la epistemología de la química a lo largo del tiempo. Sin embargo, la ontología y la epistemología han sido pilares importantes para la experimentación, ya que gracias a esto la filosofía de la química ha continuado en crecimiento. En muchos textos filosóficos se habla del método científico, conocido como un conjunto de pasos o algoritmos del conocimiento (McComas 2000) que de muchas maneras ha logrado que la ciencia sea una luz en la oscuridad. Si se analizan las razones por las cuales Lavoisier es considerado el padre de la química moderna, se entendería fácilmente que este científico abarcó contextos filosóficos y matemáticos, sobre todo, técnicas analíticas cuantitativas que le ayudaron a obtener mayor seguridad en los fenómenos. Al no ser un filósofo, se puede afirmar que Lavoisier siguió algunos pasos del método científico, lo que lo llevó a generar la revolución química en sus investigaciones. El Tratado es una obra inmutable y original con la que inició la química moderna. De cierto modo, los conceptos (nomenclatura) allí plasmados aún siguen vigentes como los sufijos -ico y -oso, los cuales son muy utilizados por la Unión Internacional de Química Pura para dar nombre a los óxidos. Algunos cambios conceptuales enunciados su obra también hacen parte de la evolución química.

CONCLUSIÓN

Estudiar el *Tratado elemental de química* de Lavoisier desde un punto de vista filosófico y matemático resalta razones evidentes de una revolución química. Gracias a la observación y la experimentación, se logró clasificar la química como una ciencia organizada, teniendo en cuenta que en aquella época no se consideraba un campo de estudio como lo es hoy en día. En esta obra, los fundamentos matemáticos aplicados por Lavoisier en la química lo dotaron de una veracidad epistemológica, lo que le permitió desarrollar técnicas analíticas para cuantificar las sustancias e invalidar teorías que se creían por ortodoxia, como es el caso de la teoría del flogisto de Stahl. Los modelos físicos o matemáticos para un fenómeno no se encontraban desarrollados, sin embargo, estos vieron la luz una vez que se generó la revolución. Esta fue una nueva forma de pensamiento para los químicos, que incluso vino acompañada del lenguaje matemático para brindar mayor análisis a la química.

En el *Tratado*, el autor se preocupa por fijar un lenguaje a la química, es decir, un lenguaje estructurado y organizado en la materia. Pero existe una pregunta relacionada con dicho trabajo: ¿por qué Lavoisier se interesó tanto en la lingüística de la química y el lenguaje matemático era muy escaso? En el *Tratado*, se evidencian algunos fundamentos matemáticos, los cuales son de carácter aritmético, esto es, técnicas que permiten cuantificar el peso de las sustancias cuando se someten a un determinado proceso. Por ejemplo, la calcinación de una muestra explicada por Lavoisier en su obra es un ejemplo claro que despertó la curiosidad matemática en el autor. El lenguaje matemático en la química implica corrientes filosóficas como el constructivismo y el finitismo. Estas corrientes de pensamiento han venido presentando avances desde la revolución química y han generado nuevas disciplinas como la química matemática.

Durante su época, Lavoisier se interesó más por la experimentación y por brindar una nueva lingüística a la química. Actualmente, mediante el lenguaje se establece la comunicación. Sabiendo que el lenguaje se ha convertido en un pilar de la ciencia, es posible razonar en dicho contexto de manera filosófica y matemática siguiendo pasos de conocimiento, como lo es el método científico.

En conclusión, a pesar de la evolución química en el tiempo, el lenguaje matemático y el filosófico están unidos entre sí para la química. Es decir, la química de Lavoisier presenta los soportes epistemológicos y ontológicos dignos para un cambio en esta ciencia, teniendo en cuenta que, al no ser un filósofo, Lavoisier siguió el método científico en su obra.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece de manera franca a Guillermo Restrepo (Max Planck Institute for Mathematics in the Science, en Leipzig) por sus valiosos comentarios a este trabajo.

TRABAJOS CITADOS

- Aberdein, Andrew., y Mohan, Ganesalingam. “The Language of Mathematics: A Linguistic and Philosophical Investigation”. *Philosophia Mathematica* 25.1 (2017): 143–147. <<https://doi.org/10.1093/philmat/nkw020>>
- Aloma, Eduardo y Manuel Malaver. “Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y el teorema de Carnot en textos universitarios de termodinámica”. *Enseñanza de las Ciencias* 25.3 (2007): 387-400. <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87934>>
- Asensi, Viviana y Antonio Parra. “El método científico y la nueva filosofía de la ciencia”. *Anales de Documentación* 5.1 (2002): 9-19. <<https://revistas.um.es/analesdoc/article/view/2251>>
- Bensaude, Bernadette. “Chemistry in the French Tradition of Philosophy of Science: Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard”. *Studies in History and Philosophy of Science* 36.1 (2005): 627-648.
- Bertomeu, José y Antonio García. “Visiones de la revolución química (1794-1943): entre la historia y la memoria”. *Cuadernos Dieciochistas* 7.1 (2006): 113-140. <<http://hdl.handle.net/10366/69091>>

- Bertomeu, José. “La revolución química: entre la historia y la memoria”. *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinæ Scientiarumque Historiam Illustrandam* 26.1 (2006): 307-322. <<https://www.raco.cat/index.php/Dynamis/article/view/114241>>
- Bishop, Errett. *Foundations of Constructive Analysis*. New York & Tokyo: Ishi Press International, 1967.
- Cazau, Pablo. “Evolución de las relaciones entre la epistemología y la metodología de la investigación”. *Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación* 3.2 (2011): 109-126. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo;jsessionid=C-9024810F89FA2C212BCB2E40A5D12C2.dialnet02?codigo=3798214>>
- Chamizo, Antonio. “Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos”. *Educación Química* 20.1 (2009): 6-12. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30002-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30002-8)>
- Du Sautoy, Marcus. *Symmetry: A Journey into the Patterns of Nature*. New York: Harper Collins Publishers, 2008.
- Friend, Michele y Daniele Molinini. “Using Mathematics to Explain a Scientific Theory”. *Philosophia Mathematica*, 24.2 (2016): 185-213. <<https://doi.org/10.1093/philmat/nkv022>>
- Gallego, Rómulo. “Del modelo científico del flogisto al modelo de la oxidación. El concepto de frontera”. *Educación Química* 26.3 (2015): 242-249. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.03.001>>
- García, Rolando. “Epistemología y teoría del conocimiento”. *Salud Colectiva* 2.2 (2006): 113-122. <<https://doi.org/10.18294/sc.2006.60>>
- Lacaille, Claude. “El flogisto. Ascenso y caída de la gran teoría química”. *Revista Ciencias: UNAM* 34.1 (1994): 4-10. <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11398>>
- Lavoisier, Antonie. *Traite Elemetarire de Chimie*. Valladolid: Maxtor, 2009.
- Lewowicz, Lucía. “Phlogiston, Lavoisier and the Purloined Referent”. *Studies in History and Philosophy of Science* 42.3 (2011): 436-444. <<https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2011.02.002>>

- Llacer, Eusebio y Ballesteros, Fernando. “El lenguaje científico, la divulgación de la ciencia y el riesgo de las pseudociencias”. *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüístics*, 17 (2012): 51-67.
- López, Francisco. “Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden”. *Enseñanza de las Ciencias* 8.1 (1990): 65-74. <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51294>>
- Marion, Mathieu. *Wittgenstein, Finitism and the Foundations of Mathematics*. New York: Clarendon Press, 1998. 84-94.
- Martí, Miguel. “Aristotle’s Philosophy of Mathematics”. *Tópicos, Revista de Filosofía* 52.1 (2017): 43-66. <<https://doi.org/10.21555/top.v0i52.784>>
- Martínez Costa, Brandon. “Theorem of the Real Numerical Value of a Polynomial According to the Derivatives of Higher Order”. *Matua* 5.1 (2018): 29-35. <<http://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/MATUA/article/view/2020>>
- _____. *Teorema del valor numérico real de un polinomio: introducción y aplicaciones básicas*. Tallin, Estonia: Editorial Académica Española, 2019.
- Martínez González, Juan. “La relevancia de la reconstrucción modelo-teórica para la interpretación de la química cuántica”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 18.36 (2018): 69-87. <<https://doi.org/10.18270/rcfc.v18i36.2269>>
- McComas, William. *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Países Bajos: Kluwer Academic Publishers, 2000. 73-82.
- Puga, Luis, Jhony Rodríguez y Alba Toledo. “Reflexiones sobre el lenguaje matemático y su incidencia en el aprendizaje significativo”. *Sophia* 20.1 (2016): 197-220. <<https://doi.org/10.17163/soph.n20.2016.09>>
- Restrepo, Guillermo y Leonardo Pachón. “Mathematical Aspects of the Periodic Law”. *Foundations of Chemistry: Philosophical, Historical, Educational and Interdisciplinary Studies of Chemistry* 9.2 (2007): 189-214. <<https://doi.org/10.1007/s10698-006-9026-6>>
- Restrepo, Guillermo y José Villaveces. “Mathematical Thinking in Chemistry”. *Hyle* 18.1 (2012): 3-22. <<http://www.hyle.org/journal/issues/18-1/restrepo-villaveces.pdf>>

- _____. “Discrete Mathematical Chemistry: Social Aspects if Its Emergence and Reception”. *Hyle* 19.1 (2013): 19-33. <<http://www.hyle.org/journal/issues/19-1/restrepo-villaveces.htm>>
- Restrepo, Guillermo et ál. “Topological Study of the Periodic System”. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 44.1 (2004): 68-75. <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ci034217z>>
- Saldivia, Z. “Lavoisier, la química y la revolución”. *Critica.cl* (2017) <<https://critica.cl/historia-de-la-ciencia/lavoisier-la-quimica-y-la-revolucion>>
- Sánchez, José. *El jardín de Newton*. Barcelona: Booket, 2013.
- Schlimm, Dirk. “Axioms in Mathematical Practice”. *Philosophia Mathematica* 21.1 (2013): 37-92. <<https://doi.org/10.1093/philmat/nks036>>
- Schummer, Joachim. “Philosophy of Chemistry”. *Encyclopedia of Philosophy. Second Edition*. New York: Macmillan, 2006. 1-6.
- _____. “The Philosophy of Chemistry”. *Philosophies of the Sciences*. Chichester: Blackwell-Wiley, 2010. 163-183.
- Villaveces, José. “Química y epistemología, una relación esquivia”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 1.2 (2000): 9-26. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41400302>>
- Ye, Feng. *Strict Constructivism and the Philosophy of the Mathematics*. ProQuest Dissertations and Theses, 2000. 422.
- _____. *Strict Finitism and the Logic of Mathematical Applications*. Netherlands: Springer, 2011. 35-78.

FROM PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY TO PHILOSOPHY OF ENGINEERING*

DE LA FILOSOFÍA DE LA TECNOLOGÍA A LA FILOSOFÍA DE LA INGENIERÍA

ORLANDO LÓPEZ-CRUZ
Universidad El Bosque
Bogotá, Colombia.
orlandolopez@unbosque.edu.co



ABSTRACT

A popular belief, inherited from the early 20th century, says that engineering is the application of scientific knowledge. However, after the understanding of the concepts of technique and technology, behind a mere linguistic issue, appear in the stage engineering with, more than ethical issues, as it has been considered in the tradition of philosophy of technology or, even, sociology of technology. After a detailed dissertation of the nature of knowledge in engineering and the inspection of the process to conduct research in engineering contrasted to the way the scientific method produces new scientific knowledge, it is inferred that besides creating two different kinds of human knowledge, science and engineering require different research methods, even coincident in some points.

Keywords: philosophy of engineering; philosophy of technology; research in engineering; epistemology of engineering; engineering thinking.

* Este artículo se debe citar: López-Cruz, Orlando. "From Philosophy of Technology to Philosophy of Engineering". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 63-111. <https://doi.org/10.18270/rfsc.v20i41.3385>

RESUMEN

La creencia generalizada, heredada del inicio del siglo XX, dice que la ingeniería es la aplicación del conocimiento científico. Sin embargo, mediante la comprensión de los conceptos de técnica y tecnología, más allá de un asunto lingüístico, aparece la escena la ingeniería con más líneas de trabajo que solo los asuntos éticos que han sido de amplia consideración en la tradición de la filosofía de la ingeniería o incluso en la sociología de la tecnología. Con una detallada disertación sobre la naturaleza del conocimiento en ingeniería y la inspección del proceso para conducir investigación en ingeniería, en contraste con la forma como el método científico genera conocimiento científico, se infiere que además de crear dos diferentes clases de conocimiento humano, la ciencia y la ingeniería requieren de diferentes métodos de investigación, si bien coinciden en algunos puntos.

Palabras clave: filosofía de la ingeniería; filosofía de la tecnología; investigación en ingeniería; epistemología de la ingeniería; pensamiento de ingeniería.

1. INTRODUCTION

Since the twentieth century, some assert that it is difficult to distinguish between science and engineering or make a distinction between what scientists and non-scientists do, for instance, engineers (Keys 2009). Others claim that what scientists and engineers do complement each other or work very close, or simply that engineering is a branch of science or the application of scientific knowledge. This defines three models to understand between science and technology (Channell 2009).

However, there is no such difficulty at all. The kind of that apparent difficulty comes from a faulty comprehension of the historical and conceptual (Channell 2009; Mitcham & Schatzberg 2009) evolution of science and engineering, and the philosophical distinctions, both ontological and epistemological distinctions, between them.

It is shown how incomplete or inappropriate distinctions between technique, technology, and science, as well as some misconceptions on what is knowledge in engineering produced practical contradictions such as the wide belief that engineering is just the application of scientific knowledge which derives in the formal impossibility to produce new knowledge in engineering and, at the same time, would prevent the rationality of any doctoral (research) degree in engineering. In this paper there is no difference between engineering and engineering sciences (Mitcham & Schatzberg 2009), without disregarding differences between the two of them.

This research aims to state distinctions between science and engineering not by comparing the results of the work of scientists and engineers but through a comparison on the reasoning preceding what people on each discipline do, and on epistemological issues such as what is engineering knowledge and how to produce new knowledge in engineering, and the “weltanschauung” both in science and engineering. In doing so, as a methodological path, the modern concepts of technique and technology are revisited, then a distinction between engineering and technology is introduced (McCarthy 2011) followed by a characterization of the relationship between science and engineering. What should be understood as technology science is a departing point to deal with the brief history of philosophy of engineering as a discipline of philosophy, what knowledge in engineering is, and its research method to end with a comparison between science and engineering.

Engineering has a detached relationship with philosophy. Ethics is the main concern of many publications of philosophy in engineering (Heywood 2008), but it is not enough (Mitcham 2015). Some papers on philosophy of engineering may be traced back to 1966 (Greber 1966), but it is a philosophical discipline of recent development.

The document is structured as follows: This introduction, a section to make a distinction between technique and technology, then, the main section disserting the differences between science and technology, emphasizing that engineering is not applied science and introducing a comparison of the research process in science and the research process in engineering. Conclusions and further research are the final sections.

2. THE DISTINCTION BETWEEN TECHNIQUE AND TECHNOLOGY

Artifacts play a central role when talking on technique and technology (Newberry 2013). While the words “technique” and “technology” are used indistinctly to refer to artifacts, their meaning is somewhat different and belongs to different conceptual and, even, conceptual and historical contexts (Mitcham & Schatzberg 2009). The distinction between technique and technology is undertaken in this section.

2.1. THE INTEREST IN “TECHNIQUE”

At the beginning of the twentieth-century philosophers were (still) asking what technique is. An answer given to this question was: the acts modifying nature (Ortega y Gasset 1965). These acts were described as procedures allowing humankind to get on his/her initiative what nature does not provide and is needed. In other words, “technique” is defined as a way humankind imposes over nature since humans do not resign to their environment (Santandreu Niell 1992). This idea advises that technique is inherent to the human race. However, the same idea does not mean that procedures to modify the environment to more appropriate conditions are of the exclusive practice of human beings, since insects like ants, mammals such as beavers, or birds like woodpeckers modify their environment also.

On the other hand, technique opposes to the adaptation of the individual to his/her environment. This is to say, while biological adaptation is a modification of the subject to the environment, technique may be understood as those acts directed from human beings to adapt nature to both their objective and superfluous needs. Technique and (natural) adaptation move in opposing directions.

Technical acts may be characterized by:

1. Their base is the human mind and the human aspiration to creative self-fulfillment.

2. Ensure the satisfaction of human needs,
3. Get this satisfaction with minimal effort, this optimization step is identified as efficiency, and
4. Create new possibilities with objects that may not be found in nature.

Therefore, the reason and cause of “technique” are outside technical artifacts. The cause of technique is to free humankind to allow human beings to be human: to insert the world into the ‘human world’, since the human being is not part of nature, but the human being has an interpretation of nature.

However, technical artifacts do not necessarily accomplish the optimization step. Then, it is valid to ask if artifacts such as telephones, vehicles, and Internet have led to waste not just individual but social time and effort (Mumford 1963; Veblen 1898). Sometimes, they are obstacles to the ends they pretend to favor. To summarize, technique means the set of procedures to get a specific result.

2.2. TECHNOLOGY: A WIDER CONCEPT THAN TECHNIQUE

The distinction between technique and technology is not a matter of linguistics. This issue has been under interest since the nineteenth century. There is no general agreement about what technology is (Black 1976). While technique may be conceived as the cluster of competencies and skills in doing something or any particular activity, as a series of steps to perform an action accurately and efficiently, technology may be defined as the conscious systematic organization of any technique (Espinas 1987; Mauss 2004) to control the world through the use of artifacts.

Although thinking about technology may be traced back to ancient Greeks, the philosophy of technology is considered to be a field of philosophy since the second half of the nineteenth century (Kapp 1877). Concerning structured knowledge, there is no record of interdependence between science and technique before the nineteenth century (Habermas 1984). In this way, it is proper to speak of technology in modern terms since the last quarter of that century.

Despite the development of more than a century in philosophy of technology, some philosophers were still defending technology as a relevant field of philosophy (Bunge 1976) in the last quarter of the twentieth century, not because artifacts in themselves have a philosophical interest but in the technological processes where may be distinguished human knowledge. On the other hand, others (Giere 1976) commented in the meeting of the Philosophy of Science Association titled “Are There Any Philosophically Interesting Questions in Technology?” that something strange is in this title. Furthermore, in the symposium “Philosophy of Technology” sounds strange in a “Philosophy of Science” meeting, and suggested to understand the “philosophy of technology” not as a philosophical field but as “applied philosophy” since just epistemology is the field where the philosophy of technology demonstrated contributions. This is comprehensible since the philosophy of technology was pervaded by the focus on the moral implications of technology on society and human beings (Heidegger 1977) even the Heideggerian *dasein*.

According to Mitcham, there are two trends in philosophy of technology (Mitcham 1989): first, the philosophy of technology from the inside in which the main objective is the comprehension of the technological way of being-in-the-world, and philosophy of technology of humanities aiming to find a trans-technological point of view to understand the meaning of technology. This trend is a hermeneutical approach to technology (Mitcham 1989) to accomplish a comprehensive understanding of technology instead of a logical explanation. This stands on the principle of the primacy of humanities over technology since humanities conceived technology and not that technology conceived humanities.

Since technology is a new form to exist in the world, technology becomes a religious experience, and the religious experience takes a technological meaning (Dessauer 1964) with moral meaning.

In a linear timeline, technology has evolved in three phases (Mumford 1963):

1. Since ancient time to 1750: Technology of intuitive (Ortega y Gasset 1965) or random techniques (Mumford 1963) using water and wind, in modern terms: just techniques,

2. 1750-1900: Technologies of empirical (Ortega y Gasset 1965) or craftsman techniques (Mumford 1963) based on coal and iron, and
3. 1900 – up to the present day: Technologies of the technician or engineer (Ortega y Gasset) based on electricity and metal alloy. The keys to these technologies are rationality, artificiality, automation of the technical election, self-growing, indivisibility, universalism, and autonomy (Ellul 2018).

The “scientification” of technique occurring in the last quarter of the nineteenth century is a characteristic of late capitalism. Since capitalism looks for a permanent increase in the productivity of labor by introducing new techniques, including what is called industrial management at the dawn of the twentieth century (López-Cruz 2002, 2006; Habermas 1984; Taylor 1919), there is a permanent demand for new techniques. Those techniques new techniques come from creations. Creations proceed either from random outcomes from the daily practice of using current techniques in current activities or from research groups or institutes. Those creations in the forward march of the Industrial Revolution were called “technical inventions” until the late nineteenth century, thereafter a new word —now a buzzword— to distinguish “invention” as an act of intellectual creativity undertaken without paying attention to eventual profits, from “innovation” used to mean the incorporation of creations into firms (Schumpeter 1961). After the second world war “innovation” went on to signify, formally speaking, the implementation of creations: the introduction on the market (product innovation) or use within a production process (process innovation) or a new marketing method involving significant changes in product design or packaging, product placement, product promotion or pricing (marketing innovation) or new organizational method in the firm’s business practices, workplace organization or external relations (organizational innovation) (Organization for Economic Co-operation and Development [OECD] 2018).

Since capitalism may not be left innovations to free “inspirations” due to efficiency reasons, capitalism systematized innovations by linking research in universities and research centers to industries, or production centers. Since then, tech-

nical progress and scientific progress are intertwined as technological sciences. Now technological development and scientific progress feed mutually, making science and technology the first productive power (Habermas 1984). However, science is not a technique, but science uses techniques in its validation processes. Because of this close and strong relationship, science and technology are two powerful political, economic, social, and cultural institutions (Vessuri 2001). Besides, there is a permanent relation between science, technology, and engineering (Pitt 2010; Poel 2010), but still differences.

Recent views of technology claims technology not as an artifact or knowledge incorporated to a process or artifact, but as the core of organizational absorptive capacity to enable organizational knowledge (López-Cruz 2017a); technology as routine capability (Swanson 2019).

A distinction between technological sciences and natural sciences is that technological theories need not prove they are true but they do need to prove that function (Mitcam 1989), that they produce useful results. This difference will be inherited to philosophy of engineering.

3. PHILOSOPHY OF ENGINEERING

The epistemological prejudice of the western philosophy that predicative knowledge (know-that) represents a superior form of knowledge, or the knowledge itself, leads to the explicative knowledge (know-why) or *episteme*, which is science *par excellence*. In contrast, operative knowledge (know-how) was left as simple *empeiria*: since contemplation is stated as the base of knowledge, the theoretical division between subject and object epistemologically discredits practice (Boon 2011). It suffices to recall comments of people when their personal computer slows to react to a command or definitely locks down: people use to say that their computer is “thinking”. People find similar “contemplation” and “no reaction” or “no activity”, while find (any) action not associated with thinking or knowledge. This a historical consequence of the prevalence of Plato and Aristotle thought that *technai* is a true knowledge but

contingent knowledge (*doxa*). According to ancient Greeks, contingency makes this knowledge inferior to invariable and immutable knowledge represented by *episteme*: science (Medina 1995). In this context, *techné* is a subordinate application of *episteme*. Needless to say that philosophy of technology is different from philosophy of science (Agassi 1988).

While philosophy of technology is a centennial body of knowledge, philosophy of engineering is a newborn discipline in philosophy (see Figure 1), a body of knowledge in construction (Jaramillo Patiño 2015).

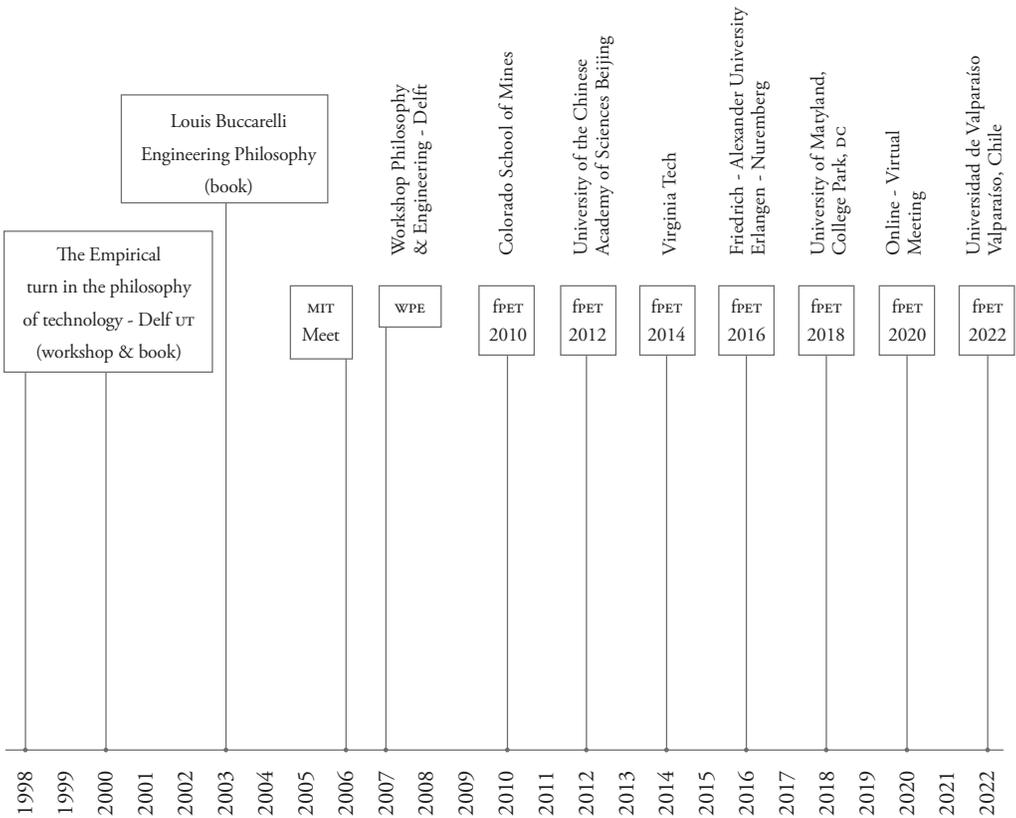


Figura 1. Timeline for philosophy of engineering body of knowledge.

Source: Prepared by the author.

The results of the workshop “Empirical turn in the philosophy of technology” in Delft University of Technology, Netherlands (see Figure 1), and the publishing of the results in 2000, next to the MIT meeting in 2006 and the Workshop in Philosophy & Engineering set the beginning of an academic community with a particular interest in philosophy of engineering and the appearance of dissemination instruments. But the publication of “Philosophy and Engineering: An emerging agenda” in 2010 (Poel & Goldberg 2010) and the first biennial Forum on Philosophy of Engineering & Technology *fPET* completed the research agenda to conform philosophy of engineering as an actual discipline in philosophy. *fPET*-2020 was conducted in November 2020 as an online Forum.

3.1. SCIENCE AND APPLIED SCIENCES

It is an undisputed fact that modern science is fundamental for mankind. Beginnings of modern science date approximately since the fifteenth century (Hooykaas 1987; Taylor, Hoyler & Evans 2008) when the Polish astronomer Nicolaus Copernicus initiated a cosmological change to a heliocentric theory which controverted the idea of the earth as the center of the universe based on the belief that human beings were at the top of God’s creation: theocentrism.

From the Middle Ages to the Renaissance in Europe western thinking changed from theocentrism to anthropocentrism. This change of focus put science in the role of a new doctrine since Francis Bacon’s *Novum organum* was published. Its subtitle “... or true directions concerning the interpretation of nature” aims to understand the universe. Since then, scientific knowledge has allowed us to understand, explain, and predict natural phenomena. Knowledge in the philosophy of nature, now Physics and its many branches including astronomy, but also chemistry, and biology created concepts and theories to better understand the universe. Besides, the application of scientific knowledge has provided humankind with practical results that transform the world. The hidden side of scientific knowledge, and positivism in

general, is that is prone to being just a matter of social prestige (Grundmann 2017; Lorenz 2016), not necessarily a matter of knowledge-generating studies.

Many disciplines use scientific knowledge available, but this does not make them Science. For instance, medicine does use scientific knowledge and methods, but medicine is not “applied science” (Petroski 2010). The recent COVID-19 pandemic has shown that medical doctors use all relevant scientific knowledge available to them, but they do not wait for complete scientific understanding to conduct acts to save a life. The Hippocratic Oath “... *I will prescribe regimen for the good of my patients according to my ability and my judgment and never do harm to anyone...*” states what any physician in an emergency room knows that his actions are based on his abilities and good judgment, not in a complete knowledge about causes and effects. This is to say that in emergency rooms is difficult to predict or predetermine if any medical procedure will be the very best to get a result, never mind based on a complete study of the situation or based on an extended survey to establish the best procedure to follow to get the desired result, because usually there is no enough time to do so.

Under emergency circumstances, physicians act guided by the goal of saving lives, not for the goal of *reasserting* the truth or seeking for a scientific theory. Medicine is more teleological than analytical or rationalist. In some sense, engineering actions are similar to those of medicine as a discipline: engineering is prevailing teleological (Petroski 1982; Poser 2013).

Medicine aims to heal the patient and to keep the life-quality of human beings in a more inward-oriented focus. As regards engineering, the artifacts of its many disciplines are aimed to transform the environment of human beings, not just in physical-natural contexts but in psychological-artificial extensions of those same human beings as modern artificial intelligence works in a world of artificial things (McCarthy 2009) in specific contexts.

Meanwhile, it is popular to think of philosophy as some abstract discipline or type of knowledge that has nothing to do with activities to obtain practical results (McCarthy 2007), even more, some people see themselves as “pragmatic” and, therefore, they consider themselves outside any philosophical reasoning. Needless

to say that those assertions are not founded on the school of pragmatism (Dewey 2005; Hocking 1940) ignoring that in pragmatism, the experience is processual, transactional, socially mediated, and not categorically prefigured as “rational” or “emotional”. What those claiming to be pragmatics is just something like a kind of clumsy pragmatism, not because they think they are not related to the difference between the concrete and the abstract, the particular and the universal, producing “results” and theorizing, or modeling by design and developing new products or services, but because they feel (or they think they know) that they understand the difference between foundational concepts of pragmatism and, therefore, attesting that there is no need to ask questions or critically think about what they do, how they do, why they do, and so on.

However, when engineers have to deal with complex problems there is a need to seek methods of conceptual clarification and clear argument, and even ‘good judgment’, that philosophy provides (McCarthy 2007). Definitely, engineers need a sort of Hippocratic oath (Grimson & Murphy 2013). This is not the same as borrowing from philosophy some concepts, or methods to aid engineers in dealing with complex problems (McCarthy 2007). Philosophy of engineering is not how philosophy “applies” to engineering neither how engineering supports philosophy activities.

3.2. DOES ENGINEERING HAVE ITS PROPER KNOWLEDGE?

This question asks for knowledge that pertains to engineering in the same sense that algebra, calculus, topology, and so on, is mathematical knowledge, and the study of the movement of bodies in the macro-universe belongs to physics, or the study of the structure and organization of cells and living organisms characterizes the knowledge field of biology. In addition to mathematics, all of them, physics, chemistry, and biology are natural sciences.

Some people think that the core knowledge of engineering is calculus or mathematics in general. Because the engineering curricula include calculus, finite element analysis, set theory, abstract algebra, differential equations, or linear algebra

courses it might be concluded that these are engineering knowledge and not branches of mathematics. Needless to say, mathematics should be in the toolbox of engineers, but it does not mean that mathematics is the core knowledge of engineering. Even worse, on the other way, some may conclude that engineering is just a practical branch of mathematics.

Similarly, there are relationships between engineering and mechanics —statics and dynamics—, electricity, magnetism, and thermodynamics courses. Those are typical courses of engineering curricula but they are not courses on engineering knowledge but physics courses. Once again, this does not make engineering a practical branch of physics. At best, those courses regard the way to apply natural sciences knowledge to engineering, but they are not courses developing or deploying engineering knowledge. The same is true for chemistry, biology, probability, and statistics courses. Then, it is worth asking: what is the knowledge of engineering which is not the knowledge of science or any other discipline? In other words, does engineering own some sort of knowledge? If engineers know something, what is that what engineers know? Do the different branches of engineering have some sort of knowledge in common that is not the knowledge of other disciplines outside engineering?

Engineering specialties in the twentieth century have to do with systems and technological artifacts in systems: mechanical systems, electrical systems, electronic systems, computing systems, chemical systems, ecosystems or environmental systems, industrial systems, biomedical systems, hydrological systems, for example, systems everywhere (Bertalanffy 1969).

Furthermore, if it were accepted that research aims for new knowledge, does research in engineering produce new engineering knowledge? If the premise is that engineering is just a branch of science then, as expected, research in engineering should be understood as the application of the scientific method and, therefore, results of engineering research are scientific results, that is to say, products in the scientific framework such as (scientific) theories to be used as any scientific theory is used for: a scientific theory stands to explain, enhance comprehend, or predict.

An alternate possibility would be to think that engineering is to apply scientific knowledge to develop solutions to technical problems. In such a fashion, there is no need to conduct any research in engineering because it would suffice to wait for results in scientific research and then apply the new knowledge to develop engineering solutions. As a further consequence, what should be the answers to the questions: Is a Ph.D. in Engineering worth it? A Ph.D. in engineering would be a research doctorate, or just a “professional” doctorate, focusing less on research and more on the application of existing knowledge within technical expertise?

Mankind history and engineering research show that engineering is the application of scientific knowledge but also is a field that develops, creates, and innovates to produce engineering artifacts in specific and special knowledge preceding, or when necessary, independent of scientific knowledge. From an anthropological point of view, cognition is not only scientific knowledge but, also, traditional knowledge and common sense. Since engineering practitioners need all available knowledge to address specific situations and transform them in desired situations, sometimes scientific knowledge is not enough. Practitioners need all available knowledge including those knowledge coming from experience: own experience as well as other practitioners' experience, some piece of knowledge that is not the result of scientific research, a piece of knowledge called “practical knowledge”. Knowledge in the form of rules in processes, procedures, and methods of action, or sociotechnical systems preceded by a teleological purpose: practical effectiveness (Banse & Grunwald 2009).

3.3. WHAT IS ENGINEERING?

To understand what engineering knowledge means, proceeds a previous inquiry on what is engineering. A range of concepts are given about engineering: from what engineers do in terms of what sort of artifacts produce —this is as a profession— to concepts focusing on the essence of what engineering is.

In the line of “doing”, engineering is defined as an ability “The ability to see how existing technology could be applied in order to meet a need stated in the

form of set of interacting requirements, and then to create a product which, when put into service, meets that need” (Aslaksen 2007 102). Some, define engineering through the role of practitioners: “The role of an engineer is to make practical use of converting theory in useful applications to provide for mankind’s material needs and well-being” (Beakley et ál. 1986 165), which is a laudable intention that puts engineering in the role of a consumer of applicable scientific knowledge (López-Cruz 2017b). Conceptions of engineering as applied science are behind descriptions such as “science is about discovering the truth of our understanding of Nature, engineering is about using that understanding for beneficial purposes” (Aslaksen 2013 68).

Engineering as applied science does not need any philosophical framework, just a code of ethics as any clerical activity. In this perspective, engineering may seem philosophically inadequate (Goldberg 2013; Mitcham 2009).

The fall of the Berlin Wall (*Mauerfall* in German), on 9 November 1989, the dissolution of the Soviet Union between 1990 and 1991, as well as other political and economic facts, changed the face of the end of the twentieth century. After the second world war, the upcoming cold war era transformed engineering research as a fact of importance in the United States of America security since “Powerful new tactics of defense and offense are developed around new weapons created by scientific and engineering research” (Bush 1945 175). This could be one of the determinants of the conception of engineering as applied science. During the second part of that century “... the economies of scale were dominant, large hierarchical organizations were the rule, and engineers became increasingly scientific in response to perceptions of the status of science after the war” (Goldberg 2009 176). But, the end of cold-war revealed the need to debunk the myth of engineering as applied science (Koen 2013).

To start the process of conceptualizing of engineering and launch substantive work without further delay, since the Empirical Turn of Philosophy of Technology in 1998 (Li 2020; Mitcham, Kroes & Meijers 2020) Engineering gains in Delft the right to be an object of philosophical reflection outside science or technology, independent of science and technology. This allowed discussing structural differences between science and engineering (Poser 1998) summarized in the assert of Theodore

Von Karman, “Scientists discover the world that exists; engineers create the world that never was” (Bucciarelli 2003 169). In simple words “engineering is different from science” (Pollock 2009 167). Besides, the publication of “Philosophy of Engineering” (Bucciarelli 2003) in Delft was another milestone in the development of Philosophy of Engineering. In 2007 the first “Workshop on Philosophy and Engineering” (WPE) in Delft marked the formal beginning of Conferences on Philosophy on Engineering. In 2010 philosophy of engineering continues to strengthen with the 2010 Forum on Philosophy, Engineering, and Technology (FPET-2010) held on 9-10 May 2010 at the Colorado School of Mines in Golden, CO (Koen 2013). Since then on a biennial basis up to November 2020, as an online forum because of the COVID-19 pandemics. FPET-2022 is planned to be held in Valparaiso, Chile.

Engineering starts to be conceived as a process “... a purposeful process of creative design that produces a product” (Pollock 2009 167) and not the application of scientific knowledge. In essence, engineering is a set of conscious and purposeful processes and actions conducted by human beings to transform the real world (Olaya 2012, 2013).

Then, engineering calls for a particular sort of action, a purposeful dynamics of human beings guided or supported by processes, procedures, technical artifacts, and the know-how to provide the extension of the possibilities of action. Therefore, it is still valid to conceive an engineer as Sir William Fairbairn did: a person “who seeks in his mind, who sets his mental powers in action, in order to discover or devise some means of succeeding in a difficult task he may have to perform” (Burke 1979; Koen 2013).

This calls for asking what action is, as well as what possibilities of action are: the sort of actions as mentioned before. Then the question of agency comes into the scene, what is that called agency? and what criteria are to be used to distinguish between and what is an agent and what is not? Some dissertations show that a distinction between a strong agency and a weak agency is not enough to explain agency (Parente 2016). At least, understanding agency as the capacity, condition, or state of acting or of exerting power to produce some effect, is just a definition that leads (historically led) to a discussion on the origin of the intentionality of the effect or re-

sult of the action. This conceptualization of agency suggests that the class of human artifacts integrate a homogeneous set of instruments.

Although a hammer and a gun are artifacts, the main expected effect of their functionality is different. While the first is designed to deliver an impact to an object, mainly a tool, the second is designed to launch solid projectiles, it is a weapon. Both of them may be used to harm someone as well as to put nails on the wall. This line of reasoning traditionally led to assign a human being the ‘responsibility’ of the action freeing artifacts of moral trade-offs and by the same reasons their designers. History has proved this reasoning is mistaken. Crematoria or crematory ovens designed, constructed, and operated by nazi engineers Kurt Prüfer and Karl Schultze, just to mention a couple of them, is the counterexample to prove it wrong.

The high efficiency of the Topf & Söhne crematory ovens for the incineration of human corpses is indisputable. The engineers did not incinerate with their own hands corpses, this was done by the ovens efficiently, the correct concept related to the action performed here is not “responsibility”, not to avoid the ethical discussion. The concept is “accountability” which allows the inspection of the sociosystem or social system where humans (engineers) and artifacts (ovens) appear (Garcia-Diaz & Olaya 2017). But not to assume a sociological view of technology (Latour 1990 y Latour 2017) but to adopt a systems view of ‘agency’ to tackle its complexity.

Indeed, responsibility is not a category or characteristic applicable to artificial agents. Responsibility is irrelevant to define agent capability since in artificial agents accountability takes place of responsibility. Even industrial robots differ a great deal from software BDI agents. While the first obey a prescribed program to produce a product under the premise of efficiency, assuming a deterministic world, BDI intelligent agents act under a heuristic method coping with a non-deterministic world of uncertainty as the Heisenberg's uncertainty principle imposes. But in both cases, there should be traceability to allow accountability on actions of these agents.

Human artifacts are not all of them in the same class. A criterion to distinguish between some artifacts and others is their capability to adapt or ‘re-program’ their original design to perform different actions under some rules or criteria which are evolving also. They adapt or evolve not on an individual basis but a population

one. Individual changes may perpetuate in time as a result of the decisions the individual made and their evolutionary environment. Under this view, change occurs individually and emerges in the adaptive capabilities of the population. In this way, causality is not the criterion to state the ontological state of the agent, but their capability to make decisions. But understanding the process of making decisions not in a 'pre-programmed' fixed course of action, such as in the "if-then-else" ruled computer programs, but in courses of action governed by a dynamic rule database that changes its records according to both individual and societal evolution. This happens because individuals are not able to calculate and decide their 'optimal' strategy. Even more, efficiency may be replaced by effectivity (Axelrod 1997; Bonabeau 2002).

In short, "agency" in artifacts is not to be discussed on passive mechanical artifacts, but in the sense of modern engineered artifacts, which are not simplistic technical tools such as hammers, bridges, or airplanes but those autonomous artifacts whose autonomy is based on their 'capability of agency' consisting not in what is the "problem" that solves (El-Zein & Hedemenn 2016) but what are those public interests that serve to, not who was its designer conferring this capability, or in the possible social relationships or sociological links with their environment but in their capacity to adapt, not despite their inherent or internal restrictions or external constraints, but because the autonomy comes from the fact that the artificial agent counts with a dynamic capability to change its governing rules since internal restrictions and external constraints. A starting point for these artifacts was the design of BDI agents (Weiss 1999; Woolridge 2009), which are agents acting under the primacy of beliefs, desires, and intentions in rational action (Wooldridge 2000), making decisions under bounded rationality (Simon 1990).

Agency in artifacts makes sense just when artifacts exhibit the capacity to make decisions beyond if-then-else mediated actions. As the Heideggerian Dasein states human beings 'are' but not just in a present static manner but in the sense of the potential and capability to 'become' (Mitcham 2001), also, similarly Gibson's affordances (Gibson 1977; Gibson 1979) complete the ecological triad human-artificial-natural.

3.4. THE SCIENTIFIC METHOD PRODUCES SCIENTIFIC KNOWLEDGE, WHAT METHOD DOES ENGINEERING KNOWLEDGE PRODUCE?

Far beyond scientific knowledge produced by a scientific, rational, logical method, engineering reasoning needs well-known and proven recipes to maintain the *statu quo* of known production processes and, also needs to be free of recipes to address the challenge of creating acts. Since not all knowledge exists in the form of beliefs, nor can it be expressed in the propositional form necessary for codification in a ‘scientific’ theory, as the knowledge-how (McCarthy 2007) or tacit knowledge (Nonaka & Takeuchi 1995, 2007), other forms of knowledge representation are used in engineering. Frequently, models are used for this purpose. However, models of engineering are different from models in science (Pirtle 2010). Models in science are used to represent what is already in an environment, with the corresponding purpose of knowledge in science: explain, predict, for instance. Usually, models in engineering are designs of what is not (yet) in an environment but is purposeful planned to be there. Even models seem to be similar in science and engineering, they are preceded by different reasoning processes.

Engineering epitomizes common sense as a fundamental method of reasoning (Pitt 2013) and looking forward to devising actions changing the present for some desired future (Schmidt 2013) instead of looking backward to explain the past or to describe the present (Koen 2013; Vincenti 1990). Therefore, knowledge in engineering has to do with the way the world is changed not with its understanding (Auyang 2009; McCarthy 2008).

Similarly, actions to maintain what engineers do, actions to produce new knowledge in engineering, and the way actions are organized by scientists to produce theories and verify or validate them, are alike. They are grouped under the notion of “project”. A project is a temporary effort to create a unique product, service, or result (Project Management Institute [PMI] 2013). This notion of “project” is enough general to fit in science, engineering, and any other activity involving budget, time, and technical constraints. While in science a project is a secondary consideration next to the scientific method, the notion of “project” is central to “action of engi-

neering”. This comes from the fact of the need to manage technical specifications as constraints, where technical specifications may refer to resolution limits in scale, precision, or accuracy, but to the minimal characteristics that the result, usually an artifact, should exhibit to consider it fulfills what is expected to transform a specific situation in the universe.

Under these circumstances, some propose to modify the scientific method to meet engineering research (Staples 2015). However, superfluous modifications to the scientific method stand on the assumption that engineering is applied science: applied physics, applied biology, or applied chemistry:

The claim that engineering is applied science rests on the assumption that physical science and engineering share a common understanding of the world and its properties, an understanding based on a shared body of knowledge generated primarily by scientists and always by "the scientific method." A presupposition of this assumption is that science and engineering take the same world as their object. Neither of these seems to me to be true. Scientific knowledge and engineering knowledge are two fundamentally different kinds of knowledge, and, bizarre though it may sound at first hearing, they have different worlds as their objects (Goldman 1990 180).

Knowledge in engineering differs from knowledge in science because each one obeys different epistemologies. Valid knowledge in science stands of the principle that everything must have a reason, cause, or ground: the principle of sufficient reason. This is expected for knowledge that claims to be universally valid, identified as universal laws or theoretical knowledge, and stable knowledge, something valid until a better theory replaces it. In contrast, because of the contingency-based model of rationality in engineering, the principle of insufficient reason grounds engineering (Goldman 2004; López-Cruz 2017b).

In a hypothetical example requiring a formulation of antifreeze to add to a car engine coolant system guided by the scientific method, the results may depend on the distance between research centers (or universities) and firms (industry). While

gathering data in the firm (industry) could produce a model of practical results of how much antifreeze is needed in different weathers (see Figure 2), a slightly general approach from antifreeze properties produces a model explaining how the antifreeze.

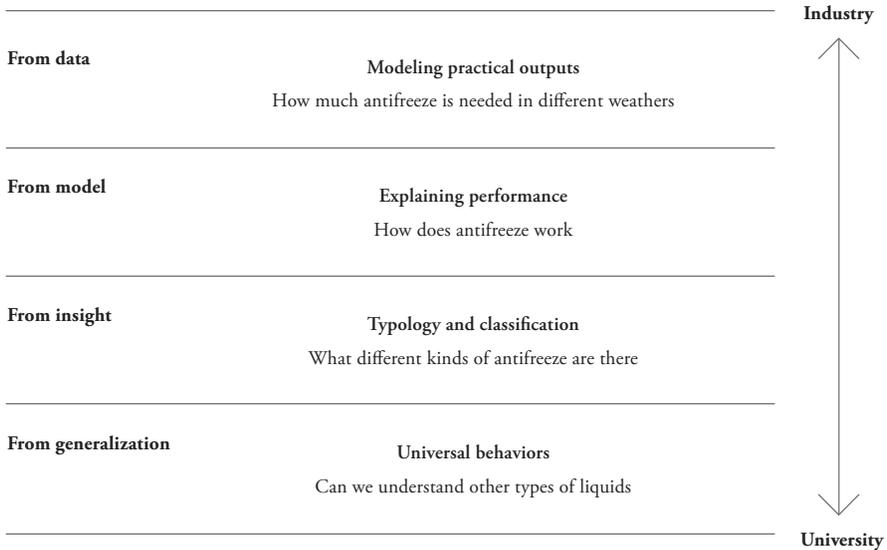


Figura 2. Different perspectives (scales, for instance) on the same object using the scientific method just change the informational results of research.

Source: Baumberg (2018 83).

Near scientific research centers and universities, far from firms (industry), scientists (or people working on the scientific method guide) identify variables and state a relationship between them, may predict the performance of different types of cooling fluids, generating a typology and a classification of antifreeze liquids (see Figure 2). At the other end of the spectrum, scientists develop the thermodynamics of cooling liquids, experiment in controlled conditions or laboratory conditions, and conclude statements on universal behaviors of antifreeze.

Some say (Baumberg 2018) that while near research centers or universities results are pure science or the research itself (at such), then applied science, and

when next to firms (industry) is engineering or technology (inside the firms), in this paper is shown how this is the application of the same scientific method at different environments. No such of these scenarios are engineering.

Other researchers (Drexler 2013) propose a difference between research in science and design in engineering just as a matter of information flow: information flows in the same direction but opposed senses. They propose that in science information flows from the physical system (the object of study) (see Figure 3) to an abstract model (theory) employing two steps: first measuring on the physical system to gather data and complete a concrete description, and then compare data and hypothesis (or something like that) to derive (prove) the theory.

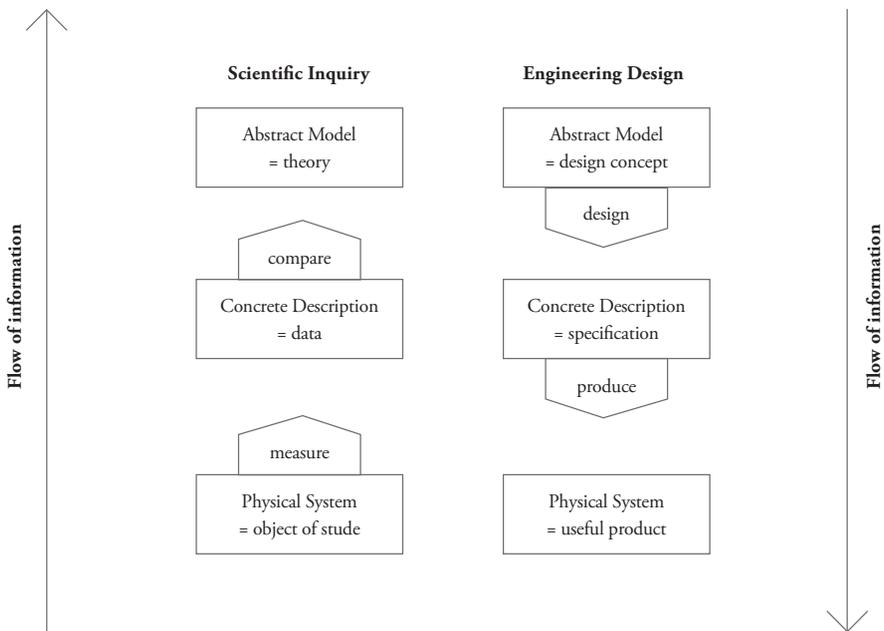


Figura 3. According to some researchers (Drexler 2013), the difference between the research in science and engineering is just the opposite sense in the direction of the information flow between an abstract model and a physical system.

Source: Prepared by the author.

On the other hand, engineering research is seen as a flow from an abstract model (in this case a design concept) to the physical system (in this case a useful product) (see Figure 3). Information flows through design into a concrete description (a specification) and then through a production process to the physical systems (a useful product) (see Figure 3).

As seen, this is just an oversimplification because lacks an epistemological framework. Table 1 summarizes basic epistemological differences between Engineering and Science, which attends a reference to an epistemological framework in philosophy of engineering.

Element	Engineering	Science
Object of study	Man-made objects.	Objects in nature.
Taxonomy	Functionality.	Physical characteristics.
Knowledge	Hardly generalizable.	Looks for universality.
Knowledge	Task specific.	Theory bounded.
Knowledge	Unjustified.	Justified.
Knowledge	Historical.	Ahistorical (pretensions of eternity).
Solutions	Analytical solutions not required if there is a good solution available.	Analytical solutions required.
Main goal	Effectiveness and satisfaction.	True.
Available resources	Restrictions incorporated into the design.	Limitation to generalization.
Results	Provides the best change.	Seeks to test and proof hypothesis.
Models	For guiding knowledge and further design of systems.	To represent the world that exists.
Models	Functional abstractions.	Models must attend laws of science.
Models	Decision rules from the model serve as starting point.	Models make abstractions of the world.
Purpose of the research method	Engineering method works in ill-defined situations.	Scientific method enhances understanding of the world.
Research method	Applies in uncertainty (unknown probability distribution).	Uncertainty is managed by designing (or adjusting) known probability distributions.

Table 1. A basic comparison between epistemology of engineering and sciences

Source: Prepared by the author.

3.5. THE ENGINEERING METHOD AND THE SCIENTIFIC METHOD PROCESSES

A methodology to make apparent the engineering method to produce engineering knowledge, both processes of research in science as well as in engineering will be graphically explained in order to be compared.

The scientific method sets the universe (the physical system or a part of the universe) as a departure point asking something to know about a natural system which in turn derives in research objectives (see Figure 4) looking for the answer of the question. This question is very often identified as a problem. As well as scientists, engineering deals with phenomena of the universe to be transformed in any manner. Persuaded by the conviction they can change some part of the universe: engineers ideate transition strategies from the present situation to the future situation. The engineer seeks an answer to a problem consistent with the resources available to him (Koen 2013).

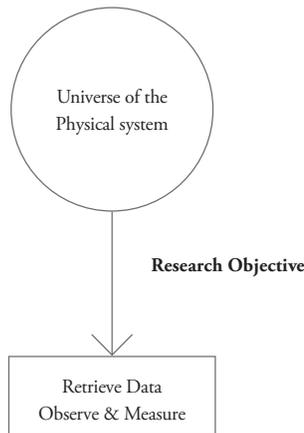


Figura 4. Both scientists and engineers select a starting point in the universe. While scientists look for an answer to a problem, engineers seek an answer to a problem in accordance with the resources available to them. This is not seen in this diagram and it is hardly distinguished in practice. The differences may be found in project schedules.

Source: Prepared by the author.

The differences between scientists and engineers in this early phase of the research process are hardly seen as different. Differences cannot be inferred from a diagram process (see Figure 4) or even in practice. Looking for these differences imply to have access to project schedules and, sometimes, access to detailed information or data in the composition of each project charter.

By statistical, experimental, measuring, or observation techniques, the scientist or the engineer retrieve data to construct databases of raw data. The difference between scientific research in the past and the twentieth-century is the high probability to get access to a high volume of data regarding the research object. Even engineering research may have access to the environment needed to be studied, it should not be forgotten that the engineer studies—in a research process—the environment to transform it by using new means. Therefore, engineering research as scientific research prepare and explore data, the data set in engineering is intended, frequently customized, to look for innovation and improvement opportunities (see Figure 5).

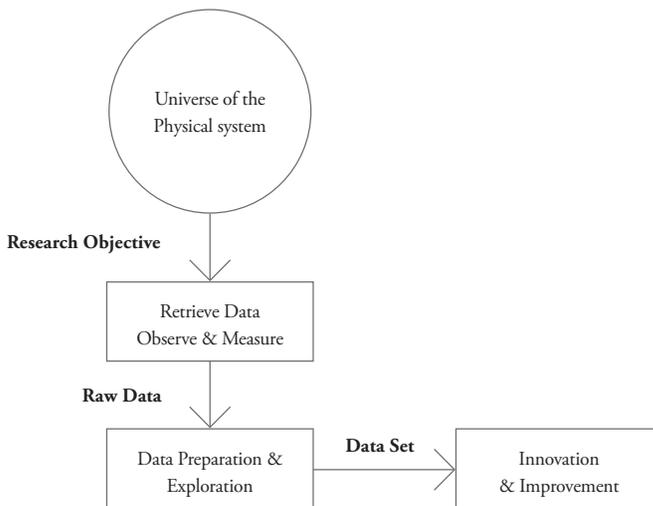


Figura 5. Engineers prepare and explore data retrieved from measures aiming to find a way to improve or innovate

Source: Prepared by the author.

Engineers work on data sets to find insights on alternate ways of doing things, those results are raw data for the process of modeling (see Figure 6). This does not mean that “Innovation & Improvement” processes (see Figure 5) is idempotent on data, this is just to admit the fact that, in many engineering research process, there is no available historical data, or historical data do not give an insight on new things to do. Innovation is different from invention but both share the fact that they have to do with things that have not existed before and, if have existed, they have existed in different ways, shapes or, even, cultural, political, or economic contexts.

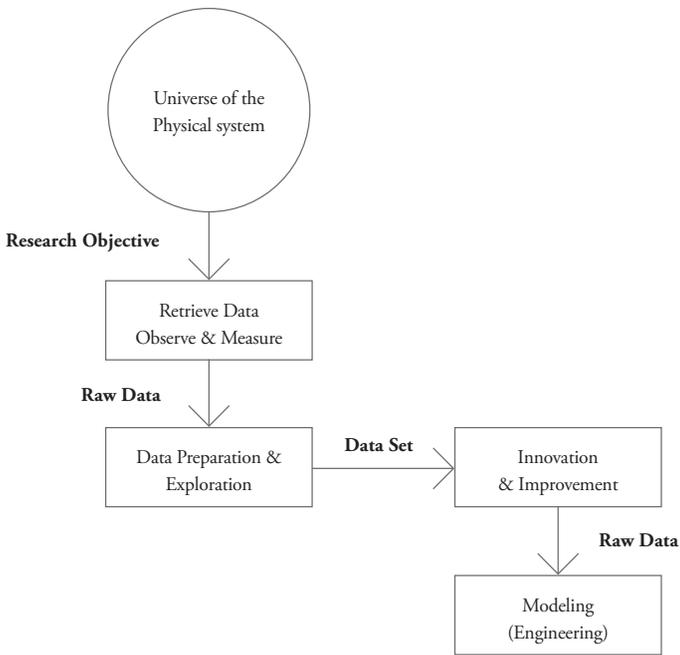


Figura 6. Modeling in engineering uses data resulting from innovation & improvement processes. This because historical data do not give an insight into new things to do.

Source: Prepared by the author.

Models in engineering are different from models in science. Not because of techniques used to represent or describe. They are different in at least two concerns: what they represent and the design criteria. Models in engineering, this means in research processes in engineering, must refer to something that does not exist because it is intended to change the world or at least a part of it. Due to this fact, models in engineering get into test processes. But the final objective of the tests is not to verify how the model conforms to the real world, because the real world is what is to be changed. The aim is to check functional dependability (see Figure 7).

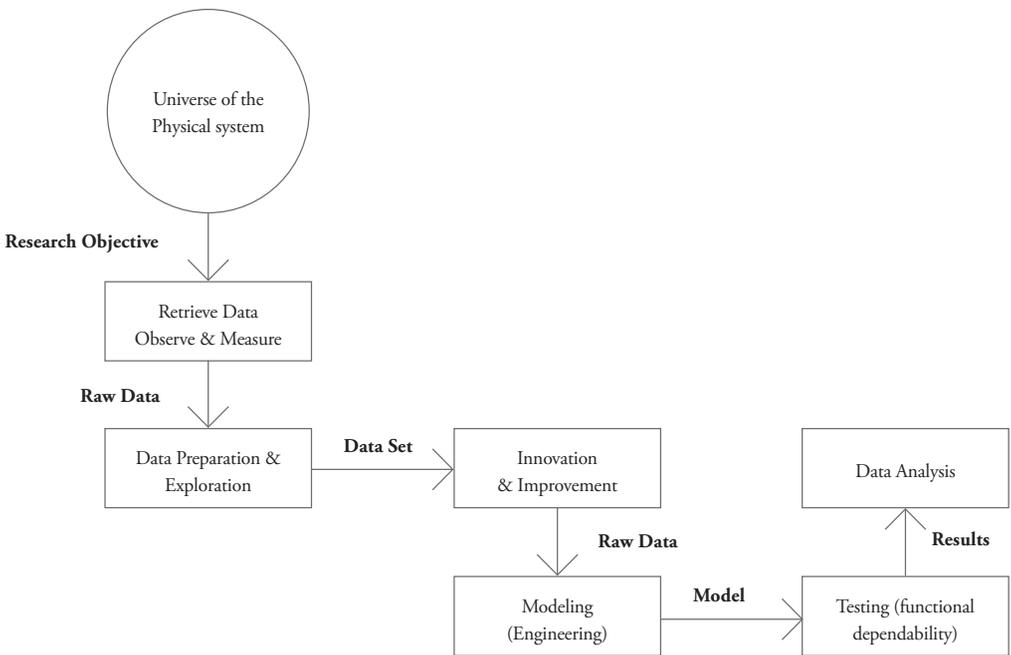


Figura 7. Models in engineering are representations of something intended to change the universe or at least a little part of the world. Even more, some of those models represent something that has never been. Therefore, the functionality of models needs to be tested and the results of tests should be studied.

Source: Prepared by the author.

The results of this test are analyzed to state criteria to be used during assessment in the verification & validity of the model. It is time to insist that the verification needs to respond to some functionality (see Figure 8), but functionality may be restricted or “incorporated” into the model according to available resources in the context of the engineering research process, in addition to the inherent natural limitations, as “natural laws” impose.

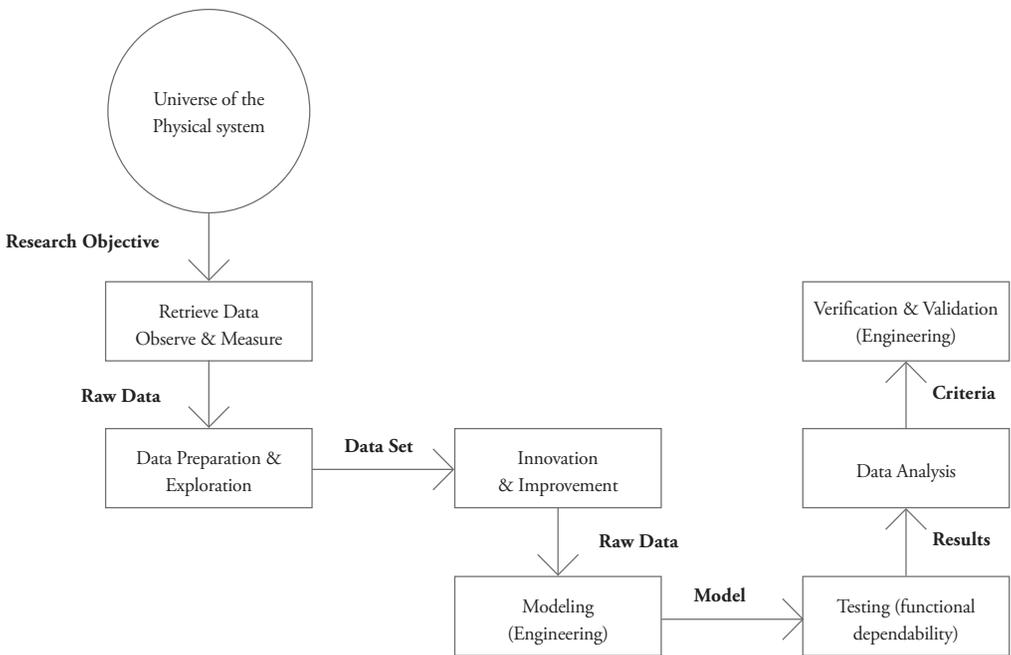


Figura 8. Models in engineering are verified and validated under different circumstances of another sort of model because of the character of ‘new emerging’ artifact.
 Source: Prepared by the author.

Once known restrictions of the model are identified, the degree the model satisfies the expectations to change the world is to be assessed. The requirements are not declared in terms of the conformance to represent accurately the real world, but to the extent that the model may refer to a result that induces a change in the context where the final ‘engineering product’ of the research is to be integrated. If the change is minimal or is not economically viable (see Figure 9), there is a need to loop back to observe and measure what is needed to change.

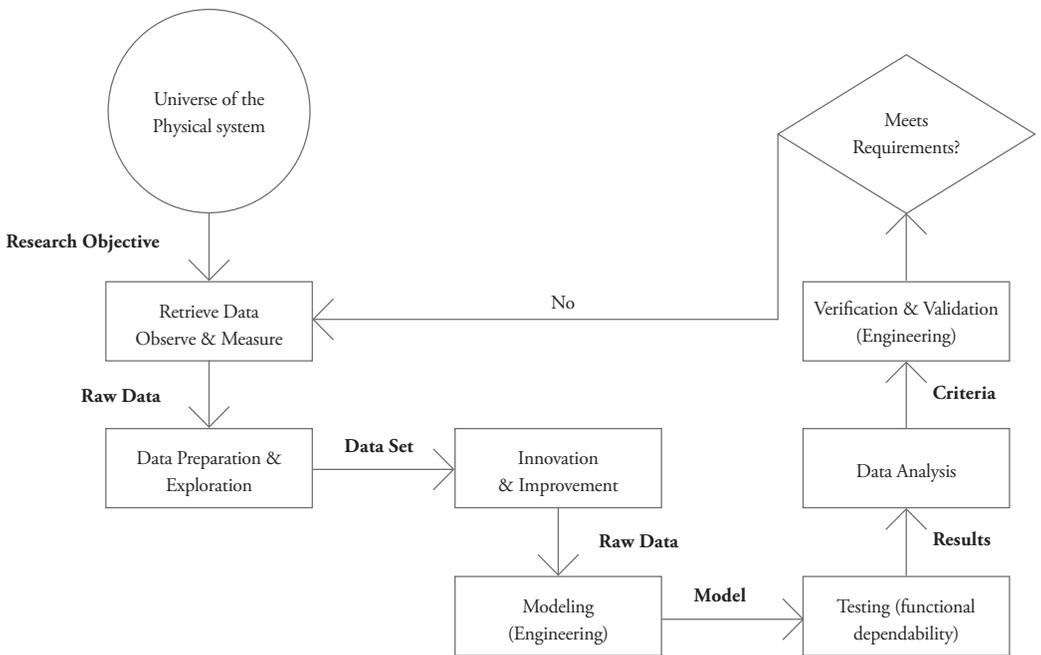


Figura 9. The engineering verification and validation process allow identifying the extent the model accomplishes expectations to change the world.

Source: Prepared by the author.

An alternate path, the desired path, maybe that there is a positive result of the validation process, in the sense previously specified. Again, the engineering model is not based on an eternal or absolute value system, the pretension of the model is not to be true. Engineers' priority is not to model something eternal or universal. In the engineering value system conformance to functionality has a higher priority than truth, eternity, or universality.

Since the model passed the assessment, proceeds the construction and deployment of the artifact or product. Ever, but especially since the second part of the twentieth century with the development of the rationality of the optimization, the production process is conducted if the budget for it is still/yet available.

The possibility to make an actual change in the real world depends on the construction or fabrication of the artifact that is supposed to transform, change, or adapt something real (see Figure 10) and that it is incorporated into the real world. In short, once in real-world terms, a change has occurred. That the world is somehow different after the artifact has been purposefully inserted or incorporated into it (see Figure 11).

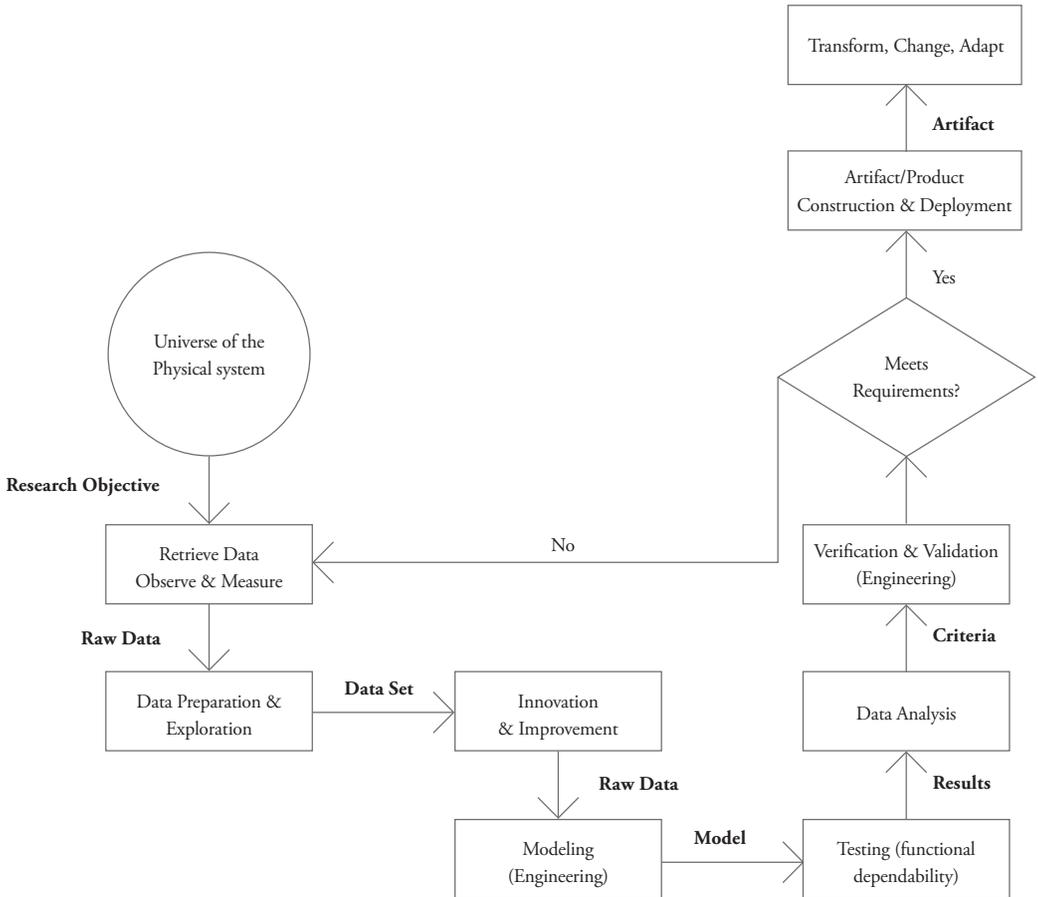


Figura 10. When the model has been approved in an engineering requirements assessment the process of construction and deployment of the artifact or product.

Source: Prepared by the author.

When the artifact has been incorporated into the world, it may be observed and measured, it changes in any way the universe and, in this sense, there appears a feedback loop of engineering consisting of deploying new artifacts, some replacing others or, simply, increasing the repertory of artifacts.

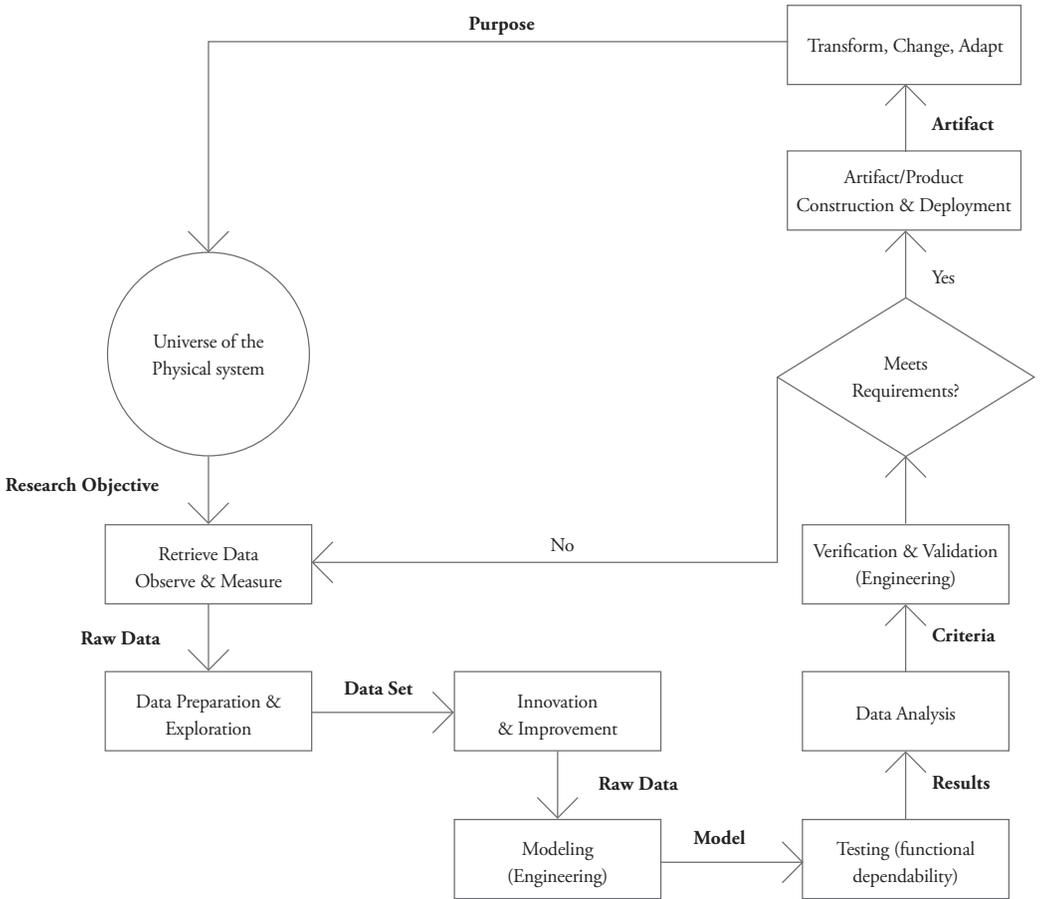


Figura 11. The complete feedback loop model of engineering research.
 Source: Prepared by the author.

The scientific research process is governed obviously by the scientific method in any of the many representations. The many variants may look different but they agree in their epistemological framework: they intend to span the frontiers of knowledge: the knowledge of the world, the knowledge on how the universe behaves which serves to describe and increase our comprehension of the universe, which is certainly necessary, to predict the occurrence of phenomena such as the weather. The

utility to predict is not a matter of controversy. Prediction serves to improve agricultural production, to maintain human beings' health, and, in general, to preserve humankind, which is certainly important.

Scientific research follows the process as engineering (see Figure 4) but differs in further steps (see Figure 12). After observing the universe, scientists ask questions to formulate a hypothesis. With this in mind, scientists model the studied phenomena. In their essence, models in science are different from models in engineering.

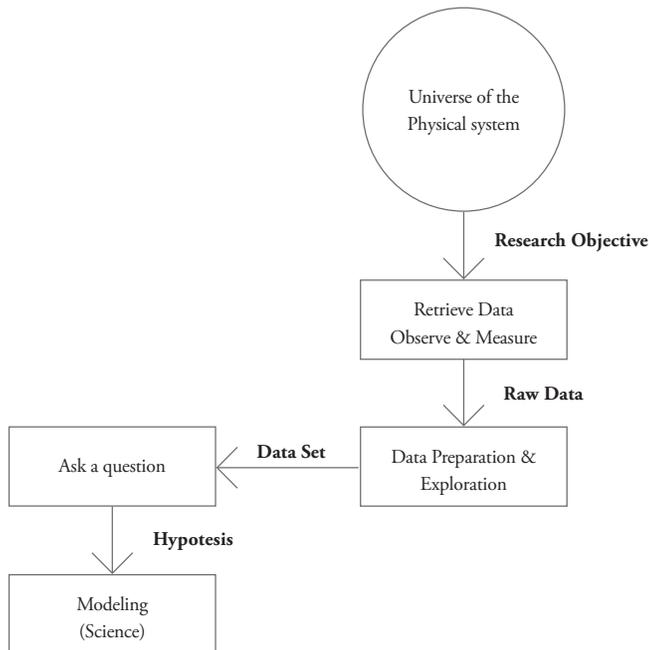


Figura 12. Scientific research shares the first steps in the engineering research process but differs in the process of formulation of a hypothesis.

Source: Prepared by the author.

With models constructed about real phenomena, on the base of observations, measuring data and other proved (this means that they are proved to be true) scientif-

ic theories, scientists assess the accuracy and precision of scientific models (see Figure 13) and depending on how accurate and precise they are, which is, in turn, studied by further steps in the research process by ‘comparing’ the hypothesis against the data that have been analyzed, decide to accept or reject the hypothesis (see Figure 14).

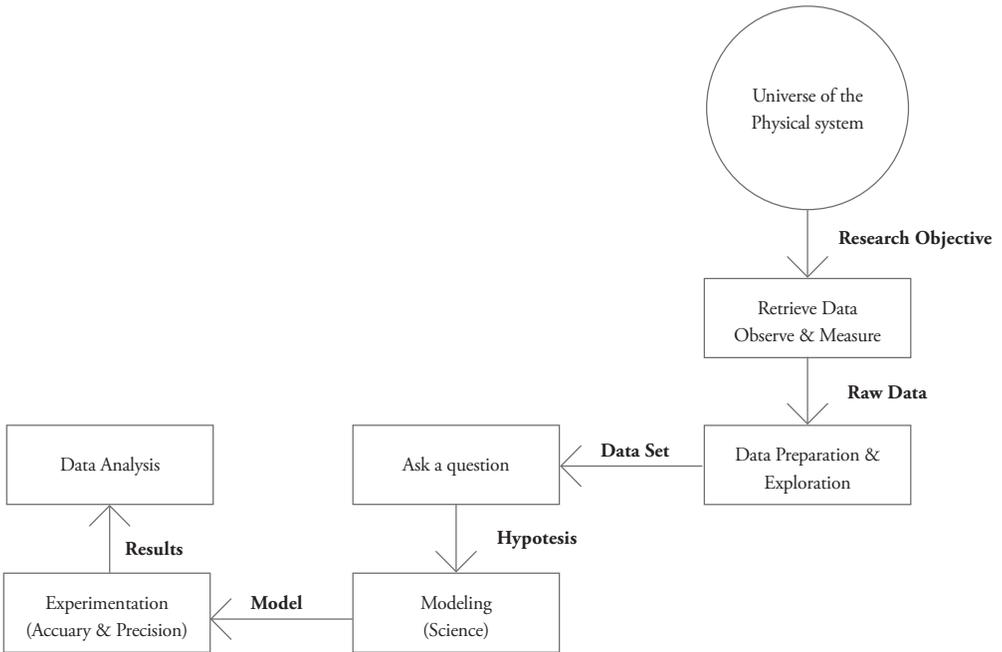


Figura 13. Scientific research models' priorities are accuracy and precision regarding the representation of real-world phenomena.

Source: Prepared by the author.

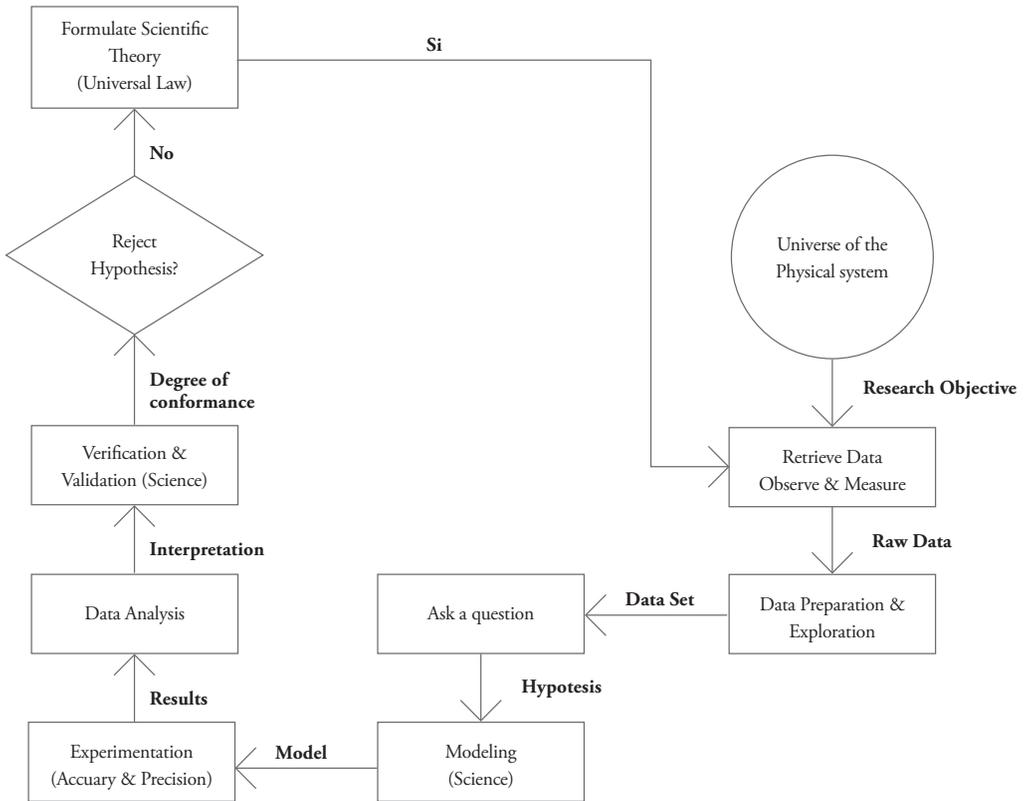


Figura 14. A decisive step in scientific research is to decide if the hypothesis is rejected or not. When the hypothesis is not rejected there exists a path to construct a scientific theory.

Source: Prepared by the author.

The rejection of the hypothesis moves scientists to the beginning of the process (see Figure 14), in a similar way as engineering research does when requirements regarding the expectations to change the world are not enough satisfied (see Figure 11).

When the hypothesis is accepted, a scientific theory may be formulated (see Figure 15).

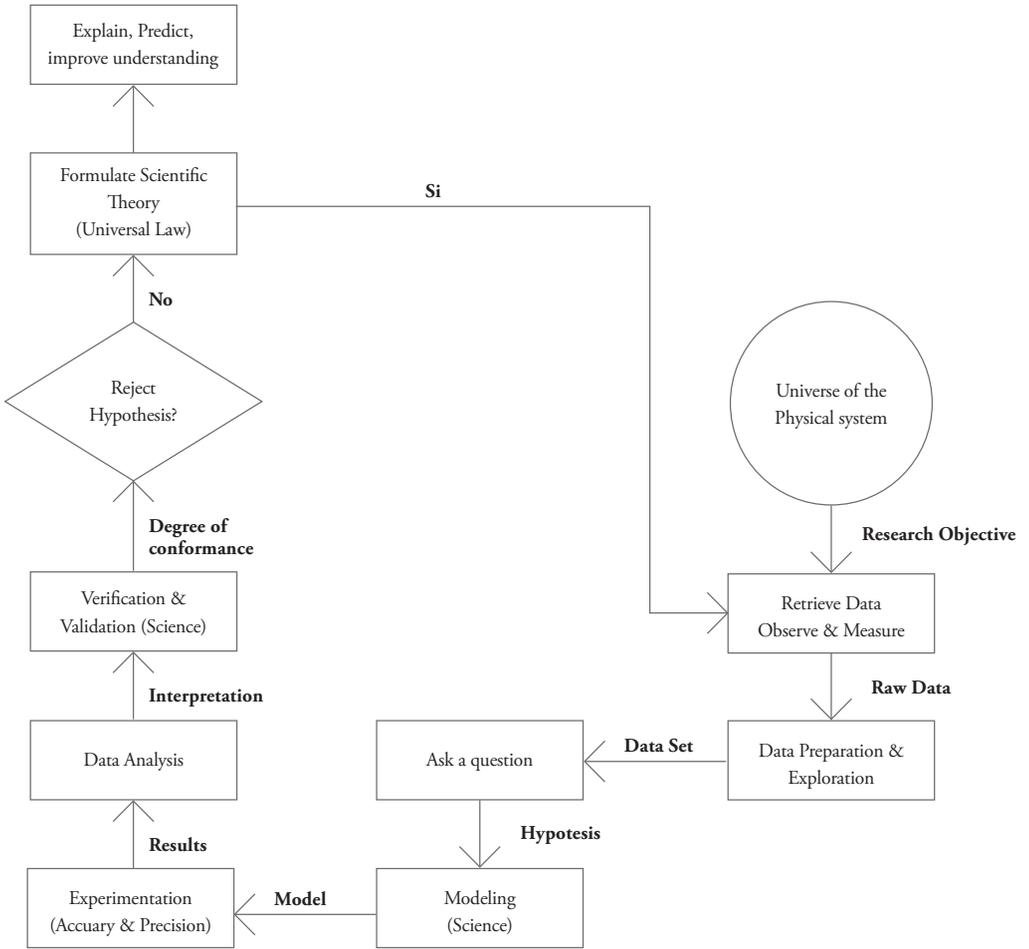


Figura 15. With a scientific theory, the scientific community has additional or corrected tools to explain and predict phenomena of the universe. In this way is said that knowledge in the repertory of humankind about the universe has increased.

Source: Prepared by the author.

This new scientific may invalidate some other —previous— scientific theories. But the new theory enables the scientific community with renewed tools to explain how real-world phenomena function and in some cases, the new theory provides means to predict the behavior of phenomena.

In summary, new knowledge in the form of scientific theories provides the scientific community with new means to improve understanding of the world. It should be noted in Figure 16 that the arrow from the box “Explain, Predict, improve understanding” points to the box in the diagram “Universe of the physical system”. In effect, scientific theories predicate on the universe. However, it should be noticed

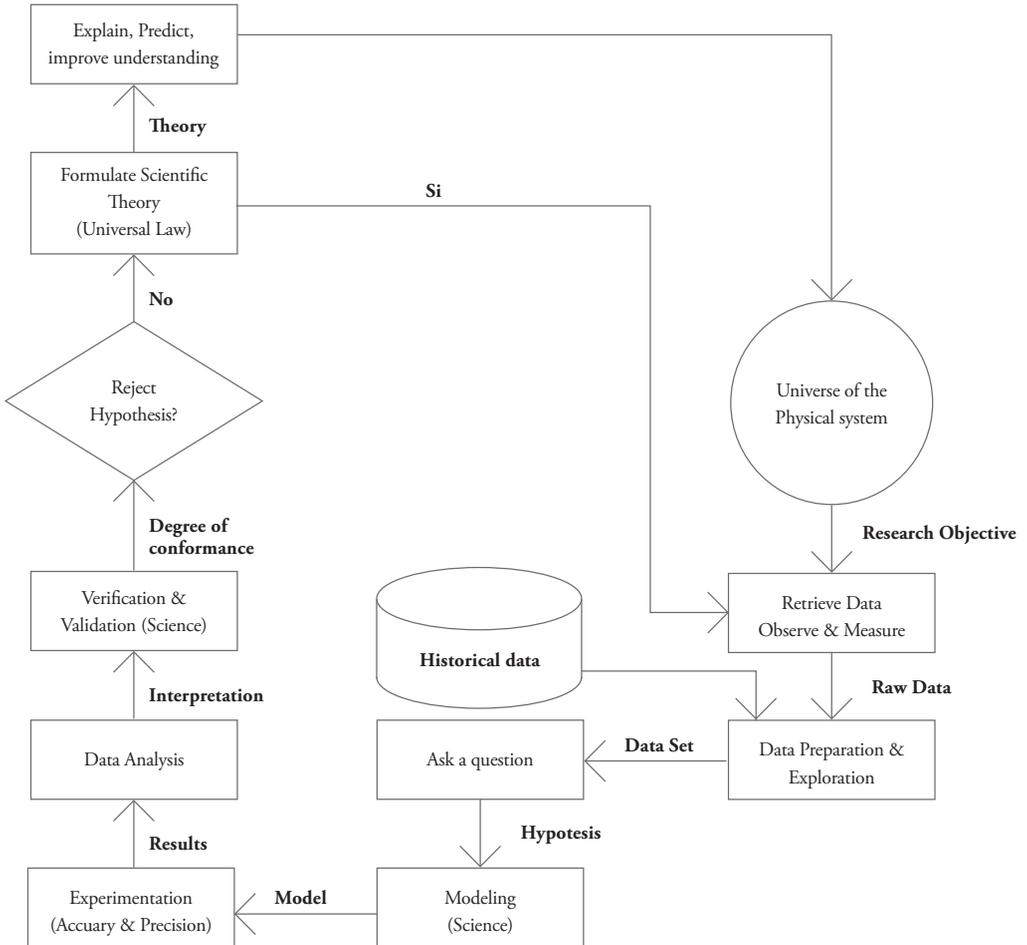
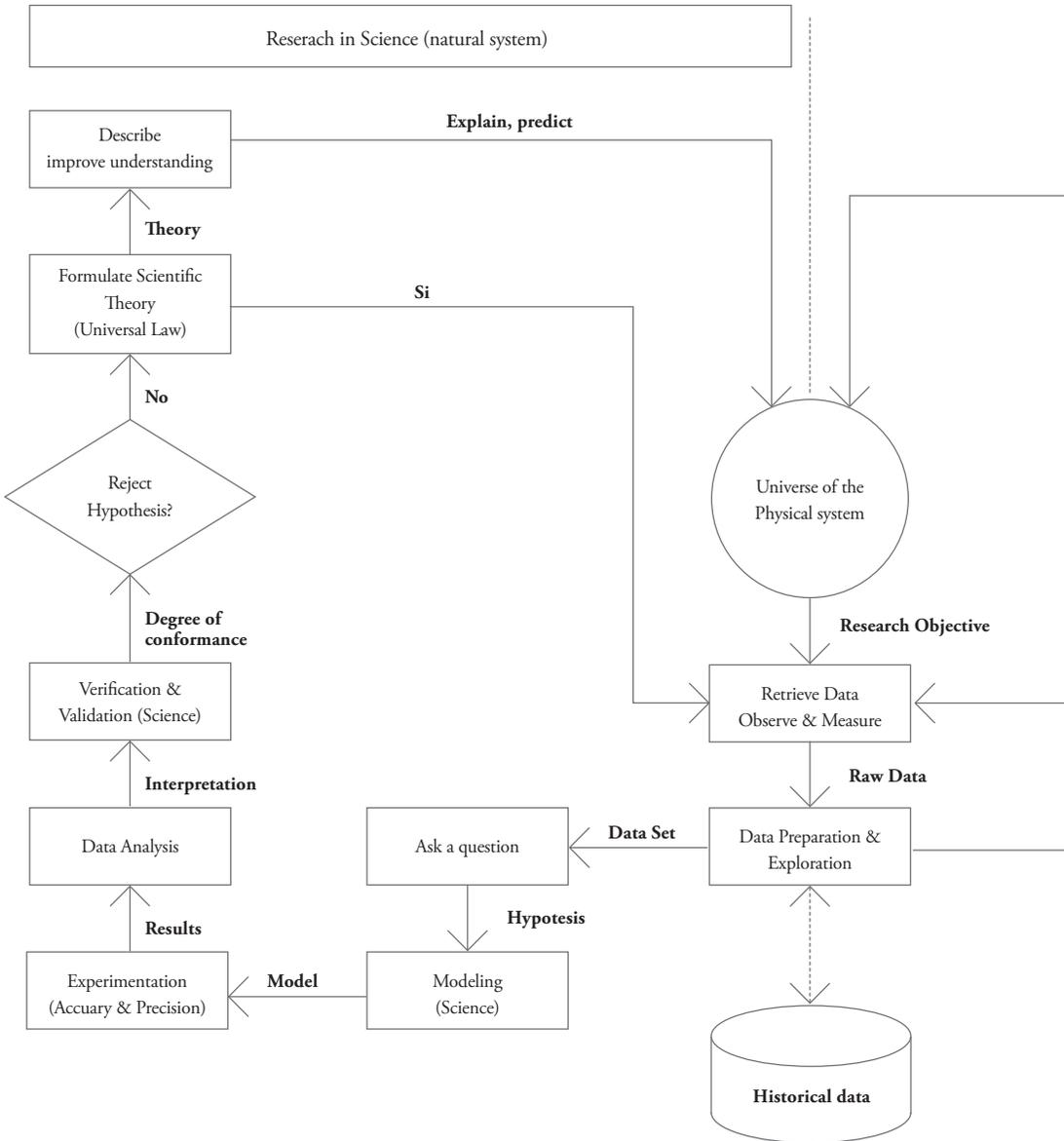


Figura 16. The process of the scientific method.
 Source: Prepared by the author.

also, that the same arrow has no label. This means that scientific theories are not to be inserted into the real world, scientific theories are not incorporated into the real world, they explain the world but are not part of it, which is substantially different from the results in engineering research.



A comparison between the two research processes (see Figure 17) parallels their point of affinity but especially emphasizes their dissimilarities. Both concerns on the universe in different ways and have access, provided the authorizations, to the same historical data. Neither one is better than the other.

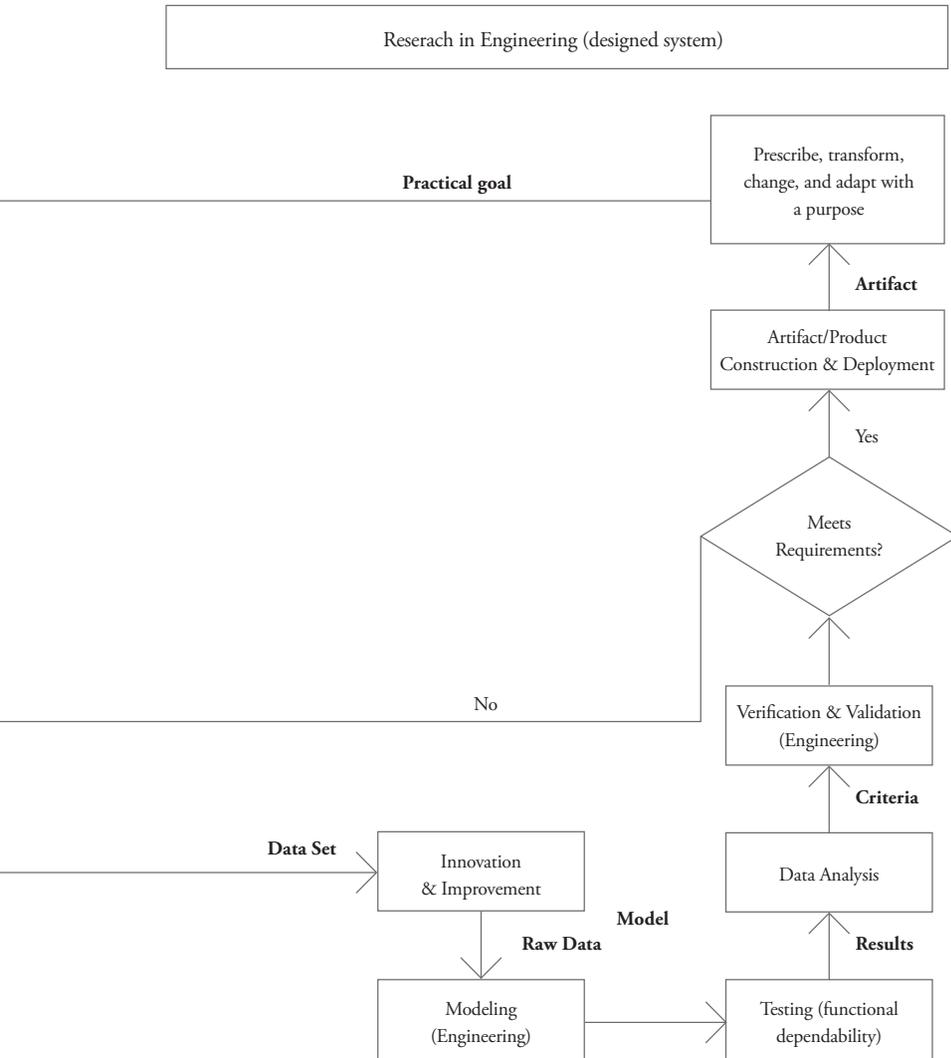


Figura 17. A comparison between the research process in science and engineering.
 Source: Prepared by the author.

This is an independent comparison of the previous methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design (Eekels & Roozenburg 1991).

CONCLUSION

A distinction between technique and technology has been introduced both in historical and epistemological terms. While technique is understood as a set of procedures, competencies, and skills to conduct actions oriented to get a specific result, and in that sense inherent but not exclusive to humankind, technology refers to a recent and wider concept to identify a conscious and systematic organization of a technique. In short, formally speaking, technology is not an artifact.

Philosophy of technology has been introduced since the last quarter of the nineteenth century in parallel to the “scientification” of technique as a strategy of late industrial capitalism to increase productivity in labor. This link to production processes derives a relationship to innovation and the economy of development in the twentieth century.

The epistemological prejudices of western philosophy regarding technique and technology, as well as misunderstandings emerging from political and economic interests of the United States of America during the cold war, lead to conceive engineering as applied science. However, the end of the cold war and the emergence of the systemic and complex thinking acted as driver and background to think of engineering as a specific body of knowledge as a technology but a specific kind of technology. The publication of “The empirical turn of Philosophy of Technology” (Mitcham, Kroes & Meijers 2000) in 1998 is one of many milestones in the new philosophy of engineering.

Philosophy of engineering comes to identify epistemological and ontological issues in Engineering, not just ethical ones, which next to specific publications such as “Engineering Philosophy” (Bucciarelli 2003) in 2003 and conferences and work-

shops since the first decade in the twenty-first century in Delft (Netherlands) as well in the Golden, Colorado (USA) in 2010, gave birth to philosophy of engineering.

Engineering is conceived as the purposeful and conscious processes and human actions to transform the real world. Engineering attends a different epistemological framework than science and uses different methods to produce new knowledge. This is comprehensible not just because of the differences in epistemological frameworks, but because of the differences in nature and aim of the results of research. Therefore, simply looking at engineering as applied science reduces humankind possibility to transform the world purposefully and consciously.

The main contributions of this research are a clear and contextualized distinction between technique, technology, science and engineering, and the introduction of a diagrammatic comparison and description of the differences and process similarities between research in science (scientific method) and research in engineering.

FURTHER RESEARCH

There are many opportunities to continue the development of this research. At first, the development of ontological concepts and issues in engineering, which is a low explored field. Secondly, a further and detailed study of the engineering methods to produce new knowledge and, next to this, contribute strengthen concepts on what is engineering knowledge, the way it may be organized next to scientific knowledge to show that even engineering may apply some scientific knowledge, engineering is not the application of scientific knowledge, in the same manner as science may use some engineered artifacts but science is not engineering.

ACKNOWLEDGEMENT

I very much appreciate the head of the Department of Humanities, Universidad El Bosque, Colombia, who played a decisive role in supporting the research on ‘the differences between research in science and research in engineering’ where this paper comes from. I’d also like to extend my gratitude to two anonymous reviewers for their invaluable suggestions to include and develop further ideas relating this research with previous academic documents.

REFERENCES

- Agassi, Joseph. “The Confusion between Science and Technology in the Standard Philosophies of Science”. *Studies in The Structure of Thinking in the Technological Sciences*. Ed. Friedrich Rapp. Changchun: Jilin People’s Publishing House, 1988. 51-52.
- Aslaksen, Erik W. “Some Thoughts on the Foundation of Systems Engineering”. *Incose Forum*. Insight, 2007.
- _____. “The Engineering Paradigm”. *International Journal of Engineering Studies* 5.2 (2013): 129-154.
- Axelrod, Robert. *The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1997.
- Auyang, Sunny Y. “Knowledge in Science and Engineering”. *Synthese* 168.3 (2009): 319-331. <<https://doi.org/10.1007/s11229-008-9453-0>>
- Banse, Gerhard, and Armin Grunwald. “Coherence and Diversity in the Engineering Sciences”. *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. Ed. Anthonie Meijers. The Netherlands: Springer, 2009.
- Baumberg, Jeremy J. *The Secret Life of Science How It Really Works and Why It Matters*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2018.
- Beakley, George C., Donovan L. Evans, and John Bert Keats. *Engineering: an Introduction to a Creative Profession*. New York: Macmillan Publishing Company, 1986.

- Bertalanffy, Ludwig von. *General Systems Theory, Foundations, Development, Applications*. New York: Braziller, 1969.
- Black, Max. "Are There Any Philosophically Interesting Questions in Technology?" *PSA: Proceedings of The Biennial Meeting of The Philosophy of Technology Association* (1976): 185-193.
- Bonabeau, Eric. "Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99. 3 (2002): 7280-7287.
- Boon, Mieke. "In Defense of Engineering Sciences: On the Epistemological Relations between Science and Technology". *Techné* 15.1 (2011): 49-71.
- Bucciarelli, Louis L. *Engineering Philosophy*. Delft: Delft University Press, 2003.
- Bunge, Mario. "The Philosophical Richness of Technology". *PSA: The Philosophy of Technology Association* 2.1 (1976): 153-172. <<https://doi.org/10.1086/psap-rocbienmeetp.1976.2.192379>>
- Burke, John G. *Technology and Change*, 1919. New York: San Francisco, 1979.
- Bush, Vannevar. "Science the Endless Frontier: A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, July 1945". 1945. <<https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>
- Channell, David F. "The Emergence of the Engineering Sciences: an Historical Analysis". *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. Ed. Anthonie Meijers. The Netherlands: Elsevier, 2009. 117-154.
- Dessauer, Friedrich. *Discusión sobre la técnica*. 1956. Madrid: Ediciones Rialp, s.a., 1964.
- Dewey, John. *Art as Experience*. Penguin, 2005.
- Drexler, K. Eric. *Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology Will Change Civilization*. New York: BBS PublicAffairs, 2013.
- Eekels, Johannes, and Norbert F. Roozenburg. "A Methodological Comparison of the Structures of Scientific Research and Engineering Design: Their Similarities and Differences". *Design Studies* 12.4 (1991): 197-203.
- El-Zein, Abbas H., & Hedemenn, Chris. "Beyond Problem Solving: Engineering and the Public Good in the 21st Century". *Journal of Cleaner Production* 137.1 (2016): 692-700.

- Ellul, Jacques. *The Technological System*. Trans. Joachim Eugene. Oregon: Wipf and Stock Publishers, 2018.
- Espinas, Alfred Victor. "Les Origines de la Technologie". *Revue Philosophique de La France et de L'étrange* (1897).
- Garcia-Diaz, Cesar, & Olaya, Camilo Enrique. *Social systems engineering: the design of complexity*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2017.
- Gibson, James J. "The Theory of Affordances". *Perceiving, Acting, and Knowing. Toward an Ecological Psychology*. Eds. R. Shaw & B. J. Hillsdale: NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1977. 67-82.
- _____. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- Giere, Ronald. "A Dilemma for Philosophers of Science and Technology". *PSA: Proceedings of The Biennial Meeting of The Philosophy of Science Association* (1976): 194-201. <<https://doi.org/10.1086/psaprocbienmeetp.1976.2.192382>>
- Goldberg, David E. "Why Philosophy? Why Now? Engineering Responds to the Crisis of a Creative Era". *Philosophy and Engineering: an Emerging Agenda*. Eds. Ibo van de Poel, and David E. Goldberg. Dordrecht: Springer, 2009. 255-263.
- _____. "Is Engineering Philosophically Weak?" *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process* (2013): 391-405. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7762-0_30>
- Goldman, Steven L. "Philosophy, Engineering, and Western Culture". *Broad and Narrow Interpretations of Philosophy of Technology*. Dordrecht: Springer, 1990. 125-152.
- _____. "Why We Need a Philosophy of Engineering: a Work in Progress". *Interdisciplinary Science Reviews* 29.2 (2004): 163-176. <<https://doi.org/10.1179/030801804225012572>>
- Greber, Henry. "The Philosophy of Engineering". *IEEE Spectrum* 3.10 (1966): 112-115.
- Grimson, William. And Mike, Murphy. "Making the Case for the Inclusion of Lay Persons on Engineering Accreditation Panels: a Role for an Engineering Hippocratic Oath?". *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Princi-*

- ples, and Process*. Eds. D. Michelfelder, N. McCarthy, and D. Goldberg. Dordrecht: Springer, 2013.
- Grundmann, Reiner. "The Problem of Expertise in Knowledge Societies". *Minerva* 55.1 (2017): 25-48. <<https://doi.org/10.1007/s11024-016-9308-7>>
- Habermas, Jürgen. *Ciencia y técnica como "ideología"*. Trans. Manuel Jiménez Redondo, and Manuel Garrido. 4th ed. Madrid: Tecnos, 1984.
- Heidegger, Martin. *The Question Concerning Technology and Other Essays*. New York: Harper & Row, 1977.
- Heywood, John. "Philosophy and Engineering Education. A Review of Certain Developments in the Field". *38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. New York: Saratoga Springs, 2008.
- Hocking, William Ernest. "Dewey's Concepts of Experience and Nature". *The Philosophical Review* 49.2 (1940): 228-244. <<https://doi.org/10.2307/2180801>>
- Hooikaas, Reijer. "The Rise of Modern Science: When and Why?" *The British Journal for the History of Science* 20.4 (1987): 453-473.
- Jaramillo Patiño, Diego Fernando. "¿Existe una filosofía de la ingeniería?" *Universitas Philosophica* 64 (2015): 313-328. <<http://hdl.handle.net/10554/31891>>
- Kapp, Ernst. "Grundlinien Einer Philosophie Der Technik: Zur Entstehungsgeschichte Der Kultur Aus Neuen, 1877". *Philosophische Bibliothek: Meiner Felix Verlag Gmbh*, 2015. <<http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/MPIWG:2RAZF8X1>>
- Keys, L. Ken. "Systems Engineering and Technology Management Education for the 21st. Century". *Picmet'09-2009 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*. IEEE, 2009.
- Koen, Billy Vaughn. "Debunking Contemporary Myths Concerning Engineering". *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Dordrecht: Springer, 2013. 115-137.
- Latour, Bruno. "Technology is Society Made Durable". *The Sociological Review* 38.1 (1990): 103-131.
- _____. "On Actor-network Theory. A few Clarifications, Plus More Than A Few Complications". *Philosophical Literary Journal Logos* 27.1 (2017): 173-197.

- Li, Bocong. "The Triad of Science, Technology and Engineering". *Chinese Philosophy of Technology*. Singapore: Springer, 2020. 65-90.
- López-Cruz, Orlando. "Taylor el ingeniero que determinó la administración: taylorismo como máxima expresión del cartesianismo en la administración". *Journal of Technology* 1.1 (2002): 56-59.
- _____. "Trabajador, trabajo y sociedad: una relación que se complejiza en la interacción". *Journal of Technology* 5.2 (2006): 59-77. <https://www.academia.edu/19966222/Trabajador_trabajo_y_sociedad_Una_relaci%C3%B3n_que_se_complejiza_en_la_interacci%C3%B3n>
- _____. "Engineering Organizational Absorptive Capacity for Effective Knowledge Transfer". *International Conference on Software Process Improvement*. Eds. Alvaro Rocha, Jezreel Mejia and Mirna Muñoz. Springer, 2017a.
- _____. "Las pretensiones científicas de los ingenieros: un estudio a la epistemología de la ingeniería". *Revista Hojas del Bosque* 3.5 (2017b): 52-59. <<https://doi.org/10.18270/heb.v3i5.2703>>
- Lorenz, Walter. "Reaching the Person—Social Work Research as Professional Responsibility". *European Journal of Social Work* 19.3-4 (2016): 455-467.
- Mauss, Marcel. "Les Techniques et La Technologie". *Revue Du Mauss* 1 (2004): 434-450.
- McCarthy, Natasha. "What Use is Philosophy of Engineering". *Interdisciplinary Science Reviews* 32.4 (2007): 320-325.
- _____. "The Wisdom of Engineers". *The Philosophers' Magazine* 41 (2008): 38-43.
- _____. "A World of Things Not Facts". *Philosophy and Engineering*. Dordrecht: Springer, 2009. 265-273.
- _____. *Engineering a Beginner's Guide*. Oxford, England: Oneworld Publications, 2011.
- Medina, Manuel. "Tecnología y filosofía: más allá de los prejuicios epistemológicos y humanistas". *Isegoría* 12 (1995): 180-197.
- Mitcham, Carl. *¿Qué es filosofía de la tecnología?* Trans. César Cuello Nieto and Roberto Méndez. Barcelona: Anthropos-Universidad Del País Vasco, 1989.
- _____. "Dasein versus Design: The Problematics of Turning Making into Thinking". *International Journal of Technology and Design Education* 11.1 (2001): 27-36.

- _____. “A Philosophical Inadequacy of Engineering”. *The Monist* 92.3 (2009): 339-356.
- _____. “Ethics Is Not Enough: From Professionalism to the Political Philosophy of Engineering”. *Contemporary Ethical Issues in Engineering*. Ed. Satya Sundar Sethy. Igi Global, 2015. 48-80.
- Mitcham, Carl, Peter Kroes, and Anthonie Meijers. *The Empirical Turn in the Philosophy of Technology*. Amsterdam: Elsevier, 2000.
- Mitcham, Carl, and Eric Schatzberg. “Defining Technology and the Engineering Sciences”. *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*. Ed. Anthonie Meijers. The Netherlands: Springer, 2009.
- Mumford, Lewis. *Techniques and Civilization*. Chicago: The University of Chicago Press, 1963.
- Newberry, Byron. “Engineered Artifacts”. *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Dordrecht: Springer, 2013. 165-176.
- Nonaka, Ikujiro, and Hirotaka Takeuchi. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation?* New York: Oxford University Press, Inc., 1995.
- _____. “The Knowledge-Creating Company”. *Harvard Business Review* 85.7-8 (2007): 162.
- Olaya, Camilo Enrique. “The Importance of Being Atheoretical: Management as Engineering”. *Systemic Management for Intelligent Organizations*. Berlin: Springer, 2012. 21-46.
- _____. “Más ingeniería y menos ciencia por favor”. *XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2013.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD]. *Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 4th Ed. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Ed. Eurostat, OECD -. Paris/Eurostat Luxembourg: OECD European Communities - Eurostat, 2018.
- Ortega y Gasset, José. *Meditación de la técnica. Vicisitudes en las ciencias. Bronca en la física*. Espasa-Calpe S.A., 1965.

- Parente, Diego. “Los artefactos en cuanto posibilitadores de acción. Problemas en torno a la noción de agencia material en el debate contemporáneo”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 16.33 (2016): 139-168. <<https://doi.org/10.18270/rcfc.v16i33.1937>>
- Petroski, Henry. *To Engineer Is Human: The Role of Failure in Successful Design*. New York: St. Martins Press, 1982.
- _____. *The Essential Engineer Why Science Alone Will Not Solve Our Global Problems*. New York: Alfred A. Knopf, 2010.
- Pirtle, Zachary. “How the Models of Engineering Tell the Truth”. *Philosophy and Engineering an Emerging Agenda*. Springer, 2010. 95-108.
- Pitt, Joseph C. “Philosophy, Engineering, and the Sciences”. *Philosophy and Engineering an Emerging Agenda*. Eds. Ibo van de Poel, and David E. Goldberg: Dordrecht: Springer, 2010.
- _____. “Fitting Engineering into Philosophy”. *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Dordrecht: Springer, 2013.
- Poel, Ibo van de. “Philosophy and Engineering: Setting the Stage”. *Philosophy and Engineering an Emerging Agenda*. Eds. Ibo van de Poel, and David E. Goldberg. Dordrecht: Springer Science, 2010. 1-13.
- Poel, Ibo van de, and David E. Goldberg, Eds. “Philosophy and Engineering: an Emerging Agenda”. *Philosophy of Engineering and Technology* 1. Vol. 2. Netherlands: Springer Netherlands, 2010.
- Pollock, Meagan Ross. “What Is Engineering?” *History and Philosophy of Engineering Education*, 2009. <<http://meaganross.com>>
- Poser, Hans. “On Structural Differences between Science and Engineering”. *Techné: Research in Philosophy and Technology* 4.2 (1998): 128-135.
- _____. “The Ignorance of Engineers and How They Know It”. *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Springer, 2013. 3-14.
- Project Management Institute [PMI]. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute Inc., 2013.

- Santandreu Niell, Margarita. “El concepto de técnica en Ortega y Gasset”. *Taula: Quaderns De Pensament* (1992): 157-162.
- Schmidt, Jon Alan. “Engineering as Willing”. *Philosophy and Engineering: Reflections on Practice, Principles and Process*. Dordrecht: Springer, 2013. 103-111.
- Schumpeter, Joseph Alois. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*, 1934. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1961.
- Simon, Herbert Alexander. “Bounded Rationality”. *Utility and Probability*. London: Palgrave Macmillan, 1990. 15-18.
- Staples, Mark. “Critical Rationalism and Engineering: Methodology”. *Synthese* 192.1 (2015): 337-362.
- Swanson, E. Burton. “Technology as Routine Capability”. *MIS Quarterly* 43.3 (2019): 1007-1024.
- Taylor, Frederick Winslow. *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers, 1919.
- Taylor, Peter J., Michael Hoyler, and David M. Evans. “A Geohistorical Study of ‘the Rise of Modern Science’: Mapping Scientific Practice through Urban Networks, 1500-1900”. *Minerva* 46 (2008): 391-410.
- Veblen, Thorstein. “The Instinct of Workmanship and the Irksomeness of Labor”. *The American Journal of Sociology* 4.2 (1898): 187-201.
- Vessuri, Hebe M. C. “De la transferencia a la creatividad. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados”. *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad*. Eds. Andoni Ibarra and José A. López Cerezo. Madrid: Biblioteca Nueva-Organización de Estados Iberoamericanos, 2001.
- Vincenti, Walter. *What Engineers Know and How They Know It*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1990.
- Weiss, Gerhard. *Multiagent Systems: a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999.
- Woolridge, Michael. *Reasoning About Rational Agents*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- _____. *An Introduction to Multiagent Systems* (2nd ed.). West Sussex, United Kingdom: John Wiley & sons, 2009.

¿QUÉ ES LA TECNOCENCIA? TECNOCENCIA, PODER Y ENTORNO*

WHAT IS TECHOSCIENCE? TECHNOSCIENCE, POWER AND ENVIROMENT

ALONSO NAVA AMEZCUA
Universidad de Guadalajara
Jalisco, México.
alonsonava2005@hotmail.com



RESUMEN

El término *tecnociencia* se utiliza usualmente sin ninguna criticidad para señalar todo tipo de producción científica contemporánea, llegando incluso a emplearse como sinónimo de la ciencia del siglo XXI. En el presente artículo se delimitará qué es la tecnociencia, a qué se le puede llamar de esta manera y a qué no. Como producto del mismo análisis se obtendrá una visión del rol social de dicho fenómeno en nuestra realidad contemporánea y, con ello, una visión de la relación entre la tecnociencia, nuestro entorno sociocultural y las relaciones de poder.

Palabras clave: ciencia; tecnología; sociedad; conocimiento; investigación; tecnociencia.

* Este artículo se debe citar: Nava, Alonso. “¿Qué es la tecnociencia? Tecnociencia, poder y entorno”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 113-145. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.2784>

ABSTRACT

The term technoscience is usually used without any criticism, only to point to all types of contemporary scientific production, even being used as a synonym for the science of the 21st century. In this paper we will define what technoscience is, what can be called technoscience and what not. As a product of the same analysis, we will obtain a vision of the social role that this phenomenon plays in our contemporary reality and, with it, a vision of the relationship between technoscience, our socio-cultural environment and power relations.

Keywords: science; technology; society; knowledge; research; technoscience.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene como objetivo determinar y delimitar qué es la tecnociencia, a qué se le puede llamar de esta manera y a qué no, así como señalar la inherente relación entre tecnociencia y poder. Abordaré el fenómeno llamado tecnociencia, retomando el trabajo de autores no anglosajones que han tratado el tema, tales como Javier Echeverría, Enrique Linares o Gilbert Hottois, en un intento por aclarar sus más sobresalientes características, logrando con ello perfilar de una manera directa y concisa lo que la tecnociencia es y no es. Como producto de dicho abordaje se obtendrá una visión del rol social que dicho fenómeno tiene en nuestra realidad contemporánea y, con ello, una visión de la relación entre la tecnociencia, nuestro entorno sociocultural y las relaciones de poder. La principal motivación para la realización de este análisis se encuentra en la forma cotidiana en que con frecuencia se utiliza dicho término. Usualmente se emplea sin ninguna criticidad para señalar todo tipo de producción científica contemporánea, llegando incluso a usarse como sinónimo de la ciencia del siglo XXI, o para indicar cualquier tipo de unión, por vaga que sea, entre la ciencia y alguna clase de producción tecnológica.

Debo aclarar también que el presente trabajo tiene como finalidad abordar el fenómeno tecnocientífico desde su faceta social y cultural. No me preocupa tanto indagar en la práctica tecnocientífica buscando respuestas epistémicas u ontológicas, tales como lograr establecer la metodología de la construcción del conocimiento en un ámbito tecnocientífico o la diferencia (o superioridad) entre un conocimiento científico y uno tecnocientífico, sino contextualizar las características propias de este fenómeno y con ello el rol y el impacto que esta modalidad de producción (tanto de bienes y servicios como de conocimientos) tiene en la sociedad y cultura contemporáneas. Pretendo lograr una visión global de dicho fenómeno comenzando por su definición, tanto del término como de las características de dicha producción del conocimiento, lo que por ende nos dará una visión del impacto que dicho modelo de producción genera en la sociedad contemporánea.

Los objetivos del presente trabajo se presentan entonces de la siguiente manera: 1) determinar qué es el fenómeno llamado tecnociencia; 2) delimitar a qué se le puede llamar de esta manera y a qué no; 3) establecer que la tecnociencia ha llegado a crear todo un entorno sociocultural en la sociedad contemporánea, por lo que podemos asegurar que vivimos en un ambiente tecnocientífico; 4) establecer que las relaciones entre la diversidad de actores tecnocientíficos y la sociedad es una relación de poder, que sigue perpetuando el dominio de unos pocos sobre la mayoría; y 5) precisar que el fenómeno tecnocientífico, a pesar de que algunos círculos académicos no están muy de acuerdo, es un fenómeno totalmente novedoso que surgió en el siglo xx y no tan solo, como he llegado a escuchar, “viejas relaciones ciencia e industria pero en mayor grado”.

HISTORIA DEL CONCEPTO

Para adentrarnos en el estudio del fenómeno llamado tecnocientífico, es necesario comenzar con el análisis del término *tecnociencia*. Este es un neologismo formado por composición a través de la contracción de las palabras tecnología y ciencia. Su origen resulta algo confuso pues no existe una opinión homogénea sobre la paterni-

dad del neologismo, el cual comenzó a utilizarse formalmente en textos académicos a finales de los años setenta y principio de los ochenta del siglo xx (Hottois 2006).

Si bien el filósofo francés Bruno Latour (1987) es el responsable de popularizar dicho término principalmente dentro del mundo francófono y angloamericano al haberlo incluido en *Science in Action*, es errónea la suposición de muchos autores de que él es el acuñador oficial, pues algunos autores –principalmente del mundo francófono– como Hottois, Ellul o Lyotard ya lo utilizaban mucho antes de la publicación del texto de Latour. Precisamente Gilbert Hottois asegura haberlo empleado en el título de un artículo publicado en 1978¹, pero asegura no ser su progenitor, a pesar de que en su libro póstumo *La Technique*, Jean-Pierre Sérís le asigne esta paternidad, atribución un tanto ambigua pues al cabo de un poco más de cien páginas vuelve a adjudicar la invención del término, pero en esta ocasión a Jacques Ellul (Hottois 2006 29). Encontramos también que en la antología *Philosophy of Technology* del 2014, editada por R. C. Sharff y Val Dusek, se da por sentado que Gastón Bachelard lo acuñó. En fin, sin importar esta discusión sobre el creador material de tal vocablo, según la mayoría de estos autores, el concepto hace referencia a una nueva forma de producir el conocimiento y evoca la idea de una ciencia teórica actuando en conjunto con el interés pragmático y transformador de la tecnología.

Sin embargo, es importante señalar que no se trata de que la ciencia y la tecnología se hayan fundido en una sola práctica homogénea, sino de que trabajan conjuntamente como instrumentos puestos al servicio de un interés diferente al propio. Dentro de la práctica tecnocientífica podemos continuar separando la actividad científica de la tecnológica; incluso algunos autores establecen que podemos usar esta distinción hasta en la actividad del investigador individual, cuando este las mantiene como parte integral de su trabajo académico (Ibarra 2003). Entonces, la tecnociencia es una nueva forma de producir conocimiento y transformación artefactual, pero sin ser, ontológica ni epistémicamente, una nueva disciplina en el universo del quehacer científico y explicativo humano.

¹ El título del artículo de 1978 era *Ética y Tecno-Ciencia*, publicado en la Revista El Pensamiento y los Hombres ["Ethique et Techno-Science", publié dans une revue belge de "Philosophie et de morale laïque": La pensée et les hommes (Hottois 2006 22)]

Al prestar un poco de atención a la concepción clásica de ciencia, nos encontramos con que sus principales objetivos son de carácter teórico-epistémico y explicativo; hallamos una práctica —generalmente colectiva— que pretende dar respuesta a los *cómos* y los *porqués* que genera la realidad material que nos envuelve. Por su parte, la tecnología cuenta con un móvil distinto, uno pragmático-productivo cuyo interés primordial es la transformación de la realidad material que nos cobija. Así se puede entender como aquella práctica encaminada a modificar la realidad material a través de nuestro conocimiento teórico de dicha realidad.

Desde un punto de vista latouriano, podemos entender la tecnociencia como un producto híbrido, como una práctica productora de nuevo conocimiento teórico y epistémico, pero encaminada deliberadamente hacia la transformación artefactual —con claras pretensiones mercantiles— de la realidad material; transformación llevada a cabo por la tecnología para satisfacer necesidades o solucionar problemáticas, hacer más fácil, sencilla y rápida la vida cotidiana o, con mayor frecuencia, hacer más efectivos los procesos de dominio político y económico de algunos pocos sobre muchos más. Y es precisamente este último objetivo de la transformación tecnológica de la realidad el que la tecnociencia persigue, creando una práctica colectiva de una naturaleza híbrida, pretendiendo alcanzar objetivos teóricos y epistémicos que conduzcan a los objetivos de dominio económico-político en el contexto de las sociedades capitalistas contemporáneas (Linares 2008). Se trata, entonces, de una nueva forma de producir conocimiento que mezcla las pretensiones epistémicas de la ciencia, al querer responder a los *cómos* y los *porqués* surgidos del mundo natural, pero siempre con la pretensión primordial de transformar y controlar ese mundo natural, a favor de intereses económicos y políticos plausibles en una realidad social de capital privado y libertad de comercio.

Si bien la historia de la ciencia y la tecnología es tan vasta como la historia de la humanidad misma y, según algunos autores, esta misma historia siempre ha estado ligada al desarrollo del comercio y la industria (Bernal 1959), la historia del fenómeno tecnocientífico (o por lo menos la historia que nos interesa por el momento) se remonta, como lo veremos, tan solo a la segunda mitad del siglo xx.

Es preciso, antes que nada, hacer una distinción un tanto ambigua por su referencia únicamente cuantitativa y operatoria, que desconoce los primordiales as-

pectos cualitativos de las distintas formas de producir conocimiento, pero sustancial al momento de establecer el surgimiento de la práctica tecnocientífica. Se trata de la diferencia entre *small science* y *big science*. La primera alude a la ciencia individual, más que colectiva, del siglo XIX y principios del XX, una ciencia de laboratorios personales o universitarios sin mucho presupuesto ni injerencia institucional. La segunda nos remite a la práctica científica y tecnológica surgida a finales de la primera mitad del siglo XX, a consecuencia –más que nada– de los avatares de la Segunda Guerra Mundial. Denominada *big science* porque es una práctica colectiva de enormes magnitudes, que involucra un gran número de científicos de distintas disciplinas, coordinadores científicos y no científicos, técnicos y operadores, gestores, entre otros, es decir, un gran número de actores y, por ello, un presupuesto gigantesco que acarrea –a diferencia de la *small science*– una injerencia institucional casi total por parte de las autoridades universitarias, los empresarios dueños del capital y sobre todo de los Estados.

Esta práctica científica y tecnológica fue el resultado de una contienda total, la cual dejó ver que dicha confrontación no podría ser ganada únicamente con los instrumentos bélicos tradicionales, sino solo a través de la innovación científica y tecnológica que proporcionara ventaja sobre el adversario. Esta necesidad primordial de ganar la guerra llevó a los Estados² a invertir sumas estratosféricas en proyectos de investigación, que culminaron con el proyecto de investigación de mayor envergadura y más caro de la historia hasta ese momento: el Proyecto Manhattan. Las gigantes sumas de capital invertido y las prioridades estratégico-militares hicieron de esta forma de producir conocimiento una práctica totalmente institucionalizada y controlada, transformando al científico otrora libre y desencadenado en un empleado al servicio de una institución, arrebatándole decisiones prioritarias, como los objetivos de investigación o los plazos de realización, característica de la naciente tecnociencia.

² Principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica, país señalado por varios autores, como el propio Javier Echeverría, como el país en el cual se incubó, surgió y se desarrolló la práctica tecnocientífica.

En fin, la big science nació como macroproyectos principalmente estatales, cuyo objetivo era generar nuevo e innovador conocimiento científico que a su vez pudiera ser utilizado en artefactos tecnológicos que supusieran ventajas estratégicas sobre los posibles competidores internacionales.

En este escenario, la práctica tecnocientífica³ surgió de la misma práctica macrocientífica o *big science* después de la guerra y a través de un largo proceso de consolidación de aproximadamente treinta años. Así se consolidó como tal a finales de la década de los setenta y principio de los ochenta con la comercialización, el perfeccionamiento y la popularización de las tecnologías de la informática y la comunicación (TIC). Este proceso de consolidación se puede dividir en tres etapas primordiales. El periodo inicial, quizá entre 1940 y 1965, está asociado al surgimiento de la macrociencia o *big science* durante la Segunda Guerra Mundial y los años inmediatamente posteriores a ella.

El segundo periodo está marcado por una década de estancamiento (1966-1976), producto de diversos factores, entre ellos el fracaso estadounidense en su incursión militar a través de la antigua Indochina francesa, el recorte de presupuesto a causa de la insolvencia del Estado al ser este casi el único inversor, la reacción popular en contra de la tecnificación del mundo y principalmente de la guerra, entre otras. Por último, una tercera etapa de surgimiento de la propiamente dicha tecnociencia, caracterizada –como señalé– por el desarrollo comercial de las TIC y la intervención del capital privado en estas macroempresas con pretensiones científico-artefactuales (Echeverría 2003).

En este punto, se debe tomar en cuenta –como lo señala el filósofo vasco Javier Echeverría en su libro *La revolución tecnocientífica* (2003)– que esta nueva forma de producir conocimiento es una práctica totalmente distinta a las anteriores. Sin embargo, la naturaleza de esta diferencia no es metodológica o epistémica ni mucho menos

³ Para el presente trabajo no se necesita –por el momento– profundizar más en las características de la práctica macrocientífica o *big science*. Para hacerlo, remitirse al texto de Javier Echeverría, J. (2003), principalmente al capítulo primero “Ciencias, macrociencias y tecnociencias”.

ontológica, sino praxiológica, es decir, es una diferencia en la práctica, en la manera de hacer y organizar las cosas, en el modo de dirigir dicha producción de conocimiento. Se trata de una transformación de la actividad científica y tecnológica por parte de una pluralidad de actores, y no de una transformación de la ciencia y la tecnología, que consiste en una nueva forma de hacer ciencia y tecnología sin modificar los paradigmas metodológicos ni epistémicos de la ciencia y la tecnología tradicionales. Por tanto, se puede asegurar que la tecnociencia no vino a eliminar ninguna otra modalidad de producción de conocimiento. Tanto la ciencia clásica o *small science*, como los proyectos macrocientíficos continúan existiendo independientemente de la particular práctica tecnocientífica. El punto es que esta última –como veremos más adelante– ha influido más que ninguna otra en la vida cotidiana de las sociedades contemporáneas, punto clave para el desarrollo de la presente investigación.

La ciencia clásica se mantiene vigente principalmente gracias al impulso de las instituciones universitarias y al apoyo casi incondicional de los Estados. Subsisten también proyectos de desarrollo tecnológico de menor escala, sin pretensiones ni esperanzas de lograr innovación teórica gracias a ello; proyectos conducidos por la necesidad de resolver tecnológicamente alguna problemática material que aqueja a una parte proporcional de alguna sociedad. Estos provienen –por lo general– de las instituciones universitarias o de pequeñas y medianas empresas que vislumbran cierto mercado para la respuesta tecnológica a dicha problemática. En cuanto a los macroproyectos científicos financiados y coordinados principalmente por los Estados, encontramos que –más que nada en materia de salud pública– siguen existiendo instituciones de enorme envergadura, dependientes del Estado, cuyas funciones primordiales son la formación de especialistas altamente calificados, así como el desarrollo científico y tecnológico que permita afrontar las problemáticas y necesidades sociales,⁴ proyectos que bien pueden calificarse como macrocientíficos, pero no como tecnocientíficos por ciertas particularidades primordialmente comerciales y organizativas que veremos más adelante.

⁴ Véase Informe C.R.E.C.E. 2005 45-65.

El punto aquí es señalar que la tecnociencia no es la única forma en que se produce conocimiento en el siglo XXI (Echeverría 2003), sino una modalidad más de producción científico-tecnológica que surgió a mediados del siglo XX, pero que ha impactado –más que las otras modalidades de producción– la vida cotidiana de las sociedades contemporáneas, y con ello, la forma de pensar y actuar del ciudadano de los Estados occidentales del siglo XXI.

Retomando la historia de este fenómeno contemporáneo, hemos dicho ya que la práctica tecnocientífica surgió en los macroproyectos científicos y tecnológicos de mitad del siglo XX, producto del esfuerzo total exigido por la Segunda Gran Guerra. Sin embargo, tuvo su florecimiento décadas después en un marco de aparente estabilidad económica y políticas liberales. Se puede señalar aquí, que –como mencionó Eric Hobsbawm– los treinta años de florecimiento económico posteriores a la guerra, o la así llamada “edad de oro del capitalismo”, transformaron drásticamente y profundamente la realidad social global, cambio sin precedentes en la historia humana (Hobsbawm 1998). Desde mi punto de vista, dicha transformación modificó los macroproyectos científicos estatales, estancados desde finales de los años sesenta, convirtiéndolos más que nada en empresas transnacionales con intereses comerciales y de mercado como característica esencial, dejando las pretensiones epistémicas de lado,⁵ tan solo como herramientas para conseguir la ventaja mercantil en un mercado casi sin restricciones, comenzando así la empresa tecnocientífica propiamente dicha.

Como ya señalé, podemos usar como ejemplo paradigmático de la macrociencia o *big science* al Proyecto Manhattan que terminó desarrollando las primeras bombas atómicas lanzadas en 1945 sobre Hiroshima y Nagasaki. El ejemplo paradigmático de la tecnociencia sería el Proyecto Genoma Humano (Hottois 2006), que involucra una infinidad de actores (científicos y no científicos), un fuerte finan-

⁵ Y también las consideraciones éticas, y las pretensiones pragmáticas motivadas socialmente, es decir, el interés de solucionar las problemáticas de la humanidad (como el hambre o la desigualdad), concentrándose únicamente en el desarrollo de productos innovadores que estimulen el consumo en el mercado.

ciamiento público pero también privado que incluso ha equiparado o superado a la inversión pública, claras pretensiones comerciales y económicas (principalmente de las empresas privadas que participan en el proyecto como Celera Genomics), pluralidad y conflicto de intereses y valores (económicos, jurídicos, políticos, entre otros), complejidad y dependencia de las TIC. Este proyecto reúne canónicamente las características propias de un proyecto tecnocientífico, las cuales analizaremos enseguida.

Cabe señalar que la principal diferencia entre los distintos modos de producción de conocimiento no es tanto su tamaño, sino sus pretensiones y su estructura financiera. Las pretensiones de la *small science* o ciencia tradicional son la búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo y la necesidad de dar respuesta a los cómo y porqués que aquejan a la humanidad. Su estructura financiera es principalmente el patronazgo desinteresado, ya sea por parte del Estado o de mecenas particulares preocupados por el desarrollo de la ciencia. Por su parte, la *big science* tiene pretensiones pragmático-artefactuales, pero enfocadas a la solución de ciertos aspectos económico-político-sociales de capital importancia para un determinado Estado en cierto contexto histórico. Su estructura financiera, si bien mixta, se caracteriza por el predominio de la inversión pública sobre la privada, y por ello, la dirección y organización se encuentra en manos de las mismas instituciones públicas.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOCIENCIA

MERCANTILIZACIÓN

La diferencia con la macrociencia no es –como señalé– una cuestión de magnitud, sino una diferencia en estructura y pretensiones. Para comenzar, los intereses pragmático-artefactuales de la práctica tecnocientífica no están encaminados a la resolución de algún problema en particular que afecte a la sociedad o al Estado (esto es secundario, y sí se presenta es por añadidura), sino a la creación de mercancías de fácil colocación en un mercado mundial. Estamos entonces ante la primera gran característica de la producción tecnocientífica: la pretensión comercial o mercantil,

la necesidad de producir, más que nada, mercancías.⁶ Y en cuanto a su estructura financiera, predomina la inversión de capital privado sobre el capital público, capital que pretende –por supuesto– incrementar su plusvalía por sobre cualquier otro tipo de pretensión, ya sea epistémica o pragmática.

NÚCLEO AXIOLÓGICO

Otra diferencia importante entre producción científica y tecnocientífica se encuentra en el núcleo axiológico de estas prácticas. En la primera predominan los valores epistémicos como verdad, objetividad y universalidad, mientras que en la segunda lo hacen los valores técnicos, como utilidad, eficacia, funcionalidad, aplicabilidad y rentabilidad, por sobre cualesquiera otros. Se trata de acciones pragmáticas que buscan transformar la realidad, por lo que valores epistémicos como verdad o universalidad pasan a un segundo plano. Lo que realmente interesa es la utilidad, la eficacia y la eficiencia del artefacto transformador de la realidad. Otra característica de la práctica tecnocientífica sería entonces el enfoque primordial hacia el diseño artefactual por sobre el desarrollo teórico-explicativo, aunque –como ya se ha mencionado– la producción de conocimiento teórico innovador es inherente y necesaria para el diseño artefactual que se persigue, pero queda como una pretensión secundaria, no como una prioridad.

De lo anterior, podemos concluir que la práctica tecnocientífica es primordialmente una práctica transformadora de la realidad, por lo que rige dentro de ella una racionalidad pragmático-transformadora que solo tiene en cuenta medios y fines. A esta racionalidad no le importan justificaciones de carácter teórico como la veracidad

⁶ Más que la necesidad de producir conocimiento, lo cual resulta secundario (aunque necesario), incluso más que la mera necesidad pragmática de controlar y transformar la naturaleza que también resulta secundaria, es decir, la tecnociencia pretende crear mercancías, aunque para ello deba crear conocimiento, tanto teórico como tecnológico.

o la justicia, sino únicamente valoraciones técnicas como la eficiencia, el control o la rentabilidad. Y en su seno rigen las actividades pragmático-transformadoras de la realidad por sobre cualquier otra actividad hermenéutica o reflexiva. Como afirma Linares:

Las acciones técnicas básicas son: inventar, diseñar, simular o modelar, construir o fabricar, manufacturar, operar, mantener, supervisar o monitorear, reparar, corregir, controlar, etcétera. Lo distintivo del fenómeno tecnológico contemporáneo es el predominio de las formas técnicas de actividad en todos los campos de la actividad humana, que están orientadas por los fines de eficiencia y control (2008 390).

Esto nos conduce a asegurar que, dentro de la práctica tecnocientífica, metodológicamente todo vale y lo único que cuenta es el resultado y el grado de eficiencia determinado con una orientación pragmática (Pestre 2005). Lo anterior genera un paradigma reduccionista en el cual todo se limita a medios (materiales por supuesto) y fines, todo es experimentación artificialmente controlada, y se desecha –sin ser tomada en cuenta– cualquier otra clase de opinión o preocupación ajena a ese ambiente de laboratorio y a esa racionalidad pragmático-transformadora.

Esta prioridad de racionalidad y valores pragmáticos en la práctica tecnocientífica nos muestra que se ha pasado de una “tecnología conducida por la ciencia” a una “ciencia conducida por la tecnología”.⁷ Esta nueva forma de hacer ciencia (*technology-driven science*) se ha convertido en la expresión máxima de esta racionalidad pragmático-transformadora y, por ello, sus acciones son las que implican mayores repercusiones en la naturaleza y, sobre todo, en la vida social cotidiana (Linares

⁶ Este punto es un tanto controversial pues existe una discrepancia entre autores (como Idhe 1979 o Hottois 2006) que aseguran que en algún momento existió una tecnología que avanzaba siempre a la sombra del desarrollo científico teórico, pero que cambió en nuestro tiempo para convertirse ahora en la conductora del avance científico; mientras que algunos otros (como Bernal 1959 o Inkster 1991) aseguran que las preocupaciones pragmático-tecnológicas siempre han sido la fuente de las preocupaciones, y por ello, del desarrollo científico teórico.

2008). Esto da por resultado que esta nueva práctica tecnocientífica no solo tenga a su alcance la transformación y el dominio de la naturaleza (pretensión de la ciencia moderna o baconiana), sino también el dominio y la transformación de la sociedad misma, afectando con ello la conducta del sujeto tanto colectivo como individual.

Podemos entonces resumir que la tecnociencia funciona bajo un enfoque materialista operatorio, no un materialismo fanático o metafísico que se preocupe en reducir ontológicamente todo fenómeno a realidad material, porque su mayor pretensión es la acción material: operar, producir, transformar.

La technoscience et les technoscience studies sont le symbole d'une approche de plus en plus intégralement matérialiste et opératoire. Il ne s'agit pas d'un matérialisme métaphysique doctrinal, qui se fonderait sur une définition univoque de la matière et entreprendrait une réduction ontologique de toute réalité à la matière ainsi définie. Il s'agit d'un matérialisme méthodologique dont la visée principale n'est pas de représenter, mais d'agir et d'opérer, de produire et de transformer (Hottois 2006 36).

OPERATIVIDAD EMPRESARIAL

Una característica esencial más de la práctica tecnocientífica es su funcionalidad industrial. Como ya se señaló, la práctica tecnocientífica cuenta con pretensiones esencialmente mercantiles, cuya finalidad es la producción de artefactos de fácil colocación en el mercado. Entonces, podemos asegurar que la tecnociencia es una práctica que funciona bajo un esquema industrial: capital inicialmente invertido → producción de mercancías → procesos de mercadeo → incremento del capital inicial. Lo anterior genera, por tanto, una diferencia esencial con otros modos de producción de conocimiento: su estructura netamente empresarial.

A diferencia de otros modos de producir conocimiento, la práctica tecnocientífica se transforma en una *empresa* tecnocientífica. Ya no es una práctica institucional o universitaria con prioridades políticas o sociales, sino una netamente

empresarial con prioridades comerciales, desembocando por ello en una estructura administrativa y organizativa empresarial. Se trata de una estructura compuesta de una variedad muy amplia de actores más allá del conjunto de científicos y tecnólogos enclaustrados en un laboratorio: directores, coordinadores, gestores, tomadores de decisiones políticas y económicas y no solo científicas, diseñadores, vendedores, inversionistas, clientes, etcétera.

En otras palabras, esta es una interacción entre una gran variedad de especialistas (científicos y no científicos) que llevan a buen fin dicha actividad empresarial: gestionan permisos y patentes, desarrollan innovación teórica y más que nada artefactual, comercializan la innovación artefactual, consiguen nueva inversión, entre otras acciones. Esta práctica empresarial involucra también algunos otros actores no considerados como especialistas, como el propio inversionista o el cliente, un elemento importante en el esquema tecnocientífico. En general, una característica más de la práctica tecnocientífica es que está compuesta de una pluralidad de agentes sociales muy variada y no solo de una comunidad de científicos o especialistas. Es decir, el sujeto de la práctica tecnocientífica es un sujeto esencialmente colectivo. Podemos afirmar que cualquier avance o innovación tecnocientífica ya no es producto de alguna persona física cuyo nombre pasará a los anales de la historia, sino de un sujeto jurídico (Echeverría 2003) sin rostro, pero sí con nombre y personalidad, nombre registrado como marca comercial surgida del esfuerzo de mercadólogos, diseñadores y vendedores.

Tenemos entonces una actividad empresarial con pretensiones mercantiles, en la cual rigen principalmente los valores económicos del capitalismo como la rentabilidad de la inversión, la creación de nuevas patentes y su explotación, la competencia abierta entre productores y por ello el secretismo industrial, la división del trabajo y las jerarquías, entre otros. Y es precisamente en este último punto en donde encontramos la organización administrativa de estas empresas. Existe una marcada división del trabajo que organiza las tareas, adjudicándole acciones, responsabilidades y obligaciones a cada actor, jerarquizando al mismo tiempo la subordinación y la toma de decisiones, sin importar ya las prioridades o valores epistémicos de la propia ciencia. Es decir, la empresa tecnocientífica como empresa mercantil primordialmente

privada tiene prioridades comerciales, por lo que la jerarquía de decisiones está encabezada por los propios inversionistas y los especialistas tanto comerciales como administrativos, antes que por los científicos y sus prioridades epistémicas.

Se puede asegurar incluso que la mayoría de la comunidad científica que labora en una empresa tecnocientífica tiene tan solo el estatus de un empleado más,⁸ sin opción de tomar decisiones importantes que realmente determinen el curso de la producción científico-tecnológica, ni mucho menos el curso de la propia empresa, concretándose a las acciones, obligaciones y responsabilidades que la propia división del trabajo le asignó, adjudicándose algunas metas de investigación y experimentación que debe cumplir y sobre las cuales debe informar. Incluso muchos de los científicos y tecnólogos empleados en los talleres y laboratorios de estas empresas tecnocientíficas desconocen el rumbo general de la investigación y se limitan a ejecutar las acciones que les fueron encomendadas y así cumplir su jornada laboral cotidiana, por lo que los intereses y prioridades de la empresa usualmente son ajenos a los de la propia comunidad científica que labora en ellas (Hottois 2006).

PLURALIDAD DE ACTORES

Esta estructura empresarial con intereses y valores heterogéneos, pero también con diversidad de jerarquías, obligaciones y prioridades, da lugar a otra característica importante de la práctica tecnocientífica: su burocratización, pues la mayoría de las acciones no se llevan a cabo en laboratorios ni son de carácter científico o tecnológico, sino en despachos, gabinetes y oficinas, y son más bien de carácter administrativo, comercial y de gestión.

⁸ Tan solo la mayoría de ellos, porque en algunas empresas es un científico quien ostenta un puesto directivo importante, incluso en ciertas empresas tecnocientíficas de envergadura como Celera Genomics el fundador y principal accionista es un científico.

Podemos asegurar que esta nueva forma de producir conocimiento no es el resultado de la acción de una comunidad científica, sino de la interacción de diversas comunidades, científicas y no científicas, que interactúan juntas en el seno de una empresa primordialmente privada con pretensiones mercantiles. Por lo que la respuesta a la pregunta latouriana sobre quién hace tecnociencia debería ser: no solo los científicos y sus comunidades, sino una gran variedad de actores y comunidades, científicas y no científicas, es decir, una gran pluralidad de actores.

Incluso esa pluralidad o diversidad de actores se da a cualquier escala, pues dentro de la misma comunidad científica (que tan solo es una de las tantas que interactúan en la práctica tecnocientífica) nos encontramos con que la innovación y el desarrollo netamente epistémico y tecnológico ya no son producto de una sola rama de la ciencia (química, biología, física, etc.) trabajando aisladamente de las otras, sino de una esencial e incuestionable interacción multidisciplinar. Esta interacción entre las diversas disciplinas científicas va más allá de la cooperación, creando realidades de interdependencia y encadenamiento entre ellas, encadenamiento sin el cual sería imposible lograr la mayoría de las innovaciones tecnocientíficas como los resultados del Proyecto Genoma Humano o la creación de alimentos genéticamente modificados o transgénicos.

Y esta misma interdependencia, tanto entre disciplinas científicas como entre diversas comunidades científicas, genera grandes redes académicas de investigación y desarrollo. Por ello, la mayoría de empresas tecnocientíficas no se encuentran físicamente en un solo sitio, ni son el producto del esfuerzo de alguna única comunidad científica, sino que se transforman en “empresas-red” con sedes en cualquier parte del mundo que pueda ofrecer algún tipo de ventaja específica. Se vuelven empresas transnacionales de presencia global, cuya innovación artefactual lanzada al mercado es el resultado de diversas comunidades –científicas y no científicas– dispersas a lo largo y ancho del planeta.

COMPLEJIDAD

Es gracias a esta interdependencia y encadenamiento entre distintas disciplinas científicas, entre diversas comunidades, entre diferentes procesos administrativos y organizativos, y entre una gran variedad de heterogéneos actores distribuidos globalmente, que podemos citar otra característica de la práctica tecnocientífica: la complejidad.

Existe una gran complejidad teórica en la “investigación de punta” del siglo XXI, producto –entre otros factores– de la interdependencia y encadenamiento multidisciplinar y del avance de las posibilidades que ofrecen las ciencias computacionales. Pero también existe una gran complejidad de acción por la misma interdependencia entre distintas comunidades científicas y no científicas, por los propios procesos administrativos empresariales que se pretenden imponer sobre las prácticas de laboratorio, por la coordinación de actores distribuidos globalmente, por los asuntos jurídicos de cada región en particular, etcétera. Es decir, cuando se habla de tecnociencia se habla de complejidad en todos los niveles: teórica en el desarrollo científico y tecnológico, a nivel administrativo y empresarial, en los diversos intereses encontrados, en los asuntos jurídicos, en cuanto a los valores, en fin, tecnociencia es sinónimo de complejidad.

Tenemos entonces una práctica científica, tecnológica y empresarial tan compleja como nunca antes había existido en la historia moderna, una práctica que gracias a las TIC tiene una presencia y un alcance verdaderamente global, complejizando cada vez más la ya complicada práctica tecnocientífica.

CAPITAL PRIVADO

Otra característica importante del fenómeno tecnocientífico es, como ya señalé pero que no he profundizado, la primacía del capital privado sobre el público. Como vimos, tanto la macrociencia o *big science* como la tecnociencia tienen una estructura financiera mixta, esto es, inversión tanto privada como pública, pero debido al enfoque y a las prioridades políticas y sociales de la producción macrocientífica,

predomina aquí la inversión pública y por ello la injerencia y dirección del Estado canalizada a través de una variedad de vías o instituciones. Por el contrario, dentro de la práctica tecnocientífica predomina el capital privado, debido al pleno enfoque comercial y empresarial de esta práctica, pero sin hacer a un lado al Estado como un actor tecnocientífico importante.

Es decir, el Estado continúa invirtiendo capital (aunque en menor medida) con la esperanza (igual que en los proyectos macrocientíficos) de obtener innovaciones tecnológicas que generen ventajas políticas, económicas o sociales en un panorama de competencia internacional. Pero más que nada, este sigue siendo un importante actor tecnocientífico al desarrollar políticas de Estado en materia de ciencia y tecnología, que están destinadas a promover, desarrollar y transformar el contexto en el que científicos, tecnólogos y empresas se desempeñan (Echeverría 2003). Continúa siendo el Estado el encargado de promover su propio desarrollo científico y tecnológico, pero en el caso de la tecnociencia, ya no como el actor central, sino como el promotor e inversor en las nuevas empresas de este tipo en particular, como el gestor de contratos y acuerdos nacionales e internacionales que favorezcan dicha práctica, como el creador de condiciones legales que promuevan y permitan estas empresas, como el cliente que encarga y compra desarrollo científico y artefactual, entre otras opciones.⁹ Tiene todavía un importante papel dentro del marco de desarrollo tecnocientífico. Queda así como eje de este desarrollo no tanto el trabajo directo del científico o del tecnólogo, sino la gestión empresarial y gubernamental realizada en torno a esta cuestión.¹⁰

⁹ Tan solo la mayoría de ellos, porque en algunas empresas es un científico quien ostenta un puesto directivo importante, incluso en ciertas empresas tecnocientíficas de envergadura como Celera Genomics el fundador y principal accionista es un científico.

¹⁰ En este punto cabe recordar que los países más desarrollados en este campo tecnocientífico como Alemania, Japón, China y Estados Unidos son los que más esfuerzo (tanto privado como público-institucional) realizan para el fomento de este desarrollo, esfuerzo que por supuesto va de la mano con el gasto proporcional en PIB que cada país destina a I+D+i [informe COTEC 2012 7-21].

En torno a esto también podemos señalar que los intereses político-militares que propiciaron el surgimiento de la macrociencia continúan estando presentes en el desarrollo tecnocientífico. Esto es, aunque la estructura financiera de muchas de las empresas tecnocientíficas sea primordialmente privada –como señalé–, estas continúan desarrollando proyectos tecnológicos innovadores a petición de los Estados y sus fuerzas armadas, es decir, sigue existiendo una fuerte vinculación entre los proyectos militares y las grandes empresas tecnocientíficas, como la misma Du Pont, Boeing, Lockheed-Martin o General Dynamics.

Como podemos apreciar, la empresa tecnocientífica es un esfuerzo comercial que explota directamente el conocimiento científico y tecnológico, por lo que para esta nueva práctica contemporánea el conocimiento mismo se vuelve capital, se convierte en una fuente de riqueza y poder. Ya no intenta acumular o controlar materias primas (como las empresas anteriores al surgimiento de esta nueva forma de producción) sino elaborar, comercializar y explotar el conocimiento mismo, que –como señalé– se convierte en riqueza, en capital que, a su vez, genera plusvalía. Al transformarse el conocimiento en capital, pasa de ser un bien en sí y por sí a ser un bien más que nada económico con una valoración fluctuante, sujeta al mercado de valores y a la apreciación de la influencia que tiene dicho conocimiento en el comportamiento del consumidor.

Como ya mencioné, la estructura financiera de la empresa tecnocientífica es primordialmente inversión privada, y al considerar el conocimiento como capital en sí, esa inversión proviene del mercado mundial de capitales, vendiendo y cotizando acciones como cualquier otra de las grandes empresas transnacionales. Rigen, dentro de toda empresa tecnocientífica, valores característicos del capitalismo como la ambición, el afán y la predisposición a la continua competencia, el individualismo, el reduccionismo materialista, la fe ciega en el progreso tecnológico continuado, etcétera. Incluso puedo arriesgarme a afirmar¹¹ que la tecnociencia es la expresión máxima o punto culminante del desarrollo capitalista: no es un fenómeno episté-

⁹ Como ya he insinuado a lo largo del desarrollo del presente texto.

mico, no es solo ciencia y tecnología; se trata del modelo de empresa mejor adaptado a los ideales comerciales de un mundo y un mercado sin restricciones, pues el conocimiento transformado en capital tiene la potencialidad de crear más plusvalía que cualquier tipo de materia prima tomada como capital, pues tiene la facultad de resolver cualquier inconveniente que se presente en la acumulación y generación de este plusvalor, a tal nivel que, como afirma Enrique Linares, existe una mutua dependencia entre el mundo tecnocientífico y el capitalismo mundial, al punto de poder afirmar que, en realidad, son dos caras de un mismo fenómeno (Linares 2008).

Podemos ver entonces que este fenómeno tecnocientífico tiene una vinculación directa con la así llamada “economía del conocimiento” que rige en nuestros días, pues explota directamente este nuevo estatus de la ciencia y el conocimiento, estatus económico que lo vuelve capital y fuente de riqueza. El concepto de *economía del conocimiento*, quizá acuñado por Peter Drucker o Fritz Machlup durante la década de los sesenta,¹² hace referencia a una economía basada ya no en los recursos naturales¹³ de una nación sino en sus recursos intangibles, recursos capaces de producir conocimiento y traducirlo en productos y servicios comercializables, lo cual crea una distinción en el mismo capital entre tangible (recursos naturales) e intangible (como investigación, capacitación, manejo de la información, coordinación, salud); este

¹² La discusión aquí sobre el progenitor de dichos conceptos (economía y sociedad del conocimiento) es casi tan ambigua como el debate inicial sobre quién acuñó el término tecnociencia. En 1962 Fritz Machlup publicó *La producción y distribución del conocimiento en los Estados Unidos*, obra en la que plantea la necesidad de tomar el conocimiento mismo como capital y donde utiliza recurrentemente el concepto de sociedad del conocimiento. Por su parte, Peter Drucker publicó en 1969 su obra más difundida *La era de la discontinuidad*, donde retoma ciertas conclusiones de Machlup y realiza un análisis más exhaustivo del concepto de sociedad del conocimiento y su distinción con el concepto economía del conocimiento, texto que en realidad popularizó el empleo de dichos términos. La paternidad en la creación de estos conceptos podría adjudicársele rápidamente a Machlup y su popularización a Drucker, pero considero que continúa siendo un episodio histórico oscuro además de ambiguo, como ya se mencionó.

¹³ Entre los recursos naturales se consideraba también los recursos humanos, pero únicamente como mano de obra, no como recursos humanos intelectuales.

último referido a las capacidades para producir y transmitir conocimiento que deberían ser el nuevo capital de una sociedad que tuviera una economía del conocimiento y no una economía “tradicional”. En consecuencia, una economía del conocimiento o economía basada en el conocimiento debe caracterizarse por la fusión de la ciencia como elemento productor del conocimiento, la tecnología como creadora de dispositivos y servicios que partan de ese nuevo conocimiento, y la economía como estructura vertebral de todo el proceso de producción.

Por ello, la *economía del conocimiento* es una sociedad que basa su desarrollo económico en la producción de conocimiento: a mayor inversión en I+D,¹⁴ mayor desarrollo y avance económico. En cambio una *sociedad del conocimiento*, si bien su economía debería estar fundada en la producción de conocimiento, es una sociedad en la cual la ciencia y la tecnología trabajan realmente para asegurar el beneficio social, es decir, en este tipo de sociedad la ciencia y la tecnología no solo tienen un papel dentro del esquema productivo económico, sino desempeñan una función en la solución de los problemas sociales con los cuales se enfrenta la humanidad; es una sociedad en la cual el conocimiento y su producción están al servicio de la misma sociedad, y no al servicio del mercado y la industria privada. Se trata de una sociedad centrada en torno al conocimiento, pero que hace un uso verdaderamente responsable de este, que lo utiliza como medio para asegurar el bienestar de toda la sociedad, garantizando entonces derechos, respeto, inclusión, etc.

Una sociedad del conocimiento es una sociedad que se nutre de sus diversidades y capacidades ... el concepto de sociedades del conocimiento comprende dimensiones sociales, éticas y políticas mucho más vastas (Unesco 2008 17).

El problema con todo lo anterior es que no existe una verdadera sociedad del conocimiento, lo único que hay son varias naciones –llamadas del “primer mun-

¹⁴ I+D, siglas para representar Investigación y Desarrollo, a las cuales se ha incluido la i (I+D+i), que representa la innovación.

do” – cuya economía sí está basada en el conocimiento, pero en las cuales este para nada está al servicio de la sociedad y para nada garantiza el bienestar común. Lo que tenemos entonces es una producción de conocimiento al servicio del mercado y las empresas privadas, que a través de la mundialización de las economías y los mercados se vuelven empresas tecnocientíficas que controlan así gran parte de la producción de nuevo conocimiento.

INFORMÁTICA

Otra característica de esta nueva práctica es su dependencia directa de las TIC. Como ya lo mencioné, complejidad es una palabra que acompaña siempre al término tecnociencia, derivando en una complejidad de datos e información imposible de manejar sin las poderosas computadoras contemporáneas. De igual forma, la complejidad de las investigaciones multi y transdisciplinarias del siglo XXI exigen simular posibles escenarios y acciones, pretenden modelar experimentos y realidades, acciones realmente impensables sin la ayuda de sofisticadas herramientas informáticas. Por otro lado, el carácter transnacional de estas empresas contemporáneas requiere también una comunicación global, instantánea y continua que es únicamente posible a través del desarrollo de las TIC. Se puede afirmar, haciendo una comparación con la ciencia moderna, que la informática es el lenguaje común de la tecnociencia como la matemática lo fue en su momento para la ciencia moderna (Echeverría 2003). Podemos asegurar también que los dos grandes avances y pilares metodológicos de la práctica tecnocientífica son la informática como manipulación y procesamiento de una cantidad inmensa de datos, y la posibilidad de modelar y simular realidades, elementos netamente característicos de esta nueva forma de producción.

INNOVACIÓN

También es importante señalar que esta práctica tecnocientífica cuya pretensión primordial es el desarrollo de mercancías de fácil colocación en un mercado global debe generar para ello más que nada innovación. Es decir, no se trata solo de producir conocimiento y artefactos tecnológicos, sino conocimiento y artefactos nuevos, que aporten novedad en un mercado, que promuevan su interés y fomenten la comercialización; se trata de producir innovación, admiración y expectación, y no tan solo conocimiento por el conocimiento mismo.

ENTORNO TECNOCIENTÍFICO

Llegamos a uno de los principales intereses del presente trabajo en la tecnociencia: su repercusión en la sociedad y en el individuo. La tecnociencia no solo ha creado innovación teórica y artefactual útil para la comunidad científica mundial, como la ciencia y tecnología clásicas, sino que ha inundado el mercado global con innovaciones artefactuales, transformando la realidad cotidiana del sujeto. Ha llenado el mundo de productos innovadores que ahora forman parte de la vida diaria. La cotidianidad del siglo XXI sería impensable sin las computadoras y el Internet; el ritmo de vida de las grandes urbes no sería el mismo sin productos como el horno de microondas o los teléfonos celulares y, principalmente, la apreciación de la realidad no sería la misma sin los avances en entretenimiento (cine, televisión, videojuegos), las telecomunicaciones satelitales, las computadoras portátiles, las videocámaras, entre otros ejemplos. Podemos asegurar que estos avances tecnocientíficos, introducidos en la sociedad como productos de consumo, transforman la manera en que el sujeto percibe el tiempo, las imágenes, el sonido, la información en general, y por ello la realidad en su totalidad (Hobsbawm 1998).

La tecnociencia tiene un gran impacto en la sociedad y en el individuo, porque, a diferencia de otras formas de producir conocimiento, su objetivo siempre ha sido el consumo, la sociedad y el individuo. Siempre ha tenido en la mira las

necesidades del consumidor y del mercado, y su objetivo siempre ha sido lograr satisfacerlas pero, sobre todo, crear nuevas necesidades, nuevos mercados jugando con las necesidades, prioridades, estilos de vida y estatus social de los consumidores, haciendo indispensables nuevos productos y servicios tecnocientíficos como los teléfonos celulares y las computadoras portátiles.

Ya que el objetivo final de la tecnociencia es el consumidor, la sociedad misma, esta no puede ser pasiva con respecto a esta nueva forma de producción. La sociedad se transforma gracias a las acciones tecnocientíficas, pero también la práctica tecnocientífica cambia y se modifica de acuerdo a la realidad social existente. Por ello, en su momento mencioné que la sociedad es un actor más que constituye esta nueva práctica tecnocientífica.

Ya sabemos que una característica importante de la práctica tecnocientífica es el enfoque pragmático-transformador, es decir, la transformación material de la realidad a través de instrumentos o artefactos tecnológicos, como nuevas vacunas o medicamentos, alimentos genéticamente modificados, nuevos ordenadores portátiles y de bolsillo, videojuegos 3D o portátiles, aeronaves militares no tripuladas, etc. Por lo anterior, se puede asegurar que una aportación tecnocientífica siempre estará compuesta de un desarrollo tecnológico artefactual y de innovación. Si algún cambio o transformación no presenta estas dos características, no es una transformación tecnocientífica (Echeverría 2003). Pero, por otro lado, estas transformaciones materiales tecnocientíficas impactan y transforman de alguna manera la forma en que el sujeto percibe la realidad, cambiando su modo de pensar y con ello su conducta, modificando entonces el mundo social en el que nos encontramos.

Esta transformación tecnológica afecta la percepción de la realidad y el comportamiento; crea nuevas rutinas y desecha otras, cambia incluso –como asegura Hobsbawm (1998)– la vida cultural del mundo occidental. Se puede decir entonces que este mundo tecnocientífico¹⁵ crea nuevos sujetos, mediatizados, tecnificados y

¹⁴ Mundo tecnocientífico, y no solo mundo tecnificado, pues una característica importante de la tecnociencia es la mercancía, el consumo, el mercado, y no únicamente la transformación tecnológico-artefactual en sí.

consumistas, que se desarrollan a través de una visión de la realidad tecnificada y mediatizada por las TIC, desarrollando con ella también la particular razón pragmático-transformadora propia de la tecnociencia, razonamiento que no puede abstraerse de la relación objeto-sujeto transformador. Este razonamiento se ve complementado por los valores propios del capitalismo: consumo masivo, individualismo, egoísmo, desinterés y apatía por lo ajeno, afán de competencia, materialismo, fe ciega en el desarrollo y alcance de la ciencia, entre otros.

Desde el momento de su nacimiento hasta su muerte, la vida del sujeto contemporáneo gira en torno a los medios masivos de comunicación, cuyo eje es el consumo. Por ello el eje de la sociedad occidental es el consumo masivo y, por ende, los ideales propios del capitalismo.

A partir de los años sesenta las imágenes que acompañaban a los seres humanos en el mundo occidental –y de forma creciente incluso en las zonas urbanas del tercer mundo– desde su nacimiento hasta su muerte eran las que anunciaban o implicaban consumo, o las dedicadas al entretenimiento comercial de masas (Hobsbawm 1998 507).

Es por ello que la tecnociencia no es un instrumento más como lo son las otras formas de producir conocimiento, sino que crea su propio entorno. Esto es, la tecnociencia transforma tanto la realidad material y social, como al sujeto, pero al hacerlo no queda como un elemento exógeno de la misma realidad, sino como un elemento constitutivo de ella, un elemento sin el cual la realidad no sería la misma. Crea entorno pues el sujeto se adecua a vivir a la par de estas transformaciones, adoptándolas como parte importante de su vida (como el caso de los teléfonos celulares, los televisores y las redes sociales de Internet), sin las cuales la percepción de la realidad sería otra. Incluso la innovación tecnocientífica permea elementos tan peculiares de la vida cotidiana como la educación, la alimentación, la salud, las finanzas o la diversión, creando toda una nueva realidad tecnocientífica y, por ello, un nuevo sujeto tecnocientífico.

Al asegurar que la práctica tecnocientífica deriva en empresas comerciales con objetivos de mercado, debemos hacer énfasis en que un componente importante de

dicha práctica es el mercadeo o marketing, que envuelve tanto la comercialización de las nuevas mercancías innovadoras, como el estatus y prestigio transnacional de la propia firma, pero también, que se encarga del prestigio y fama internacional de la comunidad científica que labora para dicha empresa. En fin, en un mundo de mercado abierto, el escaparate creado por el marketing sobre los productos, la comunidad científica y la empresa en sí misma es de vital importancia, pues de ese escaparate depende (en este mercado tan competitivo) que la empresa continúe funcionando correctamente, revalorizando sus acciones en el mercado de valores, estimulando sectores productivos, consiguiendo más financiamiento público o creando otros mercados para las nuevas innovaciones (López Cerezo 2003).

Así, la tecnociencia y el capitalismo de los últimos cincuenta años son elementos totalmente complementarios. Por lo anterior, debo afirmar que, al igual que en la teoría liberal base del capitalismo, en la tecnociencia el motor principal es la lucha por el poder, la lucha por la superioridad y por el control. Desde el interés de los Estados por desarrollar ventajas estratégicas por sobre los demás actores internacionales, hasta el interés del inversionista por incrementar cada vez más su poder financiero, vemos que la lucha siempre es por la superioridad, por el poder ejercido sobre los demás. La tecnociencia es entonces una nueva forma de poder, que dicta las necesidades y prioridades que una sociedad habrá de tener, para después controlar el mercado de las soluciones tecnológicas a dichas necesidades, que acapara las pautas de acción frente a los grandes problemas de la humanidad, que acumula cada vez más el poder de acción y decisión en unas cuantas manos acentuando las diferencias sociales en el mundo, abriendo progresivamente la brecha entre el rico y el pobre, y sobre todo, abriendo cada vez más la brecha entre el que es capaz de utilizar la ciencia y la tecnología para su provecho y el dependiente consumidor pasivo.

Esto da lugar a un nuevo tipo de colonialismo, a una nueva forma en que los países tecnocientíficamente desarrollados ejercen el poder sobre los demás, ya no controlando materias primas ni ejerciendo control militar de manera directa, sino regulando y acaparando la producción mercantil tecnocientífica, que –como mencioné– transforma al sujeto creándole nuevas necesidades, haciéndolo “tecno-dependiente”, incapaz de vivir sin el nuevo teléfono celular, sin la nueva computadora portátil, sin la nueva vacuna o, mucho menos, sin el Internet.

RIESGO

Otro componente importante de esta nueva práctica es el riesgo, pues a este nivel de desarrollo científico y tecnológico resulta casi imposible medir las consecuencias y los efectos de las acciones, tanto a mediano como a largo plazo, dando como resultado que la mayoría de las acciones tecnocientíficas tengan un fuerte componente de riesgo, tanto social como natural. Podemos mencionar aquí el riesgo –aun no calculado adecuadamente– que implica el uso de transgénicos en la agricultura de ciertas regiones; el de la manipulación genética en animales y, ya no se diga, en seres humanos; el riesgo mundial de la manipulación atómica ya sea para fines bélicos pero también –como hemos visto– para fines pacíficos; el importante riesgo que implica el crecimiento exponencial de la industria farmacéutica tecnocientífica y, sobre todo, el riesgo social insospechado de estar continuamente transformando la forma de pensar y de percibir la realidad.

Por lo anterior, se puede afirmar que el riesgo es un componente más de esta práctica contemporánea. Lo que nos lleva a nombrar un actor más de esta complicada red de actores que conforman la tecnociencia. Los activistas, tanto ecológicos como “tecnofóbicos”, quienes –a través de sus muy particulares valores– sirven de contrapeso a las decisiones tecnocientíficas, llevando cada vez más a replantear las transformaciones proyectadas por este desarrollo, obligando a los gestores, desarrolladores y publicistas de estas empresas a tomarlos en cuenta de una manera cada vez más incluyente.

CONFLICTO DE VALORES

Una de las últimas –pero más importantes– características de la práctica tecnocientífica es el conflicto de valores e intereses existente en su mismo núcleo. Como hemos visto, la tecnociencia da lugar a una práctica más que nada compleja, que reúne en un mismo esfuerzo empresarial a una pluralidad de diversos actores con valores profesionales distintos, pero también –en muchos casos– valores morales diferentes. También vimos que esta práctica no solo transforma materialmente la realidad, sino

también a la sociedad y con ello al sujeto, suscitando por doquier tanto aceptación como rechazo, este último ejemplificado en el esfuerzo continuado de los activistas. En fin, podemos ver que la tecnociencia da lugar a una relación empresa-ciencia-sociedad cada vez más compleja y conflictiva, que desemboca en una constante lucha de intereses, valores, creencias e ideologías encontradas.

Por una parte, tenemos los valores epistémicos como la veracidad y la universalidad, que aún persisten en las comunidades científicas de estas empresas; por otra, los valores técnicos propios de la tecnociencia, como la eficacia, la eficiencia o la rentabilidad, que se tratan de imponer por sobre los valores epistémicos de la comunidad científica, creando por supuesto un conflicto. Además, tenemos los valores propios de la comunidad administrativa de dichas empresas, como la rapidez, la sencillez, la subordinación o la practicidad, que de igual forma entran en conflicto con los anteriores. Encontramos también los valores propios del capitalismo, como el afán de lucro, el egoísmo, el desinterés por lo ajeno, valores que por supuesto no se encuentran exentos de generar relaciones conflictivas.

Pero esto no es todo, existe también el conflicto entre los intereses bien intencionados –quizá– de los miembros de la comunidad científica y los comerciales de los inversionistas, conflicto agudizado con los intereses políticos y económicos de los Estados que fomentan esta práctica tecnocientífica. Lo que nos lleva a asegurar que, en esta práctica, ya no es de vital importancia la búsqueda de la verdad o la resolución técnica de algún problema crucial de la humanidad, sino que se trata de una amalgama de objetivos determinados por una diversidad de intereses, los cuales se encuentran siempre en conflicto. Tenemos entonces este conflicto de intereses, valores, creencias e ideologías, el cual es profundizado aún más por los valores éticos de los activistas sociales, como una característica nuclear de la práctica tecnocientífica, la cual va de la mano con la complejidad.

Otra característica más, pero quizá secundaria, es que este entorno creado por la tecnociencia genera ideologías “cientificistas”, es decir, la publicidad, el marketing y la transformación de la realidad dan lugar a que ciegamente se confíe en los poderes ilimitados de la ciencia y la tecnología contemporáneas. Nace una nueva fe en la omnipotencia tecnocientífica, creyendo que esta resolverá cualquier problema que se presente,

incluso los sociales; cientificismo que inunda primordialmente la toma de decisiones, tanto políticas como económicas (Pestre 2005) y origina las actuales tecnocracias.

Solo resta mencionar un par de cuestiones. Primero, que la tecnociencia, a diferencia de la ciencia clásica, no cuenta con ningún tipo de fundamentación lógica ni epistémica, pues estos valores son hechos a un lado, estableciéndose únicamente de manera pragmática a través de valores económicos, políticos y militares. Segundo, que características de esta práctica como la pluralidad de actores, de valores, de intereses, y la complejidad o la transformación fáctica de la realidad social hacen que la filosofía de la ciencia sea una herramienta que se queda corta al tratar de analizar dicho fenómeno, que al surgir dio lugar al nacimiento de un nuevo tipo de estudios, enfoques y análisis, encaminados primordialmente hacia la compleja (y por ello conflictiva) relación entre esta nueva práctica y la sociedad. Esta rama de estudios se denomina Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad o, simplemente, Estudios CTS (Echeverría 2003).

CONCLUSIÓN

Recapitulando, hemos visto que el fenómeno tecnocientífico es una nueva forma de producir conocimiento y transformar al mismo tiempo la realidad material, pero también social, que nos rodea. Es una nueva práctica caracterizada principalmente por sus pretensiones comerciales y mercantiles y, en consecuencia, por su estructura empresarial; por el predominio de la inversión privada sobre la pública; por ser la práctica productiva de mayor impacto social e individual conocida hasta ahora, a tal nivel de crear todo un entorno; por la pluralidad de agentes o actores que la componen; por la interdependencia y encadenamiento de estas comunidades de actores, y por el nivel de complejidad que ello implica; por su enfoque materialista pragmático-transformador, y con ello su lógica también pragmático-transformadora; por la pluralidad y conflicto, tanto de intereses y valores, que se contraponen a lo largo y ancho de esta práctica; por la innovación artefactual y los procesos industriales para producirla; por depender casi totalmente de las tecnologías de la informática y

la comunicación, llegando incluso a tener a la informática como lenguaje común; por su característica estructura administrativa que implica cada vez más politización y burocratización en las decisiones y acciones. En general, estas son características muy particulares que la hacen una práctica totalmente nueva en la historia de la producción científica y tecnológica, y que la diferencian de los otros sistemas de producción, pero sin desplazarlos ni sustituirlos, sino únicamente conviviendo con ellos como una opción más de producción de conocimiento de la varias que ofrece nuestra realidad en el siglo XXI.

En cuanto a este último punto, rondan en el ambiente académico ciertas opiniones sobre la *no novedad*¹⁶ del fenómeno tecnocientífico. Se escuchan ideas sobre la longevidad de la relación ciencia e industria, argumentando que el fenómeno tecnocientífico no es más que una diferencia de grado, producto del mismo desarrollo y avance de la ciencia, la tecnología y el comercio contemporáneos. También he llegado a escuchar —aunque en menor medida— que las características de la práctica tecnocientífica aquí señaladas no son suficientes para establecer la existencia de una nueva modalidad de producción de conocimiento y mercancías, pues son características triviales y no esenciales¹⁷ que se encuentran en mayor o menor medida en cualquier etapa de la historia de la producción científica y tecnológica de la Edad Moderna.

En cuanto a esto último, solo queda hacer énfasis en algunos elementos que realmente sirven para establecer la novedad de esta práctica. Primero, aunque fuera un asunto exclusivamente de grado, producto de la evolución o desarrollo de la ciencia, la tecnología y el mercado capitalista, debemos conceder que nunca había existido tal desarrollo o nivel evolutivo lo que forzosamente implica novedad, y por otro lado, que podemos seguir observando formas de producir conocimiento que no

¹⁶ Ofrezco disculpas por el término tan rebuscado, pero el antónimo de novedad: antigüedad, no es precisamente la idea que pretendo ilustrar.

¹³ No esenciales por no tratarse precisamente de características teóricas, ni justificaciones lógicas, epistemológicas u ontológicas.

implican este grado de relación entre ciencia, tecnología y comercio, lo que implica también que estamos ante una forma distinta de producir conocimiento.

Además, un elemento que señalamos como importante dentro de esta práctica es su vinculación medular con las tecnologías de la informática y la comunicación, vinculación que nos permite afirmar que sin informática, telecomunicaciones y redes de banda ancha, simplemente no existiría la tecnociencia; por lo que ninguna otra práctica que no haya tenido acceso a las TIC puede de alguna forma denominarse “tecnociencia en menor grado”.

Y por último, otra característica de la tecnociencia señalada aquí como medular (y como la de mayor interés para el presente trabajo) viene a reforzar la teoría sobre la novedad de la práctica tecnocientífica: la creación no solo de conocimiento y artefactos sino también de entorno social. La simple relación ciencia, tecnología e industria no puede ser tecnociencia, necesita ser una práctica que transforme a la sociedad y con ello establezca un nuevo entorno social tecnocientífico. Como señala Eric Hobsbawm (1998), la ciencia moderna hasta aproximadamente la mitad del siglo xx no era una ciencia que transformara la realidad social, pues la mayoría de la “gente práctica” no sabía qué hacer con ella. La mayoría de la “áreas de la vida” continuaban siendo regidas casi de modo exclusivo por la experiencia, el sentido común y en algunos casos –como la medicina– por la difusión de nuevas teorías y conocimiento adquirido, pero no principalmente por transformación artefactual mercantilizada.

Esta es una transformación novedosa que, como se indicó a lo largo del presente texto, realmente ha transformado la forma en que el sujeto percibe la realidad, impregnando casi toda actividad humana de estos artefactos comerciales, creando un entorno que ninguna otra forma de producir conocimiento había podido lograr. Por lo tanto, podemos afirmar que estamos ante una práctica que surgió de un cambio o revolución, el cual en su momento –no sé qué tan dramático o impactante pudiera haber sido– hizo surgir una totalmente nueva forma de hacer las cosas, una indiscutible nueva forma de producción y con ello un inapelable novedoso fenómeno tecnocientífico.

TRABAJOS CITADOS

- Bernal, John. *La ciencia en la historia*. México: UNAM, 1959.
- Chang Castillo, H. G. “El modelo de la triple hélice como un medio para la vinculación entre la universidad y empresa”. *Revista Nacional de Administración* 1.1 (2010): 85-94. <<https://doi.org/10.22458/rna.v1i1.286>>
- Drucker, Peter. *The Age of Discontinuity: Guidelines in Our Changing Society*. New York: Harper and Row, 1969.
- Echeverría, Javier. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE, 2003.
- Etzkowitz, H. “The Triple Helix of University-Industry-Government Implications for Policy and Evaluation”. Trad. Carlos María de Allende. *Social Science Information* 42.3 (2002): 293-337. <<http://www.sivu.edu.mx/portal/noticias/2009/VinculacionLatriplehelice.pdf>>
- Hobsbawm, Eric. *Historia del siglo XX*. Buenos Aires: Crítica, 1998.
- Hottois, Gilbert. “La Technoscience: de l’origine du mot à son usage actual”. *Regards Sur Les Technosciences*. Comp. Jean Goffi. Paris: Libraire Philosophique J. Vrin, 2006.
- Ibarra, Andoni. “El universo de la ciencia y la tecnología”. *Cuestiones éticas de la ciencia y la tecnología en el siglo XXI*. Eds. Andoni Ibarra y León Olivé. Madrid: Biblioteca Nueva, 2003.
- Idhe, Don. *Technics and Praxis*. Holanda: Reidel Publishing Company, 1979.
- Informe C.R.E.C.E. Madrid: Rubes Editorial, 2005. <<https://www.cosce.org/pdf/crece.pdf>>
- Inkster, Ian. *Science and Technology in History*. Hong Kong: Rutgers University Press, 1991.
- Latour, Bruno. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- Linares, Jorge Enrique. *Ética y mundo tecnológico*. México: FCE, 2008.
- López Cerezo, José Antonio. “Ciencia, técnica y sociedad”. *Cuestiones éticas de la ciencia y la tecnología en el siglo XXI*. Eds. Andoni Ibarra y León Olivé. Madrid: Biblioteca Nueva, 2003.

- Machlup, Fritz. *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. New Jersey: Princeton University Press, 1962.
- Pestre, Dominique. *Ciencia, dinero y política*. Buenos Aires: Nueva Visión, 2005.
- Sharff, Robert y Dusek, Val. Eds. "Philosophy of Technology". *The Technological Condition: An Anthology*. U.K.: Wiley-Blackwell Editors, 2014.
- Serra, Artur. "Tres problemas sobre los laboratorios ciudadanos. Una mirada desde Europa". *Revista CTS* 23.8 (2013): 283-298.
- Unesco. *Hacia las sociedades del conocimiento*. París: Unesco, 2008.

LUDWIK FLECK: LA TEORÍA DE LOS ESTILOS DE PENSAMIENTO Y DE LOS COLECTIVOS DE PENSAMIENTO*

LUDWIK FLECK: THE THEORY OF THINKING STYLES AND THINKING COLLECTIVE

CAROLINA GARCÍA SÁNCHEZ
Universidad de Buenos Aires (Argentina)
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Colombia).
Manizales, Colombia.
carolinags8@gmail.com



RESUMEN

Con el objetivo de contribuir a la divulgación del análisis filosófico de la ciencia desarrollado por Ludwik Fleck, en el presente artículo se hace una elucidación conceptual de la teoría de los estilos de pensamiento (*Denkstil*) y los colectivos de pensamiento (*Denkkollektiv*). Para ello, en un primer momento, se presenta la biografía del autor para identificar el contexto en el que surge la teoría y, en un segundo momento, se caracterizan los elementos que la conforman. Finalmente se enuncian algunos de los aportes de la propuesta fleckeana para la investigación en ciencias sociales.

Palabras clave: estilos de pensamiento; *Denkstil*; colectivos de pensamiento; *Denkkollektiv*; Fleck; sociología de la ciencia.

* Este artículo se debe citar: García Sánchez, Carolina. "Ludwik Fleck: la teoría de los estilos de pensamiento y de los colectivos de pensamiento". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 147-167. <https://doi.org/10.18270/rf.c.v20i41.1985>

ABSTRACT

The article contributes to the dissemination of the philosophical analysis of science developed by Ludwik Fleck, through the conceptual elucidation of the theory of Thinking Styles and Thinking Collective. For it; at first, a biographical of the author is exposed that allows to identify the context in which the theory arises and; in a second moment, the elements are characterized make up this theory. Finally, some of the contributions of the Fleckeana proposal for research in the social sciences are enunciated.

Keywords: thinking styles; *Denkstil*; thinking collective; *Denkkollektiv*; Fleck; sociology of science.

1. INTRODUCCIÓN

A modo de anécdota, en el prefacio de *The Structure of Scientific Revolutions*, Kuhn escribe que fue gracias a la metodología de exploración aleatoria que permite la *Society of Fellows* que llegó —de manera fortuita— a la lectura del trabajo casi desconocido de Ludwik Fleck, en el que se anticipaban muchas de sus propias ideas y gracias al cual comprendió que esas ideas debían ser presentadas ante la comunidad científica (Kuhn 1992).

Como si se tratara de una premonición, Fleck advierte el destino de su propia teoría al afirmar que si las explicaciones que brindan las teorías científicas sobre los hechos que analizan no son acordes con el contexto sociocultural en el que se plantean, entonces estas pasan a ser ignoradas por la comunidad científica impidiendo su maduración y posterior desarrollo hasta el punto de ser olvidadas. Su trabajo, aún hoy desconocido para muchos epistemólogos y sociólogos, tuvo que esperar poco más de treinta años para empezar a ser reconocido por su valor filosófico.

Los pocos datos que se tienen de la biografía de Fleck se deben al trabajo de indagación realizado con sus familiares, amigos y allegados institucionales por Cohen y Schnelle (1986) sobre su vida y el contexto histórico en el que Fleck desarrolló

su investigación. El resultado de dicha indagación permitió, primero, comprender cómo Fleck llega a suponer que son los condicionantes socioculturales los que inciden en la aceptación o rechazo de las teorías científicas y, segundo, entender por qué el trabajo de este autor no tuvo repercusión en el ámbito filosófico.

Con el objetivo de contribuir a la divulgación del análisis filosófico de la ciencia desarrollado por Ludwik Fleck, en el presente artículo se hace una elucidación conceptual de la teoría de los estilos de pensamiento (*Denkstil*) y los colectivos de pensamiento (*Denkkollektiv*). Para ello, en un primer momento, se presenta la biografía del autor para identificar el contexto en el que surge la teoría y, en un segundo momento, se caracterizan los elementos que la conforman. Finalmente se enuncian algunos de los aportes de la propuesta fleckeana para la investigación en ciencias sociales.

2. PRESENTACIÓN BIOGRÁFICA

En el año de 1896 nace Ludwik Fleck¹ en Lvov, en Galizia (durante el Imperio austrohúngaro), y muere en 1961 en Ness Ziona, ciudad del distrito central de Israel donde había sido nombrado profesor visitante dos años atrás. Nacido en la segunda ciudad más importante de Polonia a nivel cultural y académico, después de Varsovia, Fleck se forma en un contexto en el que la ciencia y la cultura de la ciudad están muy interrelacionadas con los desarrollos que se vienen dando en esos ámbitos en Viena. La filosofía polaca de entreguerras contribuyó al desarrollo del neopositivismo y al campo de la lógica formal. La escuela de Lvov-Varsovia se mantuvo entre 1895 y 1930 con orientación positivista y fuertemente influida por el Círculo de Viena del cual Twardowski era el líder y maestro. Lukaszewicz, Tarski y Chwistek conformaban el equipo en el campo de la lógica. Fleck participó de ambos grupos y fue precisamente bajo la influencia de ellos que desarrolló su propuesta, en contraposición a los

¹ Para más estudios sobre la biografía de Fleck, véase Cohen y Schnelle (1986).

planteamientos básicos de la filosofía de origen empirista defendida por algunos de los miembros del Círculo de Viena, con quienes polemizó de manera activa (Schäfer & Schnelle 1986).

Estudia medicina en la Universidad de Jan Kazimierz. Se interesa en temas de serología médica y luego es considerado como uno de los mejores especialistas en tifus de Europa. “En total, Fleck publicó entre 1922 y 1939 treinta y siete trabajos científicos en revistas tan especializadas como *Klinische Wochenschrift*, *Zentralblatt für Bakteriologie*, *Zentralblatt für Immunitätsforschung und Experimentelle Therapie*, *Krankheitsforschung* y *Dermatologische Wochenschrift*” (Schäfer & Schnelle 1986 13).

En el año de 1941, tras el ataque de la Alemania nazi a la Unión Soviética, Fleck es deportado al gueto judío de la ciudad y se ve obligado a continuar su trabajo en condiciones precarias. A principios de 1943 es llevado al campo de concentración de Auschwitz y un año después al de Buchenwald donde lo obligan a trabajar en la producción de la vacuna contra el tifus junto a científicos de profesiones y nacionalidades diferentes, a quienes lo unía su condición de judío. En 1945 es liberado y en 1948 toma parte en los procesos de Núremberg en donde declara como especialista sobre los diversos experimentos realizados a prisioneros (que habían sido infectados artificialmente con tifus) en los laboratorios de la IG-Farben.²

El contexto intelectual de tendencia interdisciplinaria que surgió en Lvov llevó a Fleck, no solo a profundizar en temas médicos, sino también a cuestionarse por temas de filosofía, historia y sociología de la ciencia. Interesado en el análisis epistemológico de la investigación médica y en particular en aspectos teórico-experimentales y terapéutico-prácticos, se enfoca en el carácter cooperativo, interdisciplinario y colectivo de la investigación científica. El trabajo en los laboratorios de los campos de concentración de Auschwitz y Buchenwald lo llevó a valerse del esfuerzo cooperativo entre los diferentes científicos que coincidieron en ese momento (todos con culturas, tradiciones, formaciones y profesiones distintas) para conformar un grupo

² Para más información acerca de la participación de Fleck en el desarrollo de la vacuna contra el tifus, véase Lorenzano (2008).

interdisciplinario y, en consecuencia, un colectivo de investigación que le permitiera abonar esfuerzos en la creación de la vacuna contra el tifus.

Entre 1946 y 1957 Fleck logra consolidar su actividad científica dirigiendo gran cantidad de trabajos doctorales. Publicó más de 80 artículos científicos en revistas polacas, francesas, estadounidenses y suizas. Asistió como conferencista a diferentes congresos en Dinamarca, Francia, Estados Unidos y Brasil. Fue galardonado con el premio estatal de Logros Científicos y el premio de la Orden del Renacimiento de Polonia en 1951 y 1955, respectivamente (Schäfer & Schnelle 1986, 1983). En el campo de la epistemología publicó entre 1927 y 1960 siete artículos que luego fueron traducidos al inglés e incorporados por Cohen y Schnelle (1986) bajo los siguientes títulos: “Some Specific Features of the Medical Way of Thinking” [1927],³ “On the Crisis of ‘Reality’ ” [1929], “Scientific Observation and Perception in General” [1935], “The Problems of Epistemology” [1936], “Problems of the Science of Science” [1946], “To Look, to See, to Know” [1947] y, finalmente, “Crisis in Science” [1960].

Sin embargo, en el campo de la epistemología no gozó del mismo reconocimiento que en el de la serología, puesto que los grupos con los que empezó a confrontar sus ideas a ese respecto migraron a Norteamérica para salvarse de la guerra, mientras que él la padecía y tenía que adelantar sus estudios en medio de los campos de concentración, cuestión que le impidió estar cerca de sus interlocutores, quienes, según Lorenzano,

... fueron barridos por los vientos de la historia, como el propio Fleck; muerto Schlick, alejados de Europa los demás miembros, pierde contacto en la posguerra con la comunidad filosófica en la que encontró a sus interlocutores más legítimos, aun disintiendo con ellos en diversos aspectos (2010 107).

³ Las fechas entre corchetes remiten a la versión alemana, cuando también existe la castellana o inglesa.

Fleck, como ya se advirtió, mantenía un trato muy cercano con la escuela de filosofía de Lvov y conoció muy de cerca los planteamientos del Círculo de Viena, a cual, en un tono crítico, dirige su libro: *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache Einfubrung in die Lebre vom Denkstil und Denkkollektiv* publicado en 1935 y reeditado en 1980. En 1979 Robert K. Merton y Thaddeus J. Trenn editan la primera versión inglesa del texto, bajo el título *Genesis and Development of a Scientific Fact* con prólogo de Thomas Kuhn. En 1986 Luis Meana edita la versión castellana bajo el título *La génesis y el desarrollo de un hecho científico: introducción a la teoría del estilo de pensamiento*⁴ y del colectivo de pensamiento con un prólogo de Lothar Schäfer y Thomas Schnelle, principales difusores de la obra de Fleck.

En *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, Fleck (1986a) presenta una teoría epistemológica que, adelantándose a su época, desarrolló las bases para los planteamientos que en la década de los sesenta llevó a Kuhn (1922) a revolucionar la investigación filosófica sobre la ciencia y en la actualidad se presenta como un caso a tener en cuenta en el análisis diacrónico de la ciencia.

3. LA TEORÍA DE LOS ESTILOS DE PENSAMIENTO Y COLECTIVOS DE PENSAMIENTO

El resultado del trabajo investigativo liderado por Fleck y motivado por la coerción ejercida sobre él por los nazis, con el propósito de producir una vacuna contra la sífilis, propició un análisis sociohistórico que finalmente evidenciaría la importancia del componente social e histórico en el desarrollo de las teorías científicas. En un momento histórico en el que la objetividad representada en los hechos era incuestionable para la ciencia, Fleck se encuentra con que de un mismo “hecho”, esto es, una

⁴ Desafortunadamente la versión española tiene algunas imprecisiones y omite fragmentos importantes para efectos de la comprensión de la teoría.

muestra de sangre sífilica, diferentes científicos obtienen, de manera independiente, resultados disímiles.

Motivado por estos resultados Fleck decide investigar en torno a la evolución histórica de la sífilis y llega a la conclusión de que el contexto sociocultural determina la concepción que las comunidades tienen de dicha enfermedad. Las nociones de sífilis aceptadas en cada una de las épocas que analizó estaban condicionadas por el contexto sociocultural en el que se desarrollaron y fueron evolucionando sociohistóricamente. Ello lo lleva a preguntarse por el papel de los condicionantes sociales en el desarrollo de las teorías científicas y posteriormente a plantear su teoría sobre los estilos de pensamiento (*Denkstil*) y los colectivos de pensamiento (*Denkkollektiv*) que aquí presentamos.

Fleck (1986) afirma que el científico no se enfrenta de manera neutral a su objeto de estudio; todo lo contrario, los fenómenos observacionales son insuficientes para aceptar o negar una teoría, por cuanto estos fenómenos no son observados tal y como se presentan, sino tal y como el científico los interpreta, y dicha interpretación está determinada por el contexto social, cognitivo y formativo del intérprete. Los datos empíricos no pueden ser tomados como completamente confiables puesto que su interpretación depende de las estructuras sociológicas y convicciones del científico. En este sentido, la teoría de los estilos de pensamiento pretende dar cuenta del papel del componente social en el desarrollo histórico de las teorías y supone que son tres los elementos que intervienen en el desarrollo del conocimiento, confiriéndole un carácter dinámico: la tradición, la formación y la costumbre.

La ciencia es algo realizado cooperativamente por personas; por eso debe tenerse en cuenta, de forma preferencial, además de las convicciones empíricas y especulativas de los individuos, las estructuras sociológicas y las convicciones que unen entre sí a los científicos (Schäfer & Schnelle 1986 22).

La *tradición* constituye el cúmulo de conocimientos adquiridos que son transmitidos durante el proceso de aprendizaje y que al ser aprehendidos sufren una suerte de desplazamiento cognoscitivo que hace que el conocimiento transmitido no sea

equivalente al que es recibido; la *formación* representa el peso de la tradición en la incorporación de nuevo conocimiento, y la *costumbre* integra las diferentes repercusiones de la articulación y la asimilación del conocer en el contexto sociocultural.

Olvidamos la simple verdad de que con lo que estamos familiarizados [Kenntnisse] consiste más bien en lo que conseguimos por el aprendizaje [Erlernen] que en lo que llegamos a conocer [Erkennen]. Así, este es un hecho momentáneo, en tanto que el breve intervalo que va desde los labios del profesor al oído del alumno, el contenido del conocimiento que se transmite está siempre ligeramente distorsionado. De esta guisa, en el curso de décadas, o incluso de siglos y milenios, las divergencias se han desarrollado en un ámbito que algunas veces llega a ser muy dudoso que se haya preservado algo del original (Fleck 1986 251).

Fleck afirma que la tradición, la cultura y la formación dan origen a una disposición a percibir y a actuar conforme a un estilo, es decir, de forma dirigida y restringida (Fleck 1986 131). Define el desarrollo del conocimiento científico como una actividad social producto de la interacción entre los sujetos. Esta interacción genera una suerte de estructura que condiciona los intereses del grupo y a la vez es condicionada por los intereses de cada uno de los sujetos que lo componen.

La cognición no es ni la contemplación pasiva, ni la adquisición de la única introspección posible de algo dado. Es una interrelacionalidad viva y activa, un reformar y ser reformado; en suma, un acto de creación. Ni el “sujeto” ni el “objeto” reciben su propia realidad; toda la existencia se basa en la interacción y es relativa (Fleck 1994 253).

El pensar es definido por Fleck (1986) como una actividad social constituida por dos tipos de componentes que se interrelacionan confiriéndole dinamismo. Uno *aditivo* y otro *comunitario*. El primero representa el esfuerzo individual que sumado a otros permite suplir diferentes necesidades antropológicas naturales (por

ejemplo, levantar un artefacto pesado entre varias personas para cambiarlo de lugar); el segundo, por su parte, se ve representado en el establecimiento de diferentes dinámicas de interacción que solo pueden darse por la suma de los esfuerzos individuales (por ejemplo, el resultado de los talentos individuales que se ponen en juego en una coreografía). En consecuencia, el conocer, como capacidad de dar cuenta de las representaciones construidas a partir del componente aditivo y del comunitario, no es un proceso individual, sino que es el resultado de una actividad social. De allí que el hombre se vea enfrentado a dos niveles existenciales no excluyentes: uno como organismo y otro como especie. El organismo caracteriza la heterogeneidad de pensamiento que hace que cada uno de los miembros del grupo sea único en su especie; esta última condiciona la manera bajo la cual el organismo puede sobrevivir y perpetuar su espacio-temporalidad valiéndose de la interacción con los otros miembros que componen su especie. De allí que el pensar y, en consecuencia, el conocer, excedan la capacidad de un individuo o incluso de un grupo de individuos, pero a la vez caractericen al ser humano como perteneciente a una especie. Siguiendo esta analogía, se puede decir que los comportamientos propios de la especie, así como sus preferencias, determinan el estilo de pensamiento (*Denkstil*) y el conjunto de los individuos que la componen al colectivo de pensamiento (*Denkkollektiv*).

El *estilo de pensamiento* establece las diferentes interpretaciones que los científicos hacen sobre lo que observan y condiciona la *forma* (*Gestalt*) de asimilación de dichas interpretaciones por parte del individuo. En otras palabras, el estilo es un modo particular de estar dirigido a “algo”; no obstante, este “estar dirigido” se ve condicionado por el componente aditivo y comunitario del pensar. “Por tanto, podemos definir el estilo de pensamiento como un percibir dirigido con la correspondiente elaboración intelectual y objetiva de lo percibido” (Fleck 1986 145), entendiendo por elaboración intelectual el esfuerzo creativo y por *elaboración objetiva* de lo percibido las fuerzas que sumadas permiten cumplir x propósito. Fleck (1986) caracteriza los estilos de pensamiento a partir de tres elementos:

- Elaboraciones conceptuales que constituyen los rasgos comunes al estilo y en consecuencia determinan los problemas que interesan al colectivo.
- Una *forma (Gestalt)* organizada de percibir que es diferente en cada estilo y que caracteriza los juicios emitidos sobre la realidad que el colectivo de pensamiento considera evidentes.
- La destreza o habilidad técnica para manipular aparatos sin los cuales no sería posible la experimentación que utiliza el colectivo como medio de conocimiento.

El estilo de pensamiento que condiciona al colectivo de pensamiento se presenta, teniendo como base sus rasgos característicos, como una forma (*Gestalt*) de coerción que determina lo que puede ser objeto de interés para los miembros del colectivo. Los científicos al entrar en un proceso formativo en un estilo de pensamiento no pueden, después de pasada su etapa formativa, violentar la coerción que dicho estilo ejerce en su manera de interpretar los fenómenos que estudia.

Los estilos de pensamiento obedecen a una estructura dinámica, producto de la interacción entre ideas activas y pasivas. Las *ideas pasivas* representan las nociones que ninguno de los individuos dentro del colectivo estaría dispuesto a cuestionar como, por ejemplo, la noción de vacío en la física aristotélica. Las *ideas activas* son aquellas nociones que, a contracorriente, empiezan a surgir en el interior de cada estilo de pensamiento, pero que, por no encajar en las características que defiende el estilo, son rechazadas; tal fue el caso de Aristarco de Samos quien presenta la idea sobre la inmovilidad del Sol y el movimiento de la Tierra alrededor de aquel, en un contexto histórico en el que la idea del movimiento de la Tierra era insostenible. Las ideas activas y las ideas pasivas surgen del componente aditivo y comunitario de los estilos de pensamiento.

Las *ideas pasivas* son definidas por Fleck (1986) como relaciones pasivas inevitables y sus consecuencias son necesarias, por cuanto representan lo que el colectivo de pensamiento determina como incuestionable. Las *ideas activas* las define como relaciones que obedecen al componente creativo o comunitario del estilo de pensamiento y su consecuencia es artificial, porque en principio representan elementos

que no son aceptados por el colectivo, pero que con el paso del tiempo pueden llegar a serlo, aun cuando pongan en peligro algunas de las concepciones ya asumidas por el colectivo de pensamiento. Un claro ejemplo de ello es la aceptación durante los siglos XVI y XVII de la teoría copernicana, pese a que las implicaciones de su aceptación ponían en peligro la tradición generada por la física aristotélica y la cosmología ptolemaica. El estilo de pensamiento determina la forma de ver (*Gestaltschen*) y los problemas que asume el científico. El colectivo de pensamiento representa a los portadores de dicho estilo de pensamiento.

El conocimiento previo, los procesos cognitivos y las tradiciones culturales que hacen parte de las concepciones del colectivo de pensamiento contribuyen al desarrollo del estilo de pensamiento, lo que posibilita que, en el momento en el que el individuo entra a hacer parte del colectivo, tenga la opción, en su proceso formativo, de acentuar o innovar dicho estilo; aceptar sus tradiciones culturales o enjuiciarlas, modificar o conservar sus hábitos de aprendizaje y perpetuar o alterar sus propias prácticas socioculturales. Fleck (1986) afirma que en la medida que el individuo prolonga en el tiempo su relación y aceptación con el colectivo de pensamiento tanto más estará bañado por el estilo de pensamiento del colectivo y más difícil será para él asumir conceptos o problemas que en principio no son considerados por el estilo del colectivo al que pertenece. "... la tradición, la formación y la costumbre dan origen a una disposición a percibir y actuar conforme a un estilo, es decir, de forma dirigida y restringida" (Fleck 1986 131). De allí que sean especialmente los investigadores jóvenes, que aún no están bañados del todo por el estilo de pensamiento del colectivo los que pueden ver más fácilmente otro tipo de problemas, lo que garantiza el dinamismo del conocimiento del colectivo de pensamiento.

La interacción entre ideas pasivas e ideas activas genera dinamismo al estilo de pensamiento y posibilita su función esencial: un ver *formativo* (*Gestaltsehen*):

El ver formativo (*Gestaltsehen*) directo exige el estar experimentando en el campo de pensamiento de que se trate, solo después de mucha experiencia, quizás tras un entrenamiento preliminar, se adquiere la capacidad para percibir inmediatamente un sentido, una forma (*Gestalt*), una comunidad cerrada.

Al mismo tiempo, desde luego, se pierde la capacidad de ver cualquier cosa que contradiga dicha forma. Pero es justamente tal disposición para el percibir dirigido lo que constituye el componente principal del estilo de pensamiento (Fleck 1986 138).

El ver formativo se presenta en un proceso dinámico que posibilita la transformación del estilo de pensamiento a través del tiempo. Estas modificaciones no se dan de manera inmediata, como los cambios gestálticos, sino que se dan de modo paulatino y teniendo presente las necesidades del contexto en el interior del cual se consolidan. Las conexiones activas (interrelaciones de ideas activas) transmutan en conexiones pasivas (interrelación de ideas pasivas) dando lugar al desarrollo del conocimiento científico, en tanto generan una transformación del estilo de pensamiento.

Los científicos jóvenes pueden presentar problemas y conceptos novedosos que pueden llegar a ser incluso insostenibles para los más adultos dentro del estilo de pensamiento pero que, con el tiempo y la aceptación individual —en principio— y aislada de alguno o varios de los miembros del colectivo, pueden llegar a ser aceptadas e incorporadas en el estilo de pensamiento del colectivo de pensamiento. No se trata de una ruptura tajante con ciertas ideas o problemáticas, sino de un proceso lento dado en el tiempo, de aceptación y asimilación de otras formas de ver escenificadas en “nuevas” problemáticas y conceptos o en planteamientos metodológicos novedosos antes no analizados ni tenidos en cuenta. Como una consecuencia de lo anterior, Fleck (1986) afirma que existe una dependencia histórica entre distintos estilos de pensamiento y los colectivos de pensamiento, dado que una teoría *x* puede llegar a ser parte de un estilo de pensamiento y en esa medida, de un colectivo de pensamiento, sí y solo si:

- Hace parte del conjunto de conocimiento previo del colectivo; esto es, fue presentado ya sea por uno o varios miembros y bajo una o diferentes perspectivas en el desarrollo de un periodo largo.
- Empieza a ser “visto” como un elemento autoevidente dentro del proceso cognitivo de los miembros del grupo.

- Comienza a ser parte del grupo de conceptos que el colectivo transmite a sus investigadores en formación.

Dado que la transformación de las ideas activas en ideas pasivas y, en esa medida, la transformación del ver formativo (*Gestaltschen*) no es algo que se dé de golpe, sino que se da por un proceso histórico de acoplamiento contextual, cultural y formativo, los cambios que se presenten tanto en el estilo de pensamiento como en el colectivo de pensamiento pueden ser estudiados y comparados históricamente. Diferentes estilos de pensamiento pueden ser analizados e investigados como resultado del desarrollo histórico de las ideas.

Pese a tal dinamismo, las teorías científicas se construyen como aparentes unidades cerradas gracias a una figurada *armonía de las ilusiones* que surge como resultado de la tendencia de los científicos a reafirmar sus creencias teóricas aún por encima de cualquier contradicción.

En la historia del conocimiento científico no existe ninguna relación lógico-formal entre las relaciones y sus pruebas: las pruebas se acomodan a las concepciones tan a menudo como las concepciones a las pruebas. Después de todo, las concepciones no son sistemas lógicos, por más que siempre aspiren a serlo, sino unidades fieles a un estilo que o bien se desarrollan como tales, o bien se funden junto con sus pruebas en otras unidades. Al igual que las estructuras sociales, cada época tiene concepciones dominantes, residuos de las del pasado y gérmenes de las del futuro (Fleck 1986 74).

Fleck (1986) presenta esta noción de armonía de las ilusiones para explicar por qué las ideas pasivas se convierten en el elemento que el colectivo debe proteger en tanto garantizan la coerción del pensamiento, pero que, precisamente por eso, deben ser violentadas a partir de la menor arbitrariedad de conocimiento, esto es mediante la generación paulatina de conexiones activas: “El saber vive en el colectivo y se reelabora constantemente. También varía el ‘lugar’ de los hechos, es decir, lo que antes pertenecía a los elementos pasivos de un saber puede después pasar a

los activos” (Fleck 1986 141). Los “hechos”, en este sentido, están supeditados a la forma (*Gestalt*) del sujeto epistémico y no representan neutralidad valorativa ya que dependen de la interpretación que aquel hace en consonancia con el estilo de pensamiento en el que fue formado.

Es prácticamente imposible establecer enunciados protocolares basados en una observación directa, de los que se sigan los resultados como una conclusión lógica. Algo así solo es posible en la legitimación ulterior de un saber, pero no mientras se está haciendo el trabajo propiamente cognoscitivo (Fleck 1986 136).

En esta medida los “hechos científicos” son definidos por Fleck como el resultado de la armonía de las ilusiones generada por la capacidad perceptiva del sujeto epistémico; su elaboración está supeditada a las condiciones conceptuales, cognitivas y culturales del estilo de pensamiento del colectivo. “La actitud disciplinada de un colectivo, conforme a un estilo y mantenida durante generaciones, produce una ‘imagen real’ del mismo modo que la actitud febril produce una alucinación” (Fleck 1986 158).

La armonía de las ilusiones garantiza que los investigadores no pongan en entredicho los parámetros aceptados por el colectivo de pensamiento ya que cualquier posible contradicción interna parece impensable. Sin embargo, las teorías han de atravesar, dice Fleck —de manera similar a como después lo planteó Kuhn—, dos momentos constitutivos: uno donde solo se “ven” hechos que respaldan la teoría y otro donde aparecen las complicaciones y se empiezan a “ver” sus inconsistencias. Estas son vistas no por los pertenecientes al círculo esotérico o grupo de expertos sino por quienes dependen de estos:

El carácter cerrado de los sistemas, así como las interacciones entre lo ya conocido, lo que queda por conocer y el cognoscente garantizan la armonía dentro del sistema, pero, al mismo tiempo, también aseguran la armonía de las

ilusiones que, precisamente por eso, no pueden desenmascarse nunca desde dentro del estilo de pensamiento (Fleck 1986 85).

El colectivo de pensamiento está compuesto a partir de un pequeño *círculo esotérico* (grupo de especialistas) y un gran *círculo exotérico* (aprendices); la interacción entre los miembros de ambos grupos y su tendencia a la persistencia garantizan la unidad del estilo de pensamiento. Los cambios producidos a partir de la transformación de las ideas activas en ideas pasivas solo se dan a partir de las asociaciones que empiezan a desarrollar los miembros del gran círculo exotérico (o en proceso de formación). Los procesos de comunicación que se comienzan a generar producto de la interacción entre ambos grupos potencializan el desplazamiento cognoscitivo, y con ello, la generación de ideas activas responsables de la transformación del estilo. “La comunicación no ocurre nunca sin transformación y sin que se produzca una remodelación acorde con el estilo, que intracolectivamente se traduce en un reforzamiento e intercolectivamente en un cambio fundamental del pensamiento comunicado” (Fleck 1986 158). La mutua dependencia entre estos grupos potencializa la circulación intracolectiva e intercolectiva del estilo de pensamiento.

La confianza en los iniciados, la dependencia de estos respecto de la opinión pública y la solidaridad intelectual de los miembros que están en la misma categoría y están al servicio de una misma idea son fuerzas sociales orientadas al mismo fin, que crean una especial actitud común y que dan a los productos intelectuales una solidez e impregnación cada vez más fuerte. Cuanto mayor es la distancia, espacial o temporal, que separa a un miembro cualquiera de un círculo esotérico, cuanto más dura la transmisión de un pensamiento dentro de un colectivo de pensamiento, tanto más cierto parece ser ese pensamiento (Fleck 1986 153).

La mutua dependencia entre los círculos exotéricos y esotéricos posibilita las relaciones intracolectivas. Estas se pueden dar en tres niveles: 1) por cierto aire de familia entre estilos de pensamiento diferentes, 2) por algunas variedades de estilo que hacen que los hechos vistos desde un estilo sean comprensibles y acogidos al modo

de ver de otro estilo, y 3) a partir de estilos disímiles, que pese a que no amplían la circulación intracolectiva sí aumentan la circulación intercolectiva del estilo de pensamiento, poniendo de manifiesto sus rasgos comunes, independientemente de las particularidades de los colectivos.

Los estilos de pensamiento están tan estrechamente arraigados en el ver formativo (*Gestaltschen*) del científico, que este difícilmente puede enjuiciar los supuestos que asume el colectivo, sin embargo, la estructura dinámica del estilo posibilita que la forma (*Gestalt*) de ver los fenómenos varíe con el paso del tiempo y genere una transformación en el desarrollo del conocimiento del colectivo.

Fleck (1994) asume que el desarrollo del conocimiento no responde únicamente a la relación entre un sujeto y un objeto, sino que depende del contexto, los estilos de pensamiento y los colectivos de pensamiento. Ni el sujeto ni el objeto reciben su propia realidad; toda su existencia se basa en la contribución, interrelación e interacción que ejerza y le ejerza un contexto determinado: “Las cogniciones se forman por los seres humanos, pero también, por el contrario, ellas forman a sus seres humanos. Sería simplemente enloquecedor preguntarse aquí cuál es la ‘causa’ y cual el ‘efecto’” (Fleck 1994 254).

El desarrollo de la relación sujeto-objeto no se da de manera directa, sino que está mediada por el conocimiento histórico y social. De acuerdo con Coheny Schnelle (1986), el carácter colectivo del trabajo científico como un proceso acumulativo y progresivo es reemplazado en la teoría fleckeana por una noción de desarrollo científico concebido como un cambio continuo de los estilos de pensamiento. Dicho cambio está garantizado, como se advirtió en los apartados anteriores, por la interacción entre las conexiones pasivas y activas, así como por las ideas que surgen de aquellas. Ello posibilita pensar el progreso científico como una transformación sociohistórica que no responde a una relación del pasado en función del presente (como lo presenta la historia Whig)⁵ ni a cambios gestálticos.

⁵ Esta forma de relato está relacionada con la tesis de la continuidad histórica que remite a la idea de considerar los eventos del pasado de forma continua, acumulativa y lineal tal como se ve evidenciado

La ciencia, afirma Fleck, no es constructo formal y estático, sino que es el producto de la interacción colectiva de un grupo de sujetos que comparten un mismo estilo de pensamiento; esto es, el conocimiento científico es un producto histórico y social: histórico por cuanto depende de toda una tradición y social porque depende de la circulación intra e intercolectiva de las ideas de los miembros del colectivo.

Por tanto, conocer quiere decir principalmente constatar los resultados impuestos por ciertas presuposiciones dadas. Las presuposiciones responden a las conexiones activas y forman parte del saber que pertenece al colectivo. Los resultados obligados equivalen a las conexiones pasivas y forman lo que se percibe como realidad objetiva (Fleck 1986 87).

En consonancia con la propuesta de Fleck, las teorías científicas son estructuras independientes impregnadas o caracterizadas por un estilo de pensamiento y su respectivo colectivo de pensamiento, los cuales a su vez son estructurados desde un componente sociocognitivo e histórico. Estos elementos condicionan y determinan cierta manera de ver el mundo puesto que, afirma Fleck:

- Una contradicción del sistema parece impensable,
- o que no concuerda con el sistema parece inobservado,
- en caso de que sea observado, o bien se guarda silencio al respecto, o bien,
- se hacen ímprobos esfuerzos para explicar la excepción en unos términos que no contradigan el sistema,
- a pesar de los legítimos derechos de las concepciones contradictorias, se tiende a “ver”, a describir e incluso a formar solo las circunstancias que corroboran la concepción dominante, lo que supone, por así decirlo, hacer realidad esta concepción.

en trabajos como los de Duhem o Crombie, para quienes la llamada revolución científica no fue más que una reelaboración creativa de elementos conceptuales ya presentes en el periodo medieval e incluso antiguo. Si bien esta interpretación de los acontecimientos históricos ha sido cuestionada en los últimos años aún se sigue imponiendo tanto en los libros de texto de astronomía como en gran parte de los artículos y libros sobre historia de la astronomía.

Al ser acomodados los hechos a las teorías, así como los segundos a los primeros, no se puede afirmar fácilmente que exista una relación lógico-formal entre hechos y teorías (Fleck 1986 74).

El lenguaje proposicional si bien es susceptible de ser verificado, no representa neutralidad valorativa. Fleck afirma que los hechos que referenciamos mediante el lenguaje no se deben considerar como una descripción objetiva de los estados de cosas en el mundo, sino como una de las múltiples referencias o interpretaciones que un hablante puede emitir sobre tal estado de cosas. Desde esta perspectiva, caracteriza el desarrollo del conocimiento científico como

Una línea en zig-zag jalonada de casualidades, pasos en falso y errores. Epistemológicamente hablando, a los investigadores se les van transformando lentamente las bases originarias de su trabajo, transformación que les pasa desapercibida a ellos mismos cuando contemplan retrospectivamente el camino seguido, pues las transformaciones del contenido concebido tienen lugar sin que el individuo lo perciba. Una vez alcanzado el resultado y completada su elaboración teórica actual, la investigación parece haber seguido un camino recto que lleva directamente de la primera formulación del problema hasta la solución provisional del mismo (Fleck 1986 25).

Conforme a lo anterior, podemos decir que Fleck redefine la noción de *hecho científico* como una forma (*Gestalt*) que puede generar nuevos datos o contribuir a la construcción de nuevas teorías.

Un hecho nunca es totalmente independiente de otro. Los hechos se presentan o bien como una amalgama más o menos relacionada de avisos individuales o bien como un sistema de saber que obedece a leyes propias. Por eso, cada hecho repercute sobre muchos otros y cada cambio, cada descubrimiento, ejerce un influjo sobre un terreno virtualmente ilimitado (Fleck 1986 149).

Solo por medio de la observación formativa el científico puede aventurarse a plantear una teoría del conocimiento del todo dinámica. Básicamente, es la observación formativa la que puede contribuir con el progreso del conocimiento; por ello, debe estar guiada con la intención de solucionar problemas, más que con la de inventarlos. Fleck plantea dos acepciones en el proceso de observación: 1) el observar como confuso ver inicial y 2) el observar como ver formativo directo.

La primera acepción hace alusión al ver no impregnado por un estilo de pensamiento, lo que hace que la observación sea una mezcla de diversos estilos y ocasione mayor expectativa. La segunda acepción se relaciona con el ver formativo (Gestaltschen) que se determina como la función principal del estilo. El investigador acepta y asume la forma (Gestalt) de ver que le presenta el colectivo de pensamiento. De allí que “todo descubrimiento empírico solo puede concebirse como un complemento, como un desarrollo o como una transformación del estilo de pensamiento” (Fleck 1986 139).

Fleck considera la observación como el elemento determinante en la evolución del conocimiento:

Todo enunciado sobre las primeras observaciones es una presuposición. En caso de que no se quiera hacer ninguna presuposición y se escriba solo un signo de interrogación, incluso este es ya una suposición sobre la cuestionabilidad, que sitúa la materia en una clase de los problemas científicos y, por tanto, también una presuposición adecuada a un estilo de pensamiento (Fleck 1986 136).

Los preconceptos bajo los cuales interpretamos los hechos están expuestos a constantes cambios que imperceptiblemente se van incorporando de manera pasiva al estilo de pensamiento, el cambio es gradual y es condición de posibilidad del progreso científico. El desarrollo del conocimiento está garantizado, según Fleck (1986), por la capacidad evolutiva de los individuos. Entiende el concepto de evolución desde una perspectiva histórica, genética y social. No obstante, tal evolución no se presenta si los individuos no conjeturan e intentan, de esa manera, violentar o

contrastar constantemente el contexto donde se mueven o los estilos de pensamiento que los determinan. Al respecto nos dice Fleck:

El problema de cómo a partir de presuposiciones falsas, de primeros ensayos inciertos y de tantos errores y rodeos, surge un conocimiento “verdadero”, puede aclararse por medio de una comparación: ¿Cómo encuentran siempre los ríos el mar, a pesar de que inicialmente quizás fluyan en una dirección falsa y a pesar de todos los rodeos y vueltas? No hay ningún “mar en sí”, únicamente se denomina así —mar— a aquel lugar situado a un nivel inferior donde se acumulan las aguas! Si en los ríos corre agua suficiente y si existe un campo gravitatorio, los ríos tienen que ir a parar al mar. El campo de gravedad equivale a la actitud social que proporciona la dirección y el agua al trabajo conjunto del colectivo de pensamiento. No importa la dirección momentánea de cada gota, el resultado deriva de la dirección dada por la fuerza de gravedad (Fleck 1986 125).

A modo de conclusión se puede decir que uno de los mayores aportes de la teoría del estilo de pensamiento a la ciencia es evidenciar la importancia del componente social e histórico en el desarrollo de las teorías. Además, de hacer aportes significativos respecto a la inexistencia de la neutralidad valorativa y del papel de las interacciones sociales en la construcción de la realidad social. No existe un hecho científico independiente de un contexto, como tampoco una observación aislada de un referente teórico. El desarrollo del conocimiento científico depende del estilo de pensamiento y de los colectivos de pensamiento.

Igualmente importante para la investigación social es la estructura dinámica que Fleck le atribuye al conocimiento que al parecer tiene como background tres subestructuras; una sociológica, compuesta por los grupos esotéricos y exotéricos; otra cognitiva, compuesta por las nociones de ideas activas e ideas pasivas y sus respectivas interconexiones activas y pasivas como elementos que garantizan la transformación de las teorías; y una subestructura histórica que le confiere dinamismo a la ciencia a través de la noción de armonía de las ilusiones.

TRABAJOS CITADOS

- Cohen, Robert y Thomas Schnelle. *Cognition and Fact. Materials on Ludwig Fleck*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986.
- Fleck, Ludwik. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, 1935. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- _____. “On the Crisis of ‘Reality’”. *Cognition and fact. Materials on Ludwik Fleck*, 1929. Ed. Cohen, Robert y Thomas Schnelle. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1986. 47-58.
- _____. “Sobre la crisis de la Realidad, 1929”. Trad. J. Atienza, R. Blanco y J.M. Iranzo. Reis, 1994. 251-261
- Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*, 1962. Trad. Carlos Solís. México: Fondo de Cultura Económica, 1992.
- Lorenzano, Cesar. “Los orígenes fleckeanos del pensamiento de Kuhn”. *Metatheoría* 1.1 (2010): 81-113.
- _____. “La construcción social de los Individuos”. *Discusiones Filosóficas* 9.12 (2008): 75-96.
- Schäfer, Lothar y Thomas Schnelle. *Erfahrung und Tatsache*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1983.
- _____. *Ludwik Fleck Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, 1980. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1986.

REPENSAR LA ACCIÓN INTENCIONAL DESDE LA COGNICIÓN SITUADA: ESTADOS MENTALES ASOCIATIVOS*

RETHINK INTENTIONAL ACTION FROM SITUATED COGNITION: ASSOCIATIVE MENTAL STATES

MARTÍN ECHEVERRI
Universidad Católica de Pereira
Pereira, Colombia.
martin.echeverri@ucp.edu.co



RESUMEN

La visión tradicional de la acción intencional es entendida como una locomoción con dirección que se produce por la existencia interna de representaciones y la interacción entre ellas. Para su análisis crítico, se presentan dos posiciones que han explicado la acción intencional. El intelectualismo, que defiende una visión interna, lingüística y racional acerca de la conducta, y el antiintelectualismo que involucra el carácter situado de la cognición, defendiendo una idea no lingüística, dinámica y corpórea de acción intencional. Se argumenta a favor de un intelectualismo que retoma el aspecto situado de la cognición, para así generar reflexiones de la acción intencional.

Palabras clave: procesos de aprendizaje; conciencia; sistema corporal; percepción; alief.

* Este artículo se debe citar: Echeverri, Martín. "Repensar la acción intencional desde la cognición situada: estados mentales asociativos". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 169-199. <https://doi.org/10.18270/rfc.v20i41.3018>

ABSTRACT

The traditional view of intentional action is understood as a locomotion with direction that is produced by the internal existence of representations and the interaction between them. For its critical analysis, two positions that have explained the intentional action are presented. Intellectualism, which defends an internal, linguistic and rational vision of behavior, and the anti-intellectualism that involves the situated character of cognition, defending a non-linguistic, dynamic and corporeal idea of intentional action. It is argued in favor of an intellectualism that takes up the situated aspect of cognition, in order to generate reflections of intentional action.

Keywords: learning processes; consciousness; body system; perception; alief.

1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones contemporáneas en filosofía de la psicología se han acercado desde una perspectiva multidisciplinar al estudio de la vida mental. Algunos intereses argumentativos nacen, como lo dicen Calvo y Symons (2009), de la concienzuda atención puesta sobre desarrollos históricos relevantes de conceptos o metodologías vigentes, razón por la que la filosofía de la psicología retoma desarrollos teóricos de las ciencias cognitivas.

En el contexto del debate académico, las nociones de intencionalidad y representación continúan siendo objeto de estudio, pues se discute el rol de la segunda en relación con la primera. Además, se analiza cómo intervienen las representaciones en la producción de conductas (Clark 2001; Schöner & Schneegans 2008; Wagner 2015).

¹ Aunque el término se emplea aquí para referir a la concepción computacional clásica de la teoría cognitiva, en el presente documento se opta por el uso de cognición, al considerarlo un concepto que abarca de manera más clara una diversidad de fenómenos y no solo se restringe al procesamiento de datos.

Las ciencias cognitivas han estudiado la mente¹ desde diversas orientaciones. Una posición tradicional es la analogía computacional, en donde la presencia de representaciones simbólicas al interior del sujeto media en los procesos de conocimiento del mundo. A su vez, la orientación situada sujeto-entorno se erige como una postura crítica respecto a la primera, concibiendo al humano como parte del mundo y acentuando el carácter relacional, antes que el representacional simbólico, como vía para conocer el mundo (Angulo 2017; Thagard 2007). En este sentido, las aproximaciones actuales al estudio de la cognición han desligado paulatinamente el uso de nociones como representación en su acepción simbólica, desarrollando una nueva unidad de análisis: cerebro-cuerpo-ambiente (Gallagher 2018) al introducir el cuerpo y el entorno dentro de sus teorizaciones.

Respecto a la preocupación por la *acción humana*, Aristóteles la define como un movimiento voluntario que parte de principios internos del hombre (Bosch 2010; Gómez 2013). Tiempo después, Brentano amplía las ideas de Aristóteles, sentando un precedente para explicar la acción humana desde los puntos de vista racional, internista y representacional. De este modo, introduce la noción de *intencionalidad* dentro de las discusiones acerca de la ontología de la conducta (Benítez 2005; Díaz 2013; Vendrell 2012), entendiendo el término como una dirección hacia algo, con el objetivo de indagar por las formas en que la conducta se produce.

Más adelante, dos apuestas filosóficas empezarán a teorizar sobre el carácter intencional (Bermúdez 2016). Por un lado, está la apuesta intelectualista cuya definición de carácter intencional cobija las discusiones planteadas por Brentano, y sostiene un modelo explicativo basado en la idea internista de representaciones y estados mentales proposicionales (Glüer & Wikforss 2013; Posada 2007). Por otro lado, está la apuesta antiintelectualista que dará cuenta de la acción intencional apelando al recurso de la experiencia directa con el entorno, hecho facilitado por la existencia del cuerpo (Bermúdez 2016; Da-Rold 2018; Gallagher 2018). Este último será entendido como un sistema compuesto por subsistemas, que aprende y se reorganiza gracias al acto perceptivo, rompiendo así con el modelo explicativo intelectualista (Cave 2017; Pezzulo 2011).

Adicional a ello, la emergencia de una tercera apuesta filosófica, el *intelectualismo situado*, plantea un nexo entre los desarrollos del intelectualismo y elementos tomados del antiintelectualismo, posibilitando así la retención y el uso de las ideas de *representación, intencionalidad y centro de procesamiento de la información* (Bermúdez 2016). Esto hace factible una nueva manera de entender las representaciones desde un punto de vista situado y no lingüístico, tomando la idea de representaciones basadas en redes neuronales y la explicación de la conducta desde la postulación de estados mentales asociativos.

El *alief* es adoptado como un ejemplo de estado mental asociativo, caracterizado por ser arracional, rígido, automático y coactivable. Al ser estado mental posibilitado por el cuerpo, este se piensa como susceptible de presentarse en múltiples criaturas (e. g., animales no humanos sin aptitud lingüística) con la capacidad de establecer rutas neuronales, ampliando así el horizonte investigativo acerca del psiquismo.

El objetivo del documento es argumentar a favor de un intelectualismo que retoma el aspecto situado de la cognición, para generar reflexiones acerca de la acción intencional. Se busca mostrar cómo diferentes investigaciones han guiado la discusión filosófica hasta fijar su atención en la capacidad perceptiva del organismo, lo que posibilita nuevas maneras de estudiar los procesos mentales (Angulo 2017; Lobo, Heras & Travieso 2018; López 2017), generando así alternativas a la consideración tradicional de la mente como lenguaje.

Para lograr esto, el texto se organiza de la siguiente manera: en la segunda parte se habla de la acción intencional; se explica la idea de la intencionalidad establecida por Brentano; se plantea y profundiza en la doble acepción otorgada al término por parte de las apuestas intelectual y antiintelectual. En la tercera se argumenta sobre la influencia de las ciencias cognitivas en dichas apuestas, exponiendo cómo desde los conceptos cerebro, cuerpo y ambiente se configuran definiciones de cognición que la sitúan de forma encarnada, incrustada, extendida o enactiva en relación con el medio; y se introduce la categoría de intelectualismo situado trabajada por Bermúdez, como apuesta filosófica emergente. En la cuarta sección se expone al *alief* como ejemplo de estado mental asociativo, nombrando sus diferencias en relación con los estados mentales proposicionales. En la última sección, se ofrecen conclusiones

que relacionan ideas relevantes tratadas a lo largo de todo el documento, como lo es preguntarse por la relevancia explicativa que tienen los estados mentales asociativos y proporcionales.

2. DE LA ACCIÓN Y DE LA INTENCIONALIDAD

Para Aristóteles existen los actos sensibles, que tienen lugar en el cuerpo y a él deben su causa, y los inteligibles, que son independientes del cuerpo y cuya causa son las racionalizaciones del pensamiento (Bosch 2010; Gómez 2013). El primer tipo comprende actos comunes a animales y humanos (e. g., saciar necesidades como comer, beber, dormir, entre otras); el segundo tipo son actos propios del ser humano (por ejemplo, calcular, especificar y razonar). Bajo esta diferenciación, Aristóteles acentuó que las causas de las acciones humanas son caracterizadas de forma distintas a las de los animales por el hecho de que los humanos tienen uso de razón (Bosch 2010; Gómez 2013). La acción es descrita, entonces, como un comportamiento voluntario cuyo origen reside en el interior de cada individuo (Bermúdez 2016; Gómez 2013), ideas que están a favor de un predominio reflexivo sobre la acción, ubicando al pensamiento como causa de la conducta.

Para el siglo xx, Brentano retomó de Aristóteles la idea de los principios internos que explican el comportamiento para responder a la pregunta de cómo entender el psiquismo, apelando a la distinción entre fenómenos psíquicos y físicos. Así, describe lo psíquico como algo contenido, es decir, que está en el interior del sujeto, y los procesos o fenómeno psíquicos como toda acción que permite tomar conciencia de sí mismo y del mundo (e. g., representaciones, juicios, emociones, pensamientos, entre otros) (Colombo 2012; Vendrell 2012).

Brentano no buscaba conocer los mecanismos físicos involucrados con la psique, sino cómo funciona, razón por la que se alejó de cualquier aproximación fisiológica para el entendimiento del psiquismo. El valor de su trabajo reside en el estudio de los actos psíquicos con el ánimo de conocer el modo de ser de la psique y de sus procesos (Alonso 2014). Consideró que los elementos que constituyen los

fenómenos que parten de la psique son la *intencionalidad*, que es entendida como *dirección hacia* un fenómeno físico u objeto exterior al propio fenómeno psíquico, y la *accesibilidad* de la conciencia interna (Alonso 2014; Colombo 2012; Vendrell 2012).

La cuestión acá, como lo explica Bermúdez (2016), es que la intencionalidad de Brentano ha venido entendiéndose de dos formas a lo largo de la historia del pensamiento: *acerca-de*² y *dirigido-a*³. Aunque a simple vista parecieran ser sinónimos, dos corrientes filosóficas sobre la acción humana, opuestas entre sí, han hecho uso de una de estas dos formas de intencionalidad para cimentar sus planteamientos.

En virtud de ello, Bermúdez (2016) distingue dos enfoques: uno *intelectualista*, que entiende la intencionalidad como *acerca-de* y explica la conducta desde principios internos o estados mentales representacionales simbólicos estructurados con base en el lenguaje (e. g., creencias, deseos, imaginaciones, entre otros); y otro *antiintelectualista*, que aborda la intencionalidad como *dirigida-a*, aludiendo que la conducta parte de la interacción inmediata entre el cuerpo y el ambiente gracias a la creación de hábitos.

Brentano diferenció los fenómenos físicos de los psíquicos argumentando que mientras los primeros son *extensos* y *localizables*, es decir, ubicados en una realidad externa al sujeto, en el mundo (Benítez 2005; Díaz 2013), los segundos son *carentes de extensión* y *no localizables*. El pensar, imaginar o querer algo son *acciones* que se refieren a objetos semejantes a objetos físicos, luego, el objeto referido de los fenómenos psíquicos no es necesariamente tangible (e. g., pensar en una silla implica concebir un objeto similar al de una silla, pero sin que este tenga que existir en la realidad necesariamente) (Colombo 2012; Vendrell 2012). La objetividad planteada para los fenómenos psíquicos es descrita como una *objetividad inmanente*, en donde el objeto de referencia de los fenómenos psíquicos ya se encuentra consignado en ellos mismos (Benítez 2005; Vendrell 2012).

² Esta era la visión que Brentano defendía, y que será profundizada en el apartado 2.1 Apuesta intelectualista.

³ Postura que será explicada en el apartado 2.2 Apuesta antiintelectualista.

Brentano parte de mencionar que: “designábamos con el nombre de fenómenos psíquicos, tanto las representaciones como todos aquellos fenómenos [psíquicos] cuyo fundamento está formado por representaciones” (1946 12). La *representación* es entendida como una alusión, no a un objeto del mundo, sino a la *acción de representar*. La representación *es de* algo, pero ese algo no es el objeto representado (e. g. percibir un vaso de agua es una representación a la que se le contrapone lo representado, el objeto, el vaso de agua). En palabras de Díaz:

Actos de representación como la audición, la visión, la sensación, el pensamiento, los movimientos de los sentimientos son [cerca] de algo que es representado: de un sonido, de un objeto coloreado, de una sensación (calor, frío), de un concepto, de un sentimiento (alegría, tristeza), respectivamente (2013 97).

Por lo tanto, si la representación, como acción de representar, es la base de los fenómenos psíquicos, luego, todo fenómeno psíquico sería acción. Además, la representación, como acción *acerca-de* un fenómeno físico, ostenta el elemento intencional o de dirección que caracteriza a los fenómenos psíquicos. Esto implica que el objeto de los fenómenos psíquicos siempre será de un fenómeno físico; el objeto es lo presente en el fenómeno psíquico, luego, no hay fenómeno psíquico sin objeto (Benítez 2005). Respecto a esto, Brentano dirá “Todo fenómeno psíquico contiene en sí algo como su objeto ... En la representación hay algo representado; en el juicio hay algo admitido o rechazado; en el amor, amado; en el odio, odiado; en el apetito, apetecido, etc.” (1946 26).

En lo que respecta al segundo elemento constitutivo de los fenómenos psíquicos, se sostiene que ha de existir una *conciencia interna*, capaz de identificar lo que pasa en el propio psiquismo a la vez que se tiene un fenómeno psíquico, a saber, darse cuenta (e. g., al oler algo no solo percibimos lo que olemos, sino que caemos en la cuenta de que se está oliendo algo; una cosa es realizar una acción y otra es ser consciente de la acción realizada) (Benítez 2005; Colombo 2012; Vendrell 2012). Contraria a la percepción sensorial, que solo permite al sujeto percatarse de fenóme-

nos físicos de su experiencia en el mundo (Díaz 2013), la conciencia interna garantiza el reconocimiento de las representaciones.

Por ello, para entender la definición de *fenómeno psíquico* como toda acción que permite tomar conciencia de sí mismo y del mundo, primero, se debe reconocer que la representación es la acción que da origen a los demás fenómenos psíquicos. Segundo, que la acción de representar cuenta con las características de ser intencional y de acceder a la conciencia, por lo que de ocurrir, esta siempre sería *acerca de* un objeto o fenómeno físico. Tercero, que la conciencia interna logra percibir tanto la acción de representar, como también el objeto de la representación. Así, las representaciones tendrían el rol de apertura al mundo, poniendo como ejemplo que “un color solo se nos aparece cuando nos lo representamos, no cabe concluir de aquí que un color no pueda existir sin ser representado” (Brentano 1946 32).

2.1 APUESTA INTELECTUALISTA

Según Aristóteles, la *acción* es un comportamiento voluntario causado por principios internos del organismo. Respecto al humano, dirá que su comportamiento es fruto de la interacción entre la razón y el deseo, atributos desligados de la división del alma en una parte racional y otra irracional (Bermúdez 2016; Gómez 2013; Vallejo 2006). La primera se asume como exclusiva del ser humano, y esta permite la ejecución de actividades como el cálculo, la planeación y el razonamiento. Por el contrario, la segunda se asocia con las capacidades que animales humanos y no humanos comparten, como lo es la capacidad perceptiva.

La percepción y el intelecto serán facultades de discernimiento, cuya función es la de facilitar al organismo el proceso de diferenciación entre los objetos del mundo. La *percepción* permite, tanto a animales no humanos como animales humanos, la habilidad para discernir entre lo que es agradable y desagradable; entre objetos placenteros y dolorosos (Bermúdez 2016; Vallejo 2006). Así, la vivencia perceptiva adopta un carácter motivacional en el sentido en que invita al movimiento, ya que posibilita que un organismo se acerque o huya de ciertos objetos que ha podido

percibir como apetitosos o aversivos (García 2014). Se aclara que los objetos no son placenteros o dolorosos por sí mismos, sino que adquieren esa función en la experiencia del organismo con ellos.

Respecto al *intelecto*, se sostiene que este solamente actúa sobre la base de una percepción presente, por lo que el pensamiento no sería una fuente independiente de sensaciones. La razón añade grados de complejidad a las vivencias perceptivas, ya que facilita al humano: a) evocar objetos con los que ya se ha tenido contacto previo en ausencia de ellos; b) elaborar lo que está sintiendo por medio del lenguaje (e. g., otorgar etiquetas como “bueno” o “malo”, “feo” o “bonito”, “justo” o “injusto”) (Bermúdez 2016). En últimas, toda apreciación de la razón se remonta a la percepción como facultad desde la cual se experimenta el mundo (García 2014).

Así, las acciones en animales no humanos son concebidas como respuestas frente a las oportunidades de gratificación inmediata, destacando aquí la motivación derivada del deseo irracional (Bosch 2010; Gómez 2013). Por el contrario, la acción en el humano se constituye como un producto de la capacidad de articular pensamientos, en donde el deseo es sometido a un proceso de reflexión llamado *deliberación*, que finaliza con la posibilidad de tomar una decisión: se actúa o no se actúa (Bermúdez 2016). Por ello, el humano logra manifestar intencionalidad sin recurrir a la inmediatez del comportamiento, ubicando la reflexión en un nivel de mayor soberanía respecto al mero acto perceptivo.

Este énfasis en los procesos de reflexión para explicar la producción de la conducta humana no solo constituye un elemento central dentro de la apuesta filosófica intelectualista sino que procura ser profundizado en ella. Así, la vía de explicación del comportamiento ocurre apelando al recurso de los estados mentales. Estos guardan semejanzas con los fenómenos psíquicos de Brentano, ya que también se albergan en un centro de procesamiento interno del sujeto, son y se sustentan en representaciones, contienen dentro de sí un objeto similar al que refieren, y asumen un compromiso con la intencionalidad *acerca-de*.

Los estados mentales se compondrán a partir del lenguaje, integrando una modalidad psicológica con un contenido proposicional (Glüer & Wikforss 2013; Posada 2007). Por *modo psicológico* se alude al elemento representacional del estado

mental, siendo entendido como una actitud o disposición para relacionarse con un contenido proposicional (*e. g.*, anteponer las palabras “*deseo que*”, “*imagino que*” o “*me entristece que*” al contenido “ella no me ame” otorga frases con sentidos diferentes). El contenido proposicional no se conecta con el mundo por sí solo, requiriendo de la actitud proposicional para que logre representar al contenido. Entre más específico sea el contenido proposicional, más claro será el significado que el estado mental refiere.

Ahora, el centro de procesamiento de la información (o conciencia interna según Brentano) cumplirá las funciones de contener y relacionar los estados mentales. Estos últimos, al ser representaciones lingüísticas, configuran una norma común de explicación de la conducta. En ella, el centro de procesamiento construye relaciones racionales entre el contenido representacional del estado mental y la conducta de interés (por ejemplo, la respuesta de “estoy triste por la muerte de mi madre” de una persona que se encuentra llorando, a la que se le pregunta por qué lo hace, es una justificación explicativa de tal acción) (Glüer & Wikforss 2013; O’Brien 2018).

Los estados mentales proposicionales, al estar basados en lenguaje y ser dependientes de los procesos de la razón, cambian o se actualizan por medio de la integración de nueva información sintáctica. Con ella, el centro de procesamiento logra alterar el sentido de algún contenido proposicional preexistente, ajustando también la actitud psicológica que mejor se corresponda con este nuevo contenido (Bermúdez 2016; Markman 2009). De ahí que se afirme que cada estado mental está referido a otros estados mentales, por lo que el sujeto debe ser capaz de jugar con estas representaciones internas para producir conducta.

En resumen, trabajos como el de Aristóteles y Brentano contribuyeron en la conformación de la apuesta filosófica intelectualista. En ella, la representación cumple el rol de *describir* el mundo, mientras que el centro de procesamiento de información genera una serie de operaciones sobre las representaciones, encargándose así de *prescribir* pautas de acción. Por consiguiente, la *acción intencional* sería la ejecución comportamental de dichas prescripciones, resaltando la importancia que tienen los procesos de la razón interna en lo que respecta a la explicación de cómo se produce la conducta. Así, el haber esclarecido ideas del paradigma acerca del papel de las

representaciones y el uso de estados mentales permite que en la sección 3.1. Apuesta intelectualista situada se generen contrastes entre estados de naturaleza proposicional y asociativa, siendo estos últimos en donde se acoge a los *aliefs*.

2.2. APUESTA ANTIINTELECTUALISTA

El trabajo de Merleau-Ponty, fundamentado en la obra de Husserl, concibe otra forma de entender la conducta. En él, se rompe con la tradición internista de Brentano, y se pasa de la explicación proposicional de la acción a una que involucra la interacción directa entre el cuerpo y el mundo.

Husserl, en su propósito de esclarecer las condiciones previas que posibilitan el conocimiento, propone que hay una actitud natural o aceptación sin reparo de los productos de la conciencia (e. g., supuestos, valoraciones y prejuicios) en su relación con los elementos presentes en la experiencia humana (Lourdes 2014; Mendoza 2017). Además, revisa la noción de conciencia interna propuesta por Brentano y argumenta que si bien la existencia de la conciencia es indispensable para la producción de saber, las reflexiones que de ella vienen modelan y determinan al mundo pero no describen cómo el mundo se le presenta a la conciencia (Mendoza 2017).

Si de la conciencia parten los conocimientos del humano, pero esta no logra dar cuenta de la manera en que el individuo se vincula con el mundo, se plantea entonces la necesidad de poner en suspensión las afirmaciones de la conciencia, no para negarlas, sino para dejar ver la forma que los sujetos están ligados al entorno (Husserl 1977; Mendoza 2017). Una vez suspendida la actitud natural, lo único que le queda al sujeto es la vivencia de los fenómenos a partir de la vía de los sentidos. La percepción será entonces el trasfondo sobre el cual se captan los objetos del mundo, siendo esta la experiencia básica que permitirá el acceso de los objetos del mundo a la conciencia (Colombo 2012; Nigris 2015). En relación con esto Husserl dice:

Ponemos fuera de acción la tesis general inherente a la esencia de la actitud natural; ponemos entre paréntesis todas las cosas que ella abarca ónticamente: así

pues, este mundo natural entero, que está constantemente “para nosotros ahí”, “ahí delante”, y que seguirá estándolo incesantemente como “realidad” de que tenemos conciencia, aunque nos dé por ponerlo entre paréntesis. Si así lo hago, como soy plenamente libre de hacerlo, no por ello niego este “mundo” (1977 73).

Así pues, los contenidos de la conciencia dependen de las vivencias perceptivas que se tengan del mundo, luego, la intencionalidad que aquí se maneja comienza a referir a la forma *dirigida-a*, ya que la actividad de la conciencia no alberga en sí misma los objetos a los que se dirige (Colombo 2012; Espinal 2011). Si el mecanismo de la conciencia es permitir el conocimiento, y la vivencia perceptiva, como acción intencional de la conciencia, es el acto que vincula distintos objetos ajenos a la conciencia, entonces, la conciencia conoce objetos que no están contenidos en ella. En ese sentido, la intencionalidad seguirá siendo entendida como *dirección hacia algo*, con la diferencia que ahora parte de un ejercicio activo que depende del contacto con el mundo, logrando ser resumida en la dirección de la conciencia hacia el entorno (Colombo 2012).

No obstante, para Merleau-Ponty (1993), la noción de intencionalidad parte de una idea más orgánica que la de una conciencia interna como principio de acción, como sí lo hacían las posturas defendidas por Brentano y Husserl. El autor menciona que tanto la vinculación del sujeto con el mundo, como la conciencia de estar realizando una acción, ocurren por el acto perceptivo posibilitado por el cuerpo (Da-Rold 2018; Espinal 2011; Gallagher 2018).

Merleau-Ponty afirma que el cuerpo es algo cuya existencia se experimenta de forma distinta al resto de los objetos con los que puede tener contacto, ya que “en cuanto ve o toca el mundo, mi cuerpo no puede, pues, ser visto ni tocado. Lo que le impide ser jamás un objeto ... es que mi cuerpo es aquello gracias a lo que existen objetos” (1993 109-110). Para entender mejor el papel del cuerpo, se explica que este es un sistema compuesto por subsistemas (como el musculoesquelético, el endocrino, el perceptual, el metabólico, el neuronal, entre otros) que en su actuación en conjunto demuestran un carácter sensible y autoorganizado (Cave 2017; Markman 2009; Pezzulo 2011).

Para Merleau-Ponty, hay una correspondencia directa entre el cuerpo y la percepción, ya que el primero posibilita el acto perceptivo y el segundo permite la conciencia tanto del propio cuerpo como la de los objetos con los que entra en contacto. De ahí que el cuerpo se dirija de forma natural y activa al mundo, independientemente de la emergencia o no de una conciencia reflexiva, afirmando además que la percepción no es un comportamiento en sí mismo o proceso cognitivo más, sino un modo de ser en el mundo (Espinal 2011; Gallagher 2018). En palabras de Merleau-Ponty:

El cuerpo no es, pues, un objeto exterior cualquiera, con la sola particularidad de que siempre estaría ahí. Si es permanente, es de una permanencia absoluta que sirve de fondo a la permanencia relativa de los objetos eclipsables, los verdaderos objetos. La presencia y ausencia de los objetos exteriores solamente son variaciones al interior de un campo de presencia primordial, de un dominio perceptivo sobre los que mi cuerpo tiene poder (1993 110).

Esto acarrea que, como lo explica Merleau-Ponty (1993), al ser seres vivientes no poseemos un cuerpo sino que somos un cuerpo, y que además establecemos modos de interacción con el mundo a partir de la acción y la experiencia sensitiva. Por tanto, el modo de entender lo que sea que pueda estar pasando a nuestro alrededor no deviene de una conciencia o síntesis intelectual, sino que parte del ajuste corporal a la situación vivida. De un acople corporal efectivo se espera que el mismo cuerpo sea capaz de reanudar la acción en una situación basándose en la experiencia adquirida, hecho que según Merleau-Ponty (1993) integra las dimensiones del movimiento, espacio y tiempo. Respecto a esto menciona:

Hay, pues, otro sujeto debajo de mí, para el que existe un mundo antes de que yo esté ahí, y el cual señalaba ya en el mismo mi lugar. Este espíritu cautivo o natural es mi cuerpo, no el cuerpo momentáneo, instrumento de mis opciones personales y que se consolida en tal o cual mundo, sino el sistema de “funciones” anónimas que envuelven toda fijación particular en un proyecto general (269).

Así, el movimiento del cuerpo en el espacio permite a la percepción ajustarse y actualizarse en vivo, ampliando el conjunto de experiencias perceptuales del organismo para tratar de definir, de forma clara, los objetos con los que entra en contacto (Barsalou 2005; Pritchard 2018). Ahora, dentro de las vivencias perceptuales habrá implícito un contenido afectivo, en donde el cuerpo, al ser ese fondo en donde se revelan los objetos gracias a la percepción, es capaz de tener sensaciones y así ubicar estimulaciones dolorosas o placenteras (Angulo 2017).

Por otro lado, para alcanzar una percepción más compleja de un objeto es necesario obrar sobre una base ya presente, y en esa medida, es posible hablar de que existen grados de percepción soportados por cuestiones de tiempo y movimiento (*e. g.*, una persona que se acerca lo suficiente a una pintura puede centrar su atención en solo un aspecto de la misma, pero en el momento en que se aleja de la pintura podrá notar otros componentes, ampliando su percepción).

Así, la *intencionalidad* no vendría siendo una síntesis del intelecto, sino una síntesis del cuerpo en presencia de los objetos gracias a la acción perceptible; el acople de un cuerpo móvil al mundo en donde se sitúa. Si el cuerpo está en constante arreglo con el entorno es porque la percepción no agota el conocimiento de los objetos con los que entra en contacto, y si la percepción es un proceso continuo, entonces, la experiencia de conocimiento de los objetos se prolonga en el tiempo.

Por ello, el cuerpo no es en un solo tiempo y único momento dado, sino que se extiende a otros escenarios gracias a la configuración de hábitos, los cuales serán entendidos como un conjunto de vivencias afectivas permitidas por el acto perceptivo. Estos se instauran a partir de la significación afectiva y funcional que el cuerpo establece con el entorno, por lo que “dicha experiencia no permanece como representación sino como un estilo de ser en el mundo” (Angulo 2017 52) que se manifiesta a lo largo del tiempo gracias al movimiento en el espacio (por ejemplo, el que una persona haya aprendido a responder de determinada forma frente a un objeto del mundo, gracias a las experiencias previas que tuvo con él).

3. CIENCIAS COGNITIVAS: EL CARÁCTER DE LO SITUADO

Los aportes de las ciencias cognitivas han permitido el estudio de la cognición desde por lo menos dos orientaciones: la analogía computacional y la orientación situada sujeto-entorno (Angulo 2017; Thagard 2007), las cuales dividen los sistemas o fenómenos cognitivos de interés en partes y procesos, para luego explicar cómo esas divisiones se articulan entre sí permitiendo que los sistemas o fenómenos cognitivos se comporten de determinada manera (Mendoza 2018).

La apuesta intelectualista ha cimentado parte de sus presupuestos acerca de la cognición en los modelos computacionales, recibiendo por ello diversas críticas. Por ejemplo, se alega que si el mundo es accedido mediante representaciones simbólicas y fijas acerca-de, manipuladas por un centro de procesamiento en el interior del humano, entonces la existencia del mundo dependerá del sujeto, y cada uno podrá construir un mundo diferente para sí mismo (Schlicht 2018). Otra crítica sostiene que si el centro de procesamiento de información ya alberga los objetos a los cuales se dirige bajo una representación simbólica *acerca-de*, se sigue entonces que la experiencia del sujeto no le permitirá conocer realmente algo de su entorno inmediato, lo que hace pensar que el mundo le es ajeno (Angulo 2017).

Por último, los paradigmas conexionistas, también acogidos por la orientación computacional, trataron de generar explicaciones más precisas acerca de la forma en que el humano se vincula con el medio. Para ello situaron el centro de procesamiento en el cerebro y entendieron la representación como activación de redes neuronales. No obstante, se les critica por haberse centrado en la búsqueda de mecanismos biológicos que posibilitan la cognición, más que en el carácter de integración del cuerpo con el mundo (Schlicht 2018).

En lo que respecta a la segunda orientación, que es acogida por la apuesta anti-intelectual, se defienden teorías que abordan la cognición como un producto situado por la interacción dinámica entre el cuerpo y contextos físicos y sociales (Mendoza 2018). Este énfasis contempla la cognición sin limitarla a procesos cerebrales o computacionales y sostiene que puede explicarse de forma encarnada, incrustada, extendida, o enactiva, en su relación con el mundo.

Si bien las cuatro teorías (conocidas por sus siglas en inglés como 4E) pueden llegar a compartir supuestos entre ellas, no por eso son necesariamente compatibles en su definición situada de cognición (Mendoza 2018). Ya que si bien parten de una misma unidad de análisis, basada en los elementos del cerebro, el cuerpo y el ambiente, cada teoría incorpora un grueso de descripciones y explicaciones distintas, desde donde se elaboran nociones de cognición al explicar cómo esta se sitúa mediante la integración del cerebro-cuerpo-ambiente.

Ahora, la idea de representación corresponde a una de las partes o procesos usualmente considerados para promover la división de los distintos sistemas o fenómenos cognitivos, en donde destacan las posiciones que defienden o rechazan su uso. Esto se evidencia en el carácter crítico que ostenta la orientación situada sujeto-entorno en oposición a la orientación computacional, en donde la acepción simbólica de representación es tenida como un constituyente del proceso cognitivo de esta última.

En concreto, Steiner (2014) propone tres supuestos en función de las ideas de rol, propiedades y existencia de representaciones, que respaldan el hecho de que la cognición y los fenómenos como la percepción, la comprensión del lenguaje o la resolución de problemas *no son* representacionales. Además afirma que el grado de antirrepresentacionalismo de las teorías es más o menos radical en la medida en que aceptan una o varias de estas ideas.

Así pues, la cognición *no* es representacional en el sentido de:

1. Estar funcionalmente aislada de la acción o del compromiso activo y encarnado de las criaturas cognitivas en el mundo.
2. Consistir en la fabricación, manipulación o recuperación de representaciones mentales simbólicas, abstractas, neutrales y detalladas del entorno.
3. Involucrar la fabricación, manipulación o recuperación de representaciones mentales como estructuras físicas con contenido (ya sea intracraneales o distribuidas por el cerebro, cuerpo, o mundo) independientemente de cuales sean sus roles y propiedades en el procesamiento cognitivo (Steiner 2014 44-45; traducción propia).

De lo anterior se sigue que respaldar (1) o (2) no compromete necesariamente a defender (3), debido a que la noción de representación enfrentada en (2) refiere únicamente a su versión simbólica y (1) solo argumenta en contra del carácter neutral de la representación. En contraste, el respaldo de (3) rechaza el uso de representaciones independientemente de sus propiedades y roles, por ende, niega la existencia de estas. A continuación, se exponen dos ejemplos al respecto, referenciando principalmente las tesis enactiva y extendida.

La teoría enactiva radical de Hutto y Myrin (2018) plantea un compromiso con (3) en la medida en que sostiene que los procesos cognitivos básicos (como la percepción y la coordinación sensorio-motora) *no* son representacionales (Steiner 2014). El enactivismo radical sitúa la cognición como *algo que el organismo hace*, por lo que es asumida en términos de *proceso de desarrollo* en vez de estados con contenido (Hutto & Myrin 2018). Además entiende la unidad de análisis (cerebro-cuerpo-ambiente) como un solo sistema dinámico codeterminado, por lo que cualquier situación que involucre a alguno de los tres elementos es suficiente para generar condiciones de acción para el sujeto (Hutto & Myrin 2018).

Por otro lado, la tesis extendida es compatible con el enactivismo en la medida en que reconoce la cognición como *parcialmente constituida* por procesos cerebrales y corporales, como de los elementos del contexto (Steiner 2014). Aun así, las teorías se diferencian por su compromiso con el uso de representaciones, ya que, como lo comenta Steiner (2013), todas la tesis extendidas incluyen como elementos parciales constitutivos de la cognición representaciones externas y estructuras ambientales representacionales, y respaldan un compromiso con (1) y (2).

En términos generales, la tesis extendida afirma que en el mundo hay estructuras materiales cuya función es sostener representaciones externas. Son “externas” en el sentido en que su localización se halla fuera del cráneo del organismo, y gracias a esta ubicación, esta representación se caracteriza como *accesible para la percepción* (Steiner 2013). Por ello, de la interacción sostenida en el tiempo entre el cuerpo y estructuras materiales, estas últimas empezarán a referir información funcional o semánticamente relevante para el organismo, preparándolo para la acción. De ahí que las representaciones externas se entiendan como *tokens de activación* corporal.

Pese a ello, Clark (2008), quien ha sido un promotor de la tesis extendida, argumenta a favor del uso de representaciones internas para explicar la cognición. Según el autor, apelar a representaciones externas no plantea cómo el cuerpo se acopla a estas y a su contenido semántico; entonces propone usar representaciones intracraneales como una vía para describir el ajuste con el mundo. Para Clark (2008), los procesos cognitivos parten de procesos intracraneales que luego se extiende al mundo. Ello le permite afirmar que, en presencia de una representación externa significativa al sujeto, se evidenciará un tokening de representaciones internas mediante la activación de redes neuronales distribuidas en el cerebro y el cuerpo (Steiner 2013).

Grosso modo, el carácter situado de la cognición se hace un recurso importante para elaborar explicaciones en donde un organismo, hallado en una situación espacio-temporalmente definida, guía sus acciones. Dependiendo del compromiso asumido acerca de la manera en que la cognición se sitúa respecto al cerebro-cuerpo-ambiente, surgen cuatro teorías (teoría encarnada, incrustada, extendida o enactiva) que, aunque llegan a compartir supuestos, no por eso terminan siendo compatibles entre ellas. No obstante, el aporte crucial de la orientación situada sujeto-entorno radica en la restitución del rol ocupado por el humano en el ambiente, ya que de su posición y acción en este, que sobreviene gracias al cuerpo, participa de forma activa en la adaptación de sus conductas (Angulo 2017; Bermúdez 2017; Clark & Chalmers 1998; Da-Rold 2018).

Por consiguiente, suponer que la cognición está ligada al movimiento del cuerpo y, por ello a la percepción, implica que esta última está necesariamente orientada a la acción, refiriendo entonces a un tipo de intencionalidad *dirigido-a*. Para la orientación situada sujeto-entorno, la cognición no puede entenderse fuera de la historia corporal y social del humano, hecho que la torna altamente situada (Angulo 2017; Barsalou 2005; Lobo, Heras & Travieso 2018). De ahí que permite concebir una alternativa a la norma explicativa de la conducta del enfoque intelectualista, ya que al no respaldar el uso de representaciones, al menos en su versión simbólica, se concentra en la idea de que lo mental es siempre moldeado y dependiente de la relación entre el cuerpo y el ambiente (Angulo 2017; Clark & Chalmers 1998; Pezzulo 2011).

3.1. APUESTA INTELLECTUALISTA SITUADA

Según Da-Rold (2018), el énfasis en los procesos reflexivos para la explicación de la conducta por parte del intelectualismo limita sus aportes en, por ejemplo, casos de ajuste veloz a las demandas ambientales. Por esto, no logra precisar claramente lo que ocurre con las conductas hábiles o especializadas, aquellas basadas en la práctica y que por tanto involucran procesos intuitivos y automáticos (como seguir las jugadas de los compañeros al estar jugando algún deporte en equipo) (Bermúdez 2017).

Por situaciones como la anterior es que Bermúdez (2016) introduce la categoría de *intelectualismo situado*, siendo una extensión del intelectualismo que replantea los conceptos claves de representación, intencionalidad y centro de procesamiento, gracias al compromiso con la idea situada de la cognición tomada de la orientación sujeto-entorno. Asumir que la cognición es un producto situado espacio-temporalmente, que depende de la historia de interacción entre el cuerpo y el ambiente, implica considerar formas no simbólicas de entender la representación, y por ello, una idea de cognición que no se basa en la acumulación de datos sino en la construcción permanente de sentido con el medio.

El intelectualismo situado parte del principio cognitivo del *funcionalismo corporal*, que considera la cognición como dependiente del cuerpo (Mendoza 2018). Este último, a partir de la percepción y la acción en contexto, logra entrar en contacto con aspectos tanto externos al sistema corporal (por ejemplo, algún objeto con el que el cuerpo interactúe) como internos (e. g., la comunicación entre neuronas o algún proceso interoceptivo). Ahora, para este paradigma el encéfalo ocupa el rol de centro de procesamiento; no obstante se reconoce que este órgano hace parte de la totalidad del cuerpo, y por ello, participa de forma activa en el vínculo con el mundo y en la producción de conductas.

Por eso, existe en el paradigma cierto interés por abordar las formas en que el cerebro opera, argumentando que por medio de las células que lo componen, las neuronas, se establecen patrones de activación o redes neuronales de las experiencias que tiene el cuerpo con el ambiente (Barsalou 2005; Clark 2001; Garson 2018; Markman 2009). Lo anterior permite al intelectualismo situado explicar que si el

cerebro, como centro de procesamiento, actúa estableciendo conexiones neuronales, entonces, el acto cognitivo estaría posibilitado por un sistema interconectado de neuronas y no por un sistema computacional regido por reglas sintácticas. Además, que en la activación neuronal se resume la identificación y la manipulación de representaciones *dirigidas-al mundo* (Markman 2009).

Una de las implicaciones que se deriva de la idea de los sistemas guiados por representaciones neuronales es que la conducta puede seguir siendo explicada desde la noción de estados mentales. Recordemos que estos son asumidos como estados basados en lenguaje por parte del intelectualismo, en donde se promueve una división de labores al atribuir la función *descriptiva* a la representación y la función *prescriptiva* al centro de procesamiento de información. Por el contrario, para el intelectualismo situado, ambas funciones se ven *conjugadas* por medio de la idea de representación como activación de redes neurológicas, asumiendo un compromiso con la noción de estados mentales asociativos en vez de estados mentales *proposicionales*.

Las redes neuronales tienen la función de asociar elementos *representacionales, afectivos y comportamentales*, previamente modelados por las experiencias del sujeto (Bermúdez 2016; Gendler 2008a, 2008b). Así, el intelectualismo situado promueve la eliminación de la idea del símbolo interno como medida de explicación de la conducta, pasando a utilizar una idea de representación de corte situada y no lingüística, basada en la coalición de unidades de activación condensadas en redes neuronales, siendo esta similar a la idea de *tokens* de representación interna defendida por Clark (2001, 2008).

Adicional a lo anterior, Bermúdez (2016) menciona que los estados mentales asociativos se caracterizan por ser *arracionales* o no sensibles a las evidencias y reflexiones, ya que no son modificados por la adquisición de nueva información sintáctica sino por habituación. De ahí que se explique que la relevancia de algunas características perceptuales de las situaciones en las que un organismo pueda verse involucrado está influenciadas por el conjunto de experiencias previas que moldean la manera en que su atención es dirigida (*e. g.*, una persona que de camino a casa fue mordida por un perro, es más susceptible de estar alerta frente a la presencia de este tipo de animales en sus futuras caminatas a casa).

Desde el intelectualismo situado, así como también desde el antiintelectualismo, se concibe la percepción como un proceso dirigido a la acción. Del encuentro perceptivo con algún objeto o característica a la que el organismo ya está habituado, y por ello la red neuronal, se sigue entonces la activación inmediata de los afectos y prescripciones asociados a las representaciones neuronales. Por esto, los estados mentales asociativos también son caracterizados como *automáticos* y *coactivables*, ya que la activación de las redes neuronales está determinada por la fortaleza o debilidad de las mismas conexiones entre neuronas (Bermúdez 2016).

Por último, esta noción de representación no queda reducida a lo que ocurre en el cerebro, ya que si bien las redes preparan al cuerpo para la acción, la acción del cuerpo en el mundo también modifica las redes, resaltando así la naturaleza dinámica de la representación (Schlicht 2018). Los *estados mentales asociativos* pueden entenderse como patrones de activación neuronal que integran relaciones entre estímulos con los que un organismo haya tenido alguna experiencia previa, proveyendo al mismo tiempo de información acerca del mundo y de posibles formas de cómo actuar al momento.

Los *aliefs* fungen como ejemplo de estado mental asociativo. Estos son propuestos por Gendler (2008a, 2008b) como una categoría que amplía la discusión de lo que ella denomina “casos de tensión cognitiva”, en los que un sujeto que afirma tener una respectiva creencia en algo actúa y se emociona de tal manera que pareciera contradecir su creencia. Gendler (2008a, 2008b) los describe como estados mentales corporales configurados a partir de las vivencias del organismo. Al ser estados asociativos, se activan al contacto con algún elemento sensible a la red neuronal que los soporta. Este hecho permite distinguir que la naturaleza del contenido representacional activado es semántico y funcional, pues el sentido de la representación ya se ha moldeado previamente de la interacción del cuerpo con el ambiente.

En resumen, el intelectualismo situado se alza como una visión renovada del intelectualismo, que explica la acción intencional desde el rol activo del cuerpo y la injerencia de la arquitectura cognitiva basada en redes neuronales. Esta última permite la formación de representaciones *dirigidas-al* mundo, tras asociar diferentes experiencias, comportamientos y afectos previos, a los que un organismo logra habi-

tuarse de su contexto. Este paradigma logra reducir la jerarquía hallada en el intelectualismo entre los procesos cognitivos básicos (como la percepción y la coordinación sensorio-motora) y los superiores (por ejemplo, el pensamiento), al reivindicar la importancia que tienen los procesos perceptuales dentro de la producción de conducta.

4. ALIEF COMO ESTADO MENTAL ASOCIATIVO

Para precisar información acerca de los *aliefs*, se presenta el siguiente caso de tensión cognitiva:

Imagine que usted y yo estamos ante un puente, que haríamos bien en cruzar. El puente se ve descompuesto, así que no me atrevo a poner un pie en él. Usted es un ingeniero de estructuras que recientemente examinó el puente y me dice que está en buenas condiciones. Esto me tranquiliza un poco, pero todavía no lo cruzo. Esperamos un tiempo y vemos a muchas personas cruzar el puente con éxito. Ahora tengo evidencia testimonial y observacional de que el puente no se derrumbará si intento cruzarlo, pero todavía vacilo. Me pregunta qué creo que pasará si trato de cruzar el puente; digo que creo que el puente se mantendrá, pero no puedo dar el primer paso (Hubbs 2013 604; traducción propia).

Si esta persona dice saber que el puente es seguro e incluso ve que hay gente que lo transita sin desmoronarse, ¿por qué exhibe tanta resistencia a pasarlo? Posada (2007) nos dirá que para dar cuenta de la existencia de un *saber-qué* o saber proposicional debe existir por lo menos un sujeto (s) que crea en una proposición (p) y que tenga pruebas o evidencias que justifiquen su creencia; p no puede ser verdadero a menos que haya algún S que crea en P y tenga pruebas para ello, por lo que la creencia será la actitud que conduzca a algo verdadero. Si la creencia depende de una serie de evidencias, entonces, esta persona no podría tener al mismo tiempo las creencias de que el puente *es* y *no* es seguro, por lo que la condición de inseguridad debe ser caracterizada de otra manera.

Gendler (2008a, 2008b) plantea la necesidad de distinguir, en casos como el anterior, entre las creencias y “una propensión innata o habitual a responder a un estímulo aparente de una manera particular” (Gendler 2008b 553). A esta última se le denomina *alief*. Se trata de un estado mental que se diferencia de las actitudes proposicionales (como la creencia, la imaginación, la pretensión, entre otros) ya que este no es lingüístico y, por ello, no se relaciona con ningún contenido proposicional. Por el contrario, se enfatiza la naturaleza de ser un estado, porque implica la inervación del cuerpo.

Tanto el *alief* como estado mental, como la creencia como actitud proposicional, pueden manifestarse en una persona. Además, ambas categorías comparten un rol representacional y motivacional, por lo que promueven la producción de conducta (Glüer & Wikforss 2013; Gendler 2008a; 2008b; Hubbs 2013; Posada 2007). La persona del ejemplo presenta tanto la creencia de que el puente es seguro, justificada no solo desde el criterio de un experto sino también tras haber visto gente cruzar la estructura sin que sufriera daño alguno, como un *alief* que representa la “inseguridad” que la cohibe para dar el primer paso al percibir al puente como “descompuesto”.

El *alief*, como *estado* mental, ocurre en el cerebro de las criaturas, fruto tanto de la herencia filogenética como de las vivencias particulares del organismo, que resultan en la creación de grupos neuronales de asociaciones con contenido representacional, afectivo, y comportamental (Gendler 2008a). Por consiguiente, el *alief* del puente estaría representacional, comportamental y afectivamente guiado, y al tratarse de un estado y no de una actitud, su representación no contradice la creencia de que el puente es seguro, sencillamente porque no hay oportunidad de contradecirla; son de naturalezas diferentes y gracias a esto es que el *alief* despliega su carácter *arracional* (Hubbs 2013).

La representación del *alief*, entonces, se concentra en la creación y activación de redes neuronales que son enriquecidas por la percepción interna y externa al sujeto de la experiencia en el contexto. Como la activación de las redes depende de la situación particular en la que se encuentre el organismo, así como de su historia previa de relación con el mundo, la producción de conducta también se ajusta al momento inmediato (Bermúdez 2016; Gendler 2008a; 2008b; Hubbs 2013).

Ahora, dependiendo de la consecuencia de la acción, o se fortalecen las conexiones neuronales previas, o se crean nuevas de ellas integrando otros contenidos representacionales, afectivos y comportamentales (Bermúdez 2016; Hubbs 2013). Esto implica que si el organismo a futuro vuelve a entrar en contacto con alguno de los elementos sensibles a activar la red neuronal, habrá, por valor *coactivable*, un mayor número respuestas que podrán replicarse.

Por otra parte, Gendler (2008a, 2008b) comenta que la caracterización de los *aliefs* como estados mentales asociativos involucra aspectos relacionados con la *automaticidad*, puesto que su emergencia ocurre independientemente de la intervención de la conciencia. Por ello, la explicación de la acción humana producto del *alief* no está soportada por aspectos de la razón, sino por los hábitos de respuesta contenidos en las conexiones neuronales, haciendo del alief un estado mental *rígido* y de difícil modificación (Giraldo 2017).

Al ser caracterizado como un estado mental dependiente del sistema corporal para su manifestación, de corte asociativo, arracional, rígido, automático y coactivable, el alief es concebido como presente en otras criaturas (por ejemplo, animales no humanos sin aptitud lingüística y animales humanos prelingüísticos) con la capacidad de establecer rutas neuronales y, en esta medida, de responder diferencialmente a características del ambiente (Albahari 2014; Bermúdez 2016; Gendler 2008b).

Por último, el reconocimiento del cerebro-cuerpo como base sobre la que ocurren los estados mentales (como los *aliefs* y las creencias) permite revalorar la idea clásica a la que alude Posada (2007), según la cual la propensión a la verdad es una condición exclusiva de la creencia. Si del cuerpo parten los estados mentales, entonces, será menester de todo el sistema corporal, en donde se halla contenido el cerebro, poder dirigir al organismo hacia eso que se ha significado funcionalmente relevante o verdadero (por ejemplo, una anguila que ha aprendido a identificar sus presas por los colores de sus escamas, puede cometer un falso positivo al morder una piedra con estos mismos colores, sin que eso quiera decir que su hábito de identificación ha fallado) (Albahari 2014; Glüer & Wikforss 2013).

CONCLUSIONES

La orientación situada sujeto-entorno ha permitido introducir cambios en la manera en que se ha pensado la cognición, rechazando la existencia de una norma explicativa de la acción basada en abstracciones lingüísticas, centrándose en la interacción entre el cuerpo y el entorno, y con ello, en la conducta observable como un dato sensible para conceptualizar el psiquismo humano. De ahí que el compromiso del intelectualismo con la idea situada de cognición propia de la orientación sujeto-entorno permitiera al paradigma extender sus postulados para así cobijar tanto aspectos corporales como medioambientales dentro de la explicación de la acción humana.

Debido a esto, el *intelectualismo situado* replanteó los conceptos claves de representación, intencionalidad y centro de procesamiento, posicionando los procesos cerebrales y corporales como *constitutivos parciales* de la cognición. La intencionalidad partirá del acople del cuerpo con el mundo gracias a la acción y la vivencia perceptiva del mismo cuerpo, tomando la forma *dirigida-a*. Se asume entonces que las sensaciones son insumos necesarios para el desarrollo de representaciones neurológicas, y con ellas, de pautas de acción.

Aunque el intelectualismo situado presupone el cerebro como centro de procesamiento, dicha apuesta logra poner en entredicho la necesidad de justificar una jerarquía orgánica. Si bien el cerebro es el órgano que soporta las redes neurológicas enriquecidas de las experiencias que el cuerpo tiene de su entorno, este requiere del cuerpo tanto para activarlas como para modificarlas. Por ello, se piensa que la acción no está del todo determinada por el cerebro y que el cuerpo moldea la forma en que percibimos, pensamos y accedemos al mundo (Castro, Flórez & Sierra 2012; López 2017).

Ahora, al ser el intelectualismo situado una apuesta intelectualista, retoma el uso de los estados mentales como parte de su explicación de la conducta. El recurso de las redes neuronales, que se crean y modifican constantemente de las experiencias del sujeto, invita a concebir un principio asociativo para la existencia de estados mentales. Las redes neuronales se activan ante el encuentro con un objeto que ha adquirido significación corporal, hecho que acarrea la emergencia asociada de afectos y conductas que se *dirigen-a* dicho estímulo.

El *alief* es expuesto como un estado mental asociativo no lingüístico, que emerge del entramado neurológico. Por ello, este es compatible con la noción de representación de redes neuronales, la idea de cerebro como centro de procesamiento de información y la intencionalidad *dirigida-a* del intelectualismo situado. Aun así, los *aliefs* no pretenden reducir el valor explicativo que tienen los estados mentales proposicionales, sino que complementan las explicaciones que parten del concepto de creencia (Hubbs 2013). El compromiso con la categoría de *alief* se afianza desde la función explicativa que posibilita, antes que desde las claridades teóricas que aporta. En palabras de Miyazono:

No tener una definición muy clara de un estado mental no da una buena razón para negar la existencia del estado. Estamos comprometidos con la existencia de creencias, deseos y otros estados mentales, no porque estén claramente definidos, sino porque son explicativamente útiles (2018 78; traducción propia).

En este sentido, el intelectualismo situado, por medio de los *aliefs*, permite entender que parte del comportamiento humano está guiado por un carácter automático, en donde el ejercicio de la razón no interfiere la vivencia de tal estado mental, ya que la naturaleza de la representación del *alief* involucra un espacio previo a la reflexión soportado desde procesos de habituación. Por ello se hace difícil su modificación, ya que acarrea toda una historia previa de contacto con el mundo, cargada funcional y afectivamente.

Para identificar un *alief*, se ha de centrar la atención en las conductas observables (*e. g.*, posturas, movimientos, gestos, expresiones y acciones) y no en un análisis lógico discursivo. Por este motivo, el intelectualismo situado considera como agentes no solo a los seres humanos sino a otros animales no humanos, argumentando a favor de la investigación animal como un recurso desde donde poder trazar futuras líneas de investigación y así ampliar el horizonte investigativo acerca del psiquismo.

Por último, desde el intelectualismo situado, los *aliefs* funcionan como una herramienta para explicar cómo el sistema corporal construye y exhibe conductas especializadas o habituales. A su vez, las redes neuronales constituyen una parte del me-

canismo biológico que posibilita la cognición, pero que solo se completa mediante la vivencia perceptiva que conecta el cuerpo con los objetos del medio. Esto permite pensar que la conducta siempre ocurre en un tiempo y un espacio, que los patrones de activación neuronal devienen en disposiciones de acción que se extienden tanto al cuerpo como al mundo, y que responder selectivamente a la evidencia y responder a reflexiones son dos procesos distintos (Glüer & Wikforss 2013).

TRABAJOS CITADOS

- Albahari, Miri. "Alief or Belief? A Contextual Approach to Belief Ascription". *Philosophical Studies* 167.3 (2014): 701-720. <<https://doi.org/10.1007/s11098-013-0122-x>>
- Alonso, Oriol. "La evolución de la intencionalidad de la conciencia: de la conciencia intencional descarnada de Brentano a la intencionalidad operante de Merleau-Ponty". *Estudios de Psicología* 32.3 (2014): 419-430. <<https://doi.org/10.1174/021093911797898501>>
- Angulo, Carolina. *La "Fenomenología de la percepción" de Merleau-Ponty como sustento del enfoque enactivo de la cognición*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, 2017. <<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59249>>
- Barsalou, Lawrence W. "Situated Conceptualization". *Handbook of Categorization in Cognitive Science*. Eds. Henri Cohen y Claire Lefebvre. Amsterdam: Elsevier Science, 2005. 619-650. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101107-2.00030-0>>
- Benítez, Antonio. "El concepto de representación en Brentano". *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía* (2005): 229-248. <<https://doi.org/10.24310/Contrastescontrastes.v0i0.1370>>
- Bermúdez, Juan Pablo. *Automaticity and Control in Human Action*. Tesis doctoral. University of Toronto, 2016. <<http://hdl.handle.net/1807/75994>>

- _____. “Do We Reflect While Performing Skillful Actions? Automaticity, Control, and the Perils of Distraction”. *Philosophical Psychology* 30.7 (2017): 896-924. <<https://doi.org/10.1080/09515089.2017.1325457>>
- Bosch, Magdalena. “La intencionalidad que recuperó Brentano”. *Actes del Primer Congrés Català de Filosofia*. 2010. 638-652. <<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000221/00000066.pdf>>
- Brentano, Franz. “De distinción entre los fenómenos psíquicos y los fenómenos físicos”. *Psicología*. Buenos Aires: Schapire, 1946. 9-43. <http://www.psi.uba.ar/institucional/historia/psicologia/anticuario_biblioteca/archivos/brentano_psicologia.pdf>
- Calvo, Paco y John Symons. “Introduction: What has Philosophy of Psychology Become?” *The Routledge Companion to Philosophy of Psychology*. Hoboken: Taylor & Francis, 2009. 180-192.
- Castro-Martínez, Jaime, Rita Flórez-Romero y Hernán Sierra-Mejía. “Una revisión de las relaciones entre los sistemas dinámicos y la psicología del desarrollo”. *Suma Psicológica* 19.2 (2012): 109-130. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-43812012000200009&lng=en&nrm=iso>.
- Cave, Terence. “Situated Cognition: The Literary Archive”. *Poetics Today* 38.2 (2017): 235-253. <<https://doi.org/10.1215/03335372-3868486>>
- Clark, Andy. “Dynamics”. *Mindware: An introduction to the Philosophy of Cognitive Science*. Ed. Andy Clark. New York: Oxford University Press, 2001. 120-139.
- _____. *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*. New York: Oxford University Press, 2008.
- Clark, Andy y David Chalmers. “The Extended Mind”. *Analysis* 58.1 (1998): 7-19. <<https://doi-org.eres.qnl.qa/10.1093/analys/58.1.7>>
- Colombo, María Elena. *La acción intencional*. Buenos Aires: Educando, 2012.
- Da-Rold, Federico. “Defining Embodied Cognition: The Problem of Situatedness”. *New Ideas in Psychology* 51.1 (2018): 9-14. <<https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2018.04.001>>

- Díaz, Wilson. “El criterio de lo mental en Franz Brentano”. *Revista Internacional de Filosofía* 1.1 (2013): 95-106. <<https://revistamutatismutandis.com/index.php/mutatismutandis/article/view/67>>
- Espinal, Cruz Elena. “El cuerpo: un modo de existencia ambiguo. Aproximación a la filosofía del cuerpo en la fenomenología de Merleau-Ponty”. *Revista Coherencia* 8.15 (2011): 187-217. <<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/co-herencia/article/view/610>>
- Gallagher, Shaun. “Decentering the Brain: Embodied Cognition and the Critique of Neurocentrism and Narrow-Minded Philosophy of Mind”. *Constructivist Foundations* 14.1 (2018): 8-21.
- García, Carlos Alberto. “El papel del deseo en la ética de Aristóteles”. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- Garson, J. “Connectionism, 1997”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2018. <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/connectionism/>>
- Gendler, Tamar. “Alief and Belief”. *Journal of Philosophy* 105.10 (2008a): 634-663.
- _____. “Alief in Action (and Reaction)”. *Mind & Language* 23.5 (2008b): 552-585.
- Giraldo, Ana María. “La arracionalidad y la posibilidad de una teoría unificada de la acción”. *Discusiones Filosóficas* 18.30 (2017): 97-106. <<https://paperity.org/p/192675396/la-arracionalidad-y-la-posibilidad-de-una-teoria-unificada-de-la-accion>>
- Glüer, Kathrin y Åsa Wikforss. “Aiming at Truth: On the Role of Belief”. *Teorema* 32.3 (2013): 137-162.
- Gómez, Laura. “Libertad de acción y cambio de carácter en Aristóteles”. *Discusiones Filosóficas*. 14.22 (2013): 205-217. <<https://paperity.org/p/187938946/libertad-de-accion-y-cambio-de-caracter-en-aristoteles>>
- Hubbs, Graham. “Alief and Explanation”. *Metaphilosophy* 44.5 (2013): 604-620. <<https://doi.org/10.1111/meta.12056>>
- Husserl, Edmund. *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica*. México: Fondo de Cultura Económica, 1977.

- Hutto, Daniel y Erick Myrin. "Going Radical". *The Oxford Handbook of 4E Cognition*. Eds. Leon de Bruin, Shaun Gallagher y Albert Newen. Oxford University Press, Online 2018. 251-279. <10.1093/oxfordhb/9780198735410.013.5>
- Lobo, Lorena, Manuel Heras y David Travieso. "The History and Philosophy of Ecological Psychology". *Frontiers in Psychology* 27.1 (2018): 1-15. <<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02228>>
- López, Antonio. "Teoría de sistemas dinámicos y desarrollo infantil. Una perspectiva desde la filosofía de las ciencias cognitivas". *Revista en Estudios en Movimiento* 4.2 (2017): 29-37. <https://www.reem.cl/descargas/reem_v4n2_a5.pdf>
- Lourdes, María. "La epojé como ruptura de la actitud natural: Husserl y Sartre". *Universidad de Antioquia* 2.5 (2014): 78-87. <<https://revistas.udea.edu.co/index.php/versiones/article/view/22521>>
- Markman, Arthur. "Representation and the Brain". *The Routledge Companion to Philosophy of Psychology*. Eds. Paco Calvo y John Symons. London: Routledge, 2009. 373-386.
- Mendoza, José Emmanuel. "4E's de la cognición: ¿una o muchas formas de entender la 'cognición?'". *Instituto de Investigaciones Filosóficas UNAM*, 2018.
- Mendoza, Ricardo. "La fenomenología como teoría del conocimiento: Husserl sobre la epojé y la modificación de neutralidad". *Revista de Filosofía* 43.1 (2017): 121-138. <<https://doi.org/10.5209/RESF.60203>>
- Merleau-Ponty, Maurice. *Fenomenología de la percepción*. Barcelona: Planeta, 1993.
- Miyazono, Kengo. "Vivid Representations and their Effects". *Rivista Internazionale Di Filosofia e Psicologia* 9.1 (2018): 73-80. <10.4453/rifp.2018.0007>
- Nigris, Francesco. "Intencionalidad, pasividad y autoconciencia en la fenomenología de Husserl". *Ideas y Valores* 64.57 (2015): 215-250.
- O'Brien, Lilian. "Action Explanation and its Presuppositions". *Canadian Journal of Philosophy* 49.1 (2018): 123-146. <<https://doi.org/10.1080/00455091.2018.1518629>>
- Pezzulo, Giovanni. "Grounding Procedural and Declarative Knowledge in Sensorimotor Anticipation". *Mind & Language* 26.1 (2011): 78-114.

- Posada, Gregorio. *La noción tripartita del conocimiento: una introducción a la epistemología*. Manizales: Universidad de Caldas, 2007.
- Pritchard, David. "Situated Cognition and the Function of Behavior". *Comparative Cognition & Behavior Reviews* 13.1 (2018): 35-40. <10.3819/CCBR.2018.130005>
- Schlicht, Tobias. "Critical Note Cognitive Systems and the Dynamics of Representing-in-the-World". *The Oxford Handbook of 4E cognition*. Eds. Leon de Bruin, Shaun Gallagher y Albert Newen. Oxford: Oxford University Press, 2018. 242-266. <10.1093/oxfordhb/9780198735410.013.11>
- Schöner Gregor y Sebastián Schneegans. "Dynamic Field Theory as a Framework for Understanding Embodied Cognition". *Handbook of Cognitive Science: An Embodied Approach*. Eds. Antoni Gomila y Paco Calvo. Elsevier, 2008. 241-273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-046616-3.00013-X>
- Steiner, Pierre. "A Problem for Representationalist Versions of Extended Cognition". *Journal Philosophical Psychology* 28.1 (2013): 184-202. <https://doi.org/10.1080/09515089.2013.811482>
- _____. "Enacting Anti-Representationalism. The Scope and the Limits of Enactive Critiques of Representationalism". *AVANT. The Journal of the Philosophical-Interdisciplinary Vanguard* 5.2 (2014): 43-86. <10.26913/50202014.0109.0003>
- Thagard, Paul. "Introduction to the Philosophy of Psychology and Cognitive Science". *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*. North Holland: North Holland, 2007.
- Vallejo, Ximena. "Carácter, razón y pasión en la ética de Aristóteles". *Criterio Jurídico* 6.1 (2006): 327-352. <https://revistas.javerianacali.edu.co/index.php/criteriojuridico/article/view/262>
- Vendrell, Ingrid. "La ética de las emociones de Francisco Brentano". *Anuario Filosófico* 45.1 (2012): 145-173. <https://hdl.handle.net/10171/22900>
- Wagner, Wolfgang. "Representation in Action". *The Cambridge Handbook of Social Representations*. Eds. E. Andreouli, G. Gaskell, G. Sammut y J. Valsiner. Cambridge University Press, 2015. 12-29. <10.1017/CBO9781107323650.004>

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: MODELOS, PROBLEMAS E INCERTIDUMBRES*

PHILOSOPHY OF CLIMATE SCIENCE: MODELS, PROBLEMS AND UNCERTAINTIES

CARLOS M. MADRID CASADO
Fundación Gustavo Bueno
Oviedo, España.
cmadrid@fgbueno.es



RESUMEN

El objetivo de este artículo es mostrar los problemas de la filosofía de la ciencia que enfrentan los investigadores del cambio climático. El tópico de la carga teórica de la observación aparece dentro del campo como una indispensabilidad de modelos teóricos en la detección y atribución del cambio climático. La infra-determinación empírica de los modelos se acompaña de una incertidumbre de valores (de series instrumentales y datos *proxy*) y una incertidumbre estructural, relativa a la especificación de los acoplamientos y forzamientos radiactivos. Se examina, además, el realismo de los modelos globales en conexión con su calibración y las proyecciones climáticas.

Palabras clave: calentamiento global; detección; atribución; modelos climáticos; incertidumbres; epistemología; realismo científico.

* Este artículo se debe citar: Madrid Casado, Carlos M. "Filosofía de la ciencia del cambio climático: modelos, problemas e incertidumbres". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 201-234. <https://doi.org/10.18270/rfc.v20i41.3193>

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the epistemological problems that researchers of climate change face. The topic of theory-laden observation appears within the field as an indispensability of theoretical models in detecting and attributing climate change. The empirical underdetermination of models is accompanied by an uncertainty of values (of instrumental series and proxy-data) and a structural uncertainty (relative to couplings and radiative forcings). Finally, the article examines the realism of global climate models in connection with their calibration, deterministic chaos and climate projections.

Keywords: global warming; detection; attribution; climate models; uncertainties; epistemology; scientific realism.

1. INTRODUCCIÓN: LA(S) CIENCIA(S) DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es un problema poliédrico. Tiene una cara científica, pero también una cara económica, otra política y aun otra filosófica, que interseca con la epistemología. En cuanto problema científico, se trata de una cuestión multidisciplinaria, porque en ella intervienen climatólogos, meteorólogos, físicos, matemáticos, programadores informáticos, geólogos, biólogos, entre otros. La razón de esta polidisciplinaria radica en que el llamado clima global es un sistema complejo, formado por cinco subsistemas: la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera, la criosfera y la biosfera (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2013a). En consecuencia, más que una ciencia del cambio climático o una ciencia del clima (*climate science*), se encuentra una pluralidad de ciencias involucradas en la investigación del cambio climático. Son las ciencias del sistema Tierra: climatología, meteorología, oceanografía, geología, ecología, etcétera.

El despegue de las ciencias de la Tierra se produjo durante la Guerra Fría, cuando Estados Unidos y la antigua Unión Soviética pugnarón por controlar tanto

el espacio como las profundidades marinas. La Tierra o, más bien, ciertas partes del planeta, como la atmósfera, fueron conducidas al laboratorio (Pogdorny 2005). No obstante, pese a que el rótulo hiciera fortuna en la década de 1980 impulsado por la NASA, no existe una ciencia unificada del sistema Tierra, sino una variedad de ciencias que estudian diferentes aspectos interconectados del medioambiente global (Álvarez Muñoz 2004).

El objetivo de este artículo es señalar los problemas epistemológicos a que se enfrentan los científicos del cambio climático. A continuación, en la segunda sección, introducimos la cuestión de cómo definir el clima y en la tercera exponemos brevemente el consenso de la comunidad científica sobre el calentamiento global antropogénico. En la cuarta, analizamos los problemas que suscita el concepto de temperatura media global y recogemos una primera fuente de incertidumbre: los valores de las series instrumentales. En la quinta sección, al tiempo que estudiamos las variaciones de la temperatura global en el pasado, examinamos la incertidumbre de los valores asociados a datos *proxy*.

Tras estudiar la detección del cambio climático, discutimos su atribución. Así, en la sexta sección, reconstruimos la estimación de los forzamientos radiactivos y, en especial, del efecto invernadero debido al dióxido de carbono. En la siguiente sección, tras describir los modelos climáticos globales, explicamos cómo se usan para realizar inferencias causales. Después, en la octava sección, consideramos los problemas relacionados con la proyección climática, deteniéndonos, en particular, en el caos determinista y la cuestión de cómo asignar probabilidades a los ensembles de modelos. En la parte final, examinamos cómo la calibración de los parámetros del modelo implica que su verificación o falsación se torne difícil, de lo que resulta una incertidumbre estructural inherente a los modelos climáticos.

2. LA DEFINICIÓN DE CLIMA

Mientras que el tiempo meteorológico cambia hora a hora, el clima es el estado promedio, es decir, el estado más frecuente, menos anómalo, de la atmósfera sobre un

lugar a lo largo de treinta años. Es la distribución del tiempo meteorológico sobre ese lugar durante ese intervalo de años (IPCC 2013a). Sin embargo, conviene advertir el convencionalismo que flota sobre la definición de clima; porque, aunque los geógrafos tradicionalmente preferían periodos más largos, meteorólogos y climatólogos consensuaron periodos-base de treinta años y, últimamente, algunos investigadores proponen periodos incluso más cortos. Esta norma estándar fue adoptada por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por su sigla en inglés) (fundada en 1950) recogiendo prácticas históricas que se remontaban a la primera mitad del siglo XX. Pero la referencia a un periodo-base de treinta años se estableció porque la primera vez que se hizo esa recomendación solo se disponía de datos correspondientes a ese número de años (WMO 2011).

Frente a esta definición empirista, los científicos del clima manejan actualmente otra, en la que el clima ya no es la distribución estadística de las condiciones meteorológicas observadas sino el *atractor* —en el sentido de la teoría matemática de los sistemas dinámicos— del modelo climático bajo estudio (Parker 2018; Werndl 2016). Esta definición teórica soslaya el convencionalismo asociado a la definición empirista, pero no se ha impuesto en la comunidad científica, porque su referencia directa no es la observación de un lugar determinado sino un modelo matemático.

3. EL CONSENSO SOBRE EL CALENTAMIENTO GLOBAL ANTROPOGÉNICO

La teoría del cambio climático consiste básicamente en la conjunción de dos hipótesis que poseen un grado distinto de corroboración: a) existe un calentamiento global de la Tierra y b) la causa dominante del calentamiento global es el efecto invernadero provocado por las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de origen antrópico.¹

¹ El término *calentamiento global* (*global warming*) fue acuñado por Wallace Broecker en un artículo de 1975 titulado “Climate Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?”.

En su quinto y último informe de evaluación (AR5), el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, por su nombre en inglés) afirma que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y cifra el calentamiento global de 1880 a 2012 en 0.85 °C (IPCC 2013b). Además, concreta que “en el hemisferio norte es probable que el periodo 1983-2012 haya sido el periodo de 30 años más cálido de los últimos 1400 años” (IPCC 2013b).²

En la figura 1 podemos observar la evolución de la temperatura media global. Se observa que el ritmo de calentamiento del planeta desde el final de la Pequeña Edad de Hielo, a finales del siglo XIX, no ha sido constante. Entre 1940 y 1975, el calentamiento se frenó, dando paso a un ligero enfriamiento. Pero, desde 1980, el ritmo de calentamiento se ha acentuado notablemente. No obstante, entre 1998 y 2012 este ritmo volvió a frenarse (un hecho, como veremos, difícil de reproducir y explicar por los modelos climáticos).

Ahora bien, todo lo que sabemos del cambio climático depende, como vamos a comprobar, de modelos dinámicos o estadísticos, tanto de modelos teóricos (de cómo se construyen los modelos globales para reproducir las observaciones y hacer predicciones) como de modelos de los datos (es decir, de cómo se modelan las observaciones). Los datos hacen los modelos globales, pero los modelos de los datos también hacen los datos, pues no hay datos en bruto y los registros climáticos son periódicamente reanalizados mediante diversas técnicas (*data assimilation, analysis, reanalysis*). La carga teórica de la observación es uno de los tópicos de la filosofía de la ciencia más presentes en las ciencias del cambio climático: “there is no such thing as an observation separate from modeling” (Edwards 2010 352). Tanto la *detección* como la *atribución* del cambio climático dependen fundamentalmente del empleo

² El IPCC emplea el término *probable* en el sentido de al menos un 66 % de probabilidad, es decir, que la afirmación en que se incluye tiene a lo sumo un 34 % de posibilidades de ser falsa, un margen de error que no debe despreciarse. En la octava sección analizamos el tratamiento de la incertidumbre en el AR5.

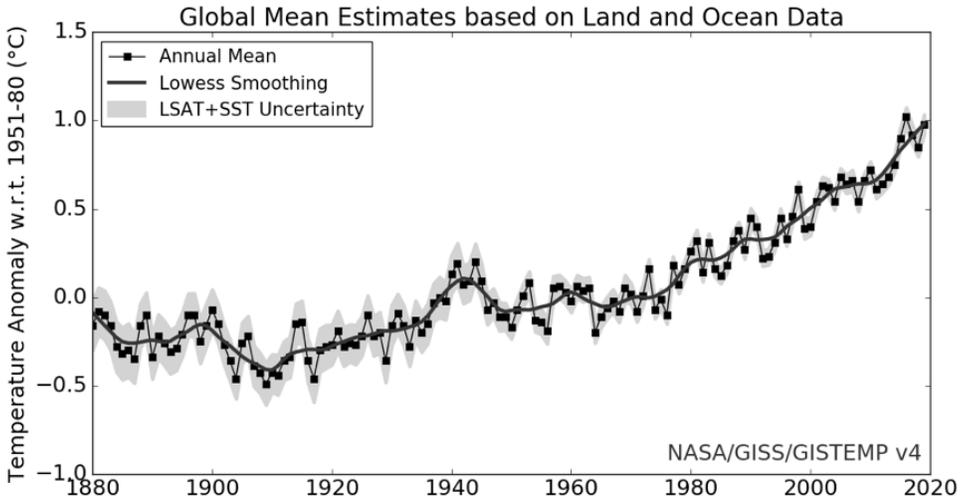


Figura 1. Reconstrucción de la temperatura media global.

Izquierda: Anomalía de la Temperatura con respecto al periodo 1951-1980 en °C

Arriba: Temperatura media global estimada a partir de datos en tierra y océano.

Dentro: Media Anual; Serie suavizada; Incertidumbre total.

Incertidumbre total sobre tierra y mar.

Fuente: NASA GISS https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/

de modelos, pero esta metodología no está libre de problemas epistemológicos.³ Comencemos estudiando las cuestiones que se plantean en la detección del cambio climático y, en especial, cómo se define esa temperatura global de la que hablan los expertos.

³ El glosario del IPCC define la *detección del cambio climático* de este modo: “the process of demonstrating that climate or a system affected by climate has changed in some defined statistical sense, without providing a reason for that change” (IPCC 2013a 1452). La atribución busca, en cambio, la causa o las causas detrás de ese cambio observado en el clima terrestre.

4. LA DEFINICIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL Y LA INCERTIDUMBRE EN LAS SERIES INSTRUMENTALES

Mientras que la temperatura local en un cierto lugar, al igual que el tiempo meteorológico, se observa y se mide, la temperatura global del planeta, como el clima, es fruto de un cálculo, de una estimación estadística, dado que no se conoce la temperatura más que en una cantidad discreta de lugares y momentos. No existe algo así como un termómetro global que pudiéramos poner a la Tierra para conocer su temperatura precisa, porque el planeta no está en equilibrio termodinámico. La temperatura global es, por tanto, el resultado de un promedio que puede calcularse de diferentes maneras a partir de los datos que arrojan las estaciones meteorológicas, los globos sonda, las boyas marinas y los satélites (Essex et ál. 2007).

Generalmente, la *temperatura media* de un lugar concreto se calcula del siguiente modo: se suma la máxima y la mínima de cada día, dividiendo por dos, obteniéndose la temperatura media del día;⁴ se repite este protocolo durante cada día del año y, finalmente, se calcula la media de todas estas temperaturas (WMO 2011). No obstante, no todos los Estados lo hacen o lo han hecho así: en la antigua Unión Soviética, por ejemplo, la temperatura media diaria se calculaba sumando las temperaturas a la 1, a las 7, a las 13 y a las 19 horas, dividiendo a continuación por cuatro (Edwards 2010).

Existe, además, un problema de cantidad y calidad con los datos de partida: no siempre ha existido una red de estaciones meteorológicas espacial y temporalmente bien distribuida (el uso de globos sonda se generalizó a partir de 1950 y el de satélites climáticos a partir de 1980). En efecto, solo los registros de mil estaciones del mundo abarcan todo el siglo xx, y todas ellas están situadas en tierra y en el hemisferio norte, cerca en su mayoría de ciudades europeas y norteamericanas.

⁴ A pesar de la pérdida de representatividad que este proceder puede suponer en lugares con mucha variabilidad térmica, donde la mediana sería un estadístico más representativo de la temperatura que la media aritmética, solo algunos países, como Australia, emplean la mediana en lugar de la media en sus atlas climáticos.

Por su emplazamiento, muchas de las estaciones están sujetas al efecto isla de calor de las ciudades. Este y otros sesgos (como los cambios en la instrumentación o en la localización) obligan a homogeneizar las series instrumentales, eliminando los datos anómalos y ajustando el resto. Sin embargo, los procedimientos de homogeneización e interpolación no son unívocos y, como ejemplo de las tensiones ocasionadas en el tratamiento de datos, el anuncio del Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA (GISS) en el 2010 de que 2009 había sido el segundo año más cálido del planeta desde que se tiene registro (solo detrás del 2005) fue cuestionado por el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (Schmidt 2010).

En suma, el mallado de observatorios con que se ha calculado la variación de la temperatura global a lo largo del siglo pasado es pobre y está mal repartido, pues el hemisferio sur y los océanos no están en general cubiertos. Los científicos del clima tienen aquí una primera fuente de incertidumbre: una *incertidumbre de valores*. Mientras que en su artículo pionero Guy Stewart Callendar (1938) tomó en cuenta los datos de unas 200 estaciones para reconstruir la evolución de la temperatura global, Brohan et ál. (2006) consideró 4349, cifra que Richard A. Muller ha aumentado hasta las 36 866 (Rohde et ál. 2013), a fin de estimar con mayor precisión la curva de temperaturas entre 1850 y 1950, donde más incertidumbre hay.⁵

5. LA INCERTIDUMBRE EN LOS DATOS PROXY

Dando por satisfactoria la construcción de ese estimador del clima terrestre denominado temperatura global y apoyándose en otros indicadores físicos (volumen de los glaciares, cobertura de nieve, entre otros), los científicos se preguntan si resulta anormal el calentamiento global en casi un grado centígrado durante el último siglo.

⁵ Un obstáculo mayor se levanta al estudiar otras variables climáticas, como la precipitación, el nivel del mar o el número de fenómenos extremos, que cuentan con series instrumentales más cortas y de menos calidad.

Para ello, acuden a la paleoclimatología, que estudia las variaciones climáticas de la Tierra a lo largo de su historia.

La variabilidad es una de las características esenciales de la temperatura global, que cambia continuamente como consecuencia de diversos factores (como erupciones volcánicas o el fenómeno de El Niño). Si se mira con atención la gráfica de la evolución de la temperatura global desde 1880 hasta el presente (véase figura 1), se observa cómo la temperatura global ha bajado y subido, y que el actual periodo de calentamiento comenzó aproximadamente en 1975, justo cuando terminó un periodo de enfriamiento que tuvo su inicio en 1940. Durante la Guerra Fría, una fracción de la comunidad científica barajaba la teoría del enfriamiento global. Algunos científicos afirmaban que la actividad humana, al aumentar la contaminación atmosférica, estaba haciendo el aire más opaco, lo cual dificultaba la llegada de la radiación solar.

Si se sigue regresando en el tiempo, se observa que durante el primer tercio del siglo xx se produjo otro periodo de calentamiento, pues el calentamiento como tendencia no es algo reciente, sino que se inició en el siglo xix, como consecuencia del final de la Pequeña Edad de Hielo (producto de un mínimo solar y de una elevada actividad volcánica, que duró desde el siglo xv hasta entrado el xix). Esta etapa puso fin, a su vez, al Periodo Cálido Medieval, coincidente con un máximo solar. Más atrás se encuentra el óptimo climático del Holoceno, un periodo cálido que comenzó alrededor del 7500 a. C. y duró hasta el 2500 a. C., cuando se inició un enfriamiento gradual que no concluyó hasta el Periodo Cálido Medieval (Marcott et ál. 2013).

En determinados momentos de la historia geológica del planeta, la temperatura media global ha fluctuado abruptamente (IPCC 2013a). Sin embargo, la brevedad de las series meteorológicas instrumentales, que no se retrotraen más allá de 1850, obliga al empleo de datos *proxy* o datos climáticos extraídos indirectamente para el establecimiento de las tendencias climáticas, como el análisis del aire fósil atrapado en burbujas de testigos de hielo, la datación de sedimentos lacustres o el estudio de los anillos de los árboles. El problema es que los científicos se encuentran aquí con una *incertidumbre de valores* reforzada. Así recoge esta clase de incertidumbre el AR5:

The fundamental limitations for deriving past temperature variability at global/hemispheric scales are the relatively short instrumental period and the number, temporal and geographical distribution, reliability and climate signal of proxy records. The database of high-resolution proxies has been expanded since AR4, but data are still sparse in the tropics, southern hemisphere and over the oceans (IPCC 2013a 411).

La reconstrucción de las temperaturas del pasado a partir de datos *proxy* no siempre es fiable, como puso de manifiesto la controversia sobre el *palo de hockey* de Mann et ál. (1998), un gráfico donde parecía como si durante el último milenio no hubiese pasado nada relevante hasta el calentamiento del siglo xx. Sin embargo, varios grupos publicaron estudios críticos que matizaban la gráfica (McIntyre & McKittrick 2003; Storch et ál. 2004).⁶ Actualmente, el IPCC (2013b) reconoce que entre los años 950 y 1250 las temperaturas fueron tan cálidas en algunas regiones como a finales del siglo xx. Se ha pasado del palo de hockey del informe de 2001 al *plato de espaguetis* del informe de 2013 (Frank et ál. 2010). A día de hoy, se dispone de múltiples reconstrucciones de la temperatura en el hemisferio norte usando diferentes *proxies*. No obstante, los paleoclimatólogos continúan trabajando para reducir la incertidumbre en las variaciones seculares de la temperatura, así como en extender su validez espacial.

⁶ En relación con esta controversia es interesante referirse, desde el punto de vista de la sociología del conocimiento científico, al llamado “climategate”, es decir, al desvelamiento como consecuencia de un ataque informático en el 2009 de los correos cruzados entre científicos del clima pertenecientes en su mayoría a la Universidad de East Anglia (Reino Unido). Aunque el contenido de estos correos se ha exagerado por parte de los *negacionistas*, muestran cómo los científicos discuten la posibilidad de corregir ciertos datos o presentar de otra manera algunas gráficas para que cuadren mejor con la teoría aceptada del calentamiento global, estrategias típicas de los paradigmas, como sabemos desde Kuhn, y que no constituyen necesariamente mala praxis.

6. EL EFECTO INVERNADERO Y LA ESTIMACIÓN DE LOS FORZAMIENTOS CLIMÁTICOS

Tras haber estudiado la detección del cambio climático en el presente y en el pasado, vamos a analizar cómo se realiza su atribución. Para ello hay que fijarse en el dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero (GEI), que retiene parte de la energía que la superficie de la Tierra emite como consecuencia de haber sido calentada por el Sol, recreando analógicamente lo que sucede en un invernadero común.

En 1824, Joseph Fourier conjeturó que algunos gases contribuyen a calentar la atmósfera. En 1861, John Tyndall identificó en el laboratorio algunos de estos gases, como el vapor de agua o el CO_2 . En 1896 el científico sueco Svante Arrhenius publicó un artículo sobre la influencia del CO_2 sobre la temperatura en superficie,⁷ pero fue Callendar (1938) quien propuso la conexión entre calentamiento y CO_2 antropogénico. Basándose en las mediciones de temperatura y CO_2 que logró reunir, Callendar planteó que la producción artificial de dióxido de carbono influía en la temperatura, pero su investigación fue recibida como una coincidencia, dado que las mediciones de que disponía eran en su mayoría de estaciones por encima del paralelo 45° norte.

La comunidad científica volvió a interesarse por la cuestión en la década de los cincuenta. Como parte del Año Geofísico Internacional 1957-1958, comenzó a medirse la concentración de CO_2 en el observatorio de Mauna Loa. La monitorización continuada determinó, pasados los años, una curva monótona creciente: la

⁷ En relación con esta controversia es interesante referirse, desde el punto de vista de la sociología del conocimiento científico, al llamado “climategate”, es decir, al desvelamiento como consecuencia de un ataque informático en el 2009 de los correos cruzados entre científicos del clima pertenecientes en su mayoría a la Universidad de East Anglia (Reino Unido). Aunque el contenido de estos correos se ha exagerado por parte de los *negacionistas*, muestran cómo los científicos discuten la posibilidad de corregir ciertos datos o presentar de otra manera algunas gráficas para que cuadren mejor con la teoría aceptada del calentamiento global, estrategias típicas de los paradigmas, como sabemos desde Kuhn, y que no constituyen necesariamente mala praxis.

curva de Keeling.⁸ En 1979, Jule Gregory Charney, uno de los líderes en la modelización y predicción del tiempo meteorológico, encabezó un informe elaborado para la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. donde concluía que el incremento en la concentración atmosférica de CO₂ conllevaría un calentamiento generalizado de la Tierra. Y, a finales de la siguiente década, en 1988, James Hansen, director del GISS, compareció ante el Senado de EE. UU. para alertar de que el calentamiento global era una realidad y su causa no era otra que el efecto invernadero provocado por el hombre (pues en el CO₂ atmosférico cada vez se encuentra mayor abundancia de cierto isótopo del carbono relacionado con la combustión de combustibles fósiles).

Ahora bien, al igual que ocurría con la temperatura, los científicos, una vez que disponen de mediciones de la concentración de CO₂ en el presente, buscan compararlas con medidas de la concentración de CO₂ en el pasado, para saber si se desvían de lo normal. Sin embargo, la estimación de los niveles de CO₂ anteriores al siglo XX no es fácil, ya que requiere del empleo de *proxies*, con lo cual aparece de nuevo una *incertidumbre de valores*.

Gracias a los estratos geológicos, se sabe que en la actualidad hay menos CO₂ en la atmósfera que en otros momentos de la historia de la Tierra, como el Eoceno inicial, cuando hubo concentraciones superiores a las 1000 ppm y temperaturas superiores a las actuales (IPCC 2013a). También se sabe que la concentración actual de CO₂ excede el rango que se ha mantenido durante los últimos 800 000 años (IPCC 2013a).

Atendiendo ahora al efecto en la temperatura, el dióxido de carbono no es, ni mucho menos, el principal GEI, que es el vapor de agua (responsable al menos del 60 %). Los científicos distinguen entre el efecto invernadero natural (que hace habitable la Tierra) y el efecto invernadero artificial, inducido por el hombre como consecuencia de la emisión industrial de CO₂, metano, óxido nitroso y otros gases.

⁸ La primera medición, de 1959, fue de 315.97 ppm y la concentración actual está ya por encima de las 400 ppm.

La dinámica del clima es mucho más compleja que aseverar que el CO_2 aumenta y la temperatura sube. La variabilidad de los niveles de CO_2 difícilmente explica el aumento de las temperaturas entre 1920 y 1940, cuando había bajos niveles, y mucho menos el enfriamiento producido entre 1940 y 1975, cuando se dio un notable crecimiento de las emisiones de origen humano. Además, los estudios paleoclimáticos muestran que la temperatura no sigue estrictamente los niveles de CO_2 : en múltiples reconstrucciones a escalas geológicas los picos de la temperatura acontecen unos 800-1300 años antes que los picos en la concentración de CO_2 (Stott et ál. 2007).

Aparte de los GEI, los científicos del clima barajan que detrás de la subida de la temperatura global pueden estar otros factores, tanto naturales como humanos, entre los cuales pueden darse complejas realimentaciones. Por un lado, factores naturales como la actividad solar. En el clima terrestre existe una fuerte influencia de los ciclos solares y el forzamiento solar ha podido ser en algún momento tan influyente como el forzamiento inducido por los GEI. La actividad del Sol ha sido inusualmente alta durante el siglo xx, pudiendo estar detrás del calentamiento anterior a 1940, pero, a lo sumo, solo del 30 % del calentamiento observado desde 1975 (Solanki & Krivova 2003). Por otro lado, procesos de origen humano, no relacionados directamente con la emisión de GEI, como el calor generado por la urbanización de los continentes o por los cambios en el uso del suelo, pueden contribuir también significativamente al calentamiento (Kalnay & Cai 2003).

Análogamente, al igual que existen factores naturales que tienden a enfriar el planeta (por ejemplo, la actividad volcánica), hay también factores humanos proclives a ello. Uno es el llamado oscurecimiento global, un fenómeno que refiere a la reducción gradual de la cantidad de luz solar que alcanza la superficie terrestre desde la década de 1940, y que es provocado por el incremento de partículas en suspensión como la carbonilla y los sulfatos. Pero aún no se conocen bien los efectos de los aerosoles; porque, aunque directamente parecen enfriar el clima global, enmascarando la acción de los GEI, también pueden contribuir a su calentamiento (por ejemplo, cuando el hollín se deposita sobre nieve, cambiando su albedo). De hecho, “la incertidumbre sobre el forzamiento debido a los aerosoles sigue siendo la contribución dominante a la incertidumbre global sobre el forzamiento neto antropógeno” (IPCC 2013b 114).

Pero, ¿cómo se conjugan todos estos factores (GEI, irradiación solar, aerosoles, entre otros) y sus forzamientos radiativos en el clima global? ¿Cuál es la combinación de estos factores que explica el calentamiento global observado? La atribución del cambio climático depende indispensablemente de la utilización de modelos climáticos.

7. LOS MODELOS GLOBALES Y LA ATRIBUCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El esfuerzo por modelar matemáticamente el clima fructificó durante la Guerra Fría, coincidiendo con el desarrollo en un contexto militar de las primeras computadoras. Lentamente se fue construyendo una jerarquía de modelos climáticos, desde los más simples (los modelos de balance de energía de M. Budyko y W. Sellers) hasta los más sofisticados, que tratan de cubrir toda la superficie terrestre. Los primeros *modelos de circulación general* fueron planteados por Norman Phillips, y mejorados por Suki Manabe y Richard Wetherald en la década de 1960. Estos modelos atmosféricos, empleados primero en la predicción meteorológica y luego en estudios climáticos, fueron incorporando acoplamientos y forzamientos adicionales.

En los actuales *modelos de clima global con acoplamiento*, el clima del planeta se representa mediante un sistema de ecuaciones diferenciales con varios ingredientes: 1) las ecuaciones que reflejan la evolución de las variables climáticas de acuerdo a leyes físicas (ecuaciones de Navier-Stokes, principios de conservación, etc.) y que describen el movimiento de un fluido compresible y estratificado sobre una esfera rugosa en rotación; 2) las ecuaciones que recogen los procesos de intercambio entre la atmósfera y los océanos, los continentes o la cobertura de hielo, y 3) ciertas ecuaciones que representan procesos de gran influencia en el clima, como la evaporación o la convección, pero que se producen a una escala espacial muy pequeña en comparación con los procesos climáticos globales.

Dada su extrema complejidad, el sistema de ecuaciones no tiene solución analítica explícita, y su resolución solo puede abordarse de forma aproximada mediante métodos numéricos, con la ayuda de supercomputadoras. Para ello, hay que trocear

la atmósfera en paralelepípedos, de unos 100-150 km de lado, y representar procesos atmosféricos como la convección o la formación de nubes, que ocurren a una escala inferior a la de la rejilla, mediante la introducción artificial de parámetros, que emulan esos fenómenos. De lo contrario, si se aumentara la resolución espacial para evitar estas incómodas parametrizaciones, el tiempo de cómputo se dispararía. En la comunidad científica internacional existe cerca de una treintena de modelos del clima global terrestre.

Estos modelos climáticos son la clave de la atribución del cambio climático detectado, porque están orientados a evaluar conjuntamente los factores naturales y humanos que afectan el clima, su forzamiento (positivo o negativo) en la evolución de la temperatura global. Una vez que los modelos consiguen reproducir la serie observacional de la temperatura media global, de la concentración de CO_2 , entre otros aspectos, entre 1880 y la actualidad, los científicos estudian si los forzamientos antropogénicos son estrictamente necesarios. Cuando los modelos se dejan correr actuando solo los factores naturales (irradiación solar, actividad volcánica, etc.), no reproducen la evolución de la temperatura global hasta el presente. En cambio, cuando se permite actuar en conjunto a ambas clases de forzamientos, ponderados de cierta manera, sí se reproduce aceptablemente el calentamiento global. El balance de todos los forzamientos naturales y antrópicos explicaría los $0.85\text{ }^\circ\text{C}$ de incremento de la temperatura global del planeta (*véase* figura 2).

La atribución antropogénica del cambio climático se basa fundamentalmente en esta metodología con modelos, porque:

Attribution of observed changes is not possible without some kind of model of the relationship between external climate drivers and observable variables. We cannot observe a world in which either anthropogenic or natural forcing is absent, so some kind of model is needed to set up and evaluate quantitative hypotheses (IPCC 2013a 873).

No obstante, no hay que confundir la evidencia estadística hallada con el descubrimiento de la causa o las causas que operan detrás, ya que la atribución causal

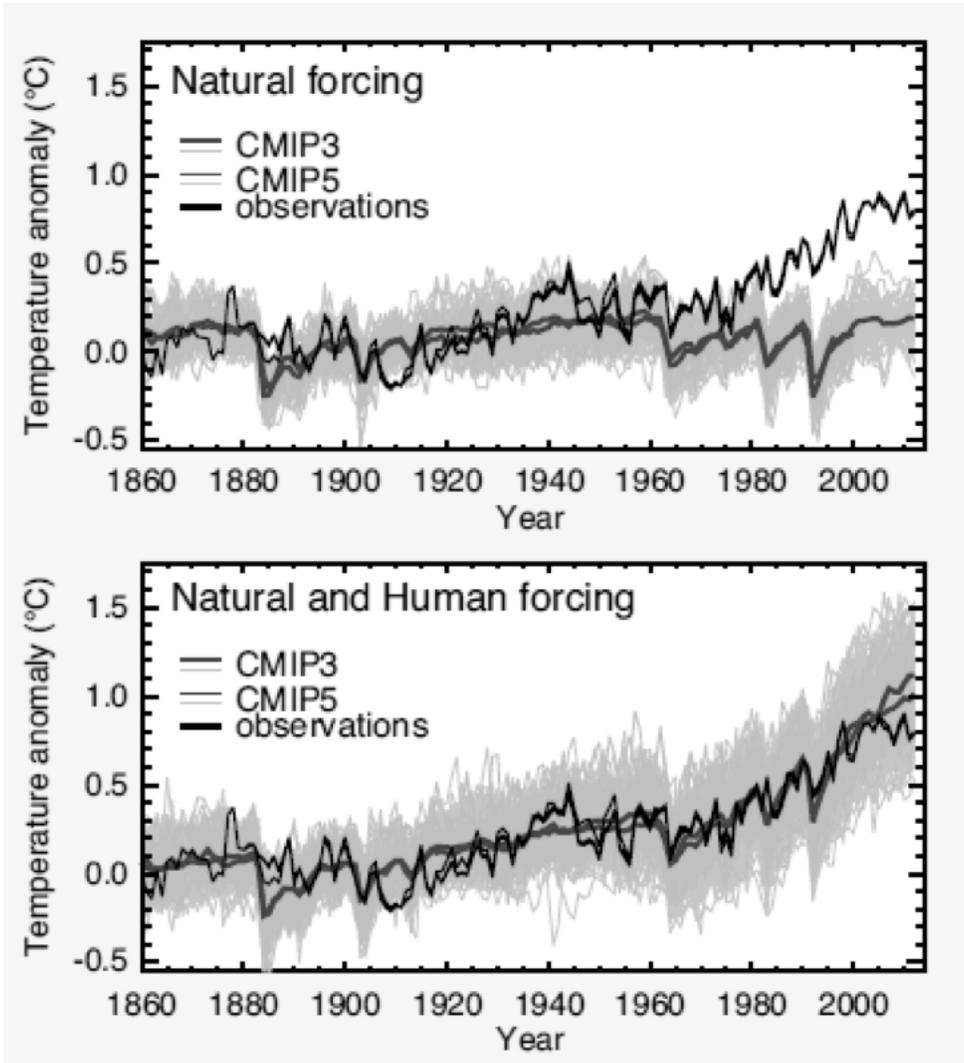


Figura 2. Atribución del cambio climático

Izquierda: Anomalía de la temperatura (°C) Arriba dentro: Forzamiento natural; y las series son: CMIP3 (los modelos participantes en la fase 3 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, 2006), CMIP5 (los modelos participantes en la fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, 2014) y observaciones. Abajo dentro: Forzamiento natural y humano; y las series son las antedichas Fuente: IPCC (2013a 895)

exige complementar la asociación estadística encontrada con la especificación de los mecanismos físico-químicos subyacentes.⁹ Correlación no implica causalidad.¹⁰ Es el problema filosófico de la inferencia causal o, con más precisión, de la inferencia de la causa más probable, un refinamiento de la inferencia de la mejor explicación, por cuanto esta clase de inferencia teórica comporta un componente existencial (Cartwright 1983).

Los científicos del clima, sin perjuicio del conocimiento aún incompleto de todos los mecanismos de interacción (por ejemplo, de los aerosoles), aportan otras huellas (*fingerprints*) de cambio climático antropogénico para reforzar su argumentación causal, como el enfriamiento de la atmósfera en capas altas y su calentamiento en capas bajas, o que el calentamiento es más acusado de noche que de día.

Sin embargo, conviene reparar en cómo la inferencia de la causa más probable funciona en este contexto de manera diferente que, por ejemplo, en la física de partículas. Mientras que en física tenemos aparatos, como los aceleradores de partículas, que acotan en su interior los fenómenos bajo estudio, siendo factible manipularlos, el control y la reproducción, el sistema climático global desborda el marco de cualquier dispositivo experimental, por lo que los modelos y las simulaciones sustituyen a los aparatos y los experimentos.¹¹

⁹ Según la teoría de la causalidad propuesta por Gustavo Bueno (1992a), las relaciones causales no son relaciones binarias de la forma $X \rightarrow Y$ sino relaciones ternarias $Y = f(X, H)$, donde Y es el efecto, X el determinante causal y se precisa una armadura material H que conecte X e Y . Esta conexión es el fundamento de la relación causal. Como puede observarse, esta teoría puede en parte coordinarse con la propuesta por Nancy Cartwright (1983), equiparando la noción de Bueno (1992b) de armadura material con la de Cartwright (1999) de máquina nomológica.

¹⁰ De hecho, el ejemplo clásico es el que correlaciona el aumento de la temperatura global con el descenso del número de piratas en el mundo, una correlación fuerte espuria.

¹¹ Para Katzav (2013), no estaríamos siquiera ante una inferencia de la mejor explicación, porque los modelos climáticos son una suerte de híbridos en que intervienen teorías como la termodinámica, que son verdaderas en su campo, pero también componentes como las parametrizaciones, que no son realistas, por lo que la verdad de la mejor explicación —el origen humano del cambio climático— no queda garantizada. Se trataría, entonces, de un razonamiento abductivo en sentido amplio,

8. CAOS E INCERTIDUMBRE EN LA PREDICTIBILIDAD DEL CLIMA GLOBAL

Los modelos climáticos no solo se emplean para reproducir la evolución de la temperatura global o de otras variables climáticas desde el pasado hasta el presente. También se utilizan para predecir su futura evolución, encontrando otra fuente de incertidumbre: el caos determinista. En 1963, Edward Lorenz advirtió que la atmósfera determina un sistema no lineal con régimen caótico, lo que cercenó la aspiración de Charney de que añadiendo cada vez más grados de libertad los modelos se estabilizasen (Madrid Casado 2011). En el AR5, el IPCC precisa:

El conocimiento de los estados actual y anteriores del sistema climático suele ser imperfecto, los modelos que mediante esos conocimientos generan predicciones climáticas son, por consiguiente, también imperfectos, y el sistema climático es inherentemente no lineal y caótico, todo lo cual hace que la predictibilidad del sistema climático sea inherentemente limitada. Incluso aunque se utilicen modelos y observaciones arbitrariamente precisos, existen limitaciones a la predictibilidad de un sistema no lineal como el clima (IPCC 2013b 199).

En los sistemas caóticos, el presente determina el futuro, pero una aproximación del presente no determina aproximadamente el futuro. Pequeñas diferencias en las condiciones iniciales o en la formulación del modelo resultan en diferentes evoluciones. Incluso en ausencia de forzamientos externos, pueden experimentarse cambios drásticos. Así, el hiato observado en el ritmo de ascenso de la temperatura media global entre 1998 y 2012, que los modelos no logran reproducir, se achaca a la variabilidad interna del clima (IPCC 2013b). En la figura 3 puede observarse cómo la

que selecciona la mejor explicación disponible sin comprometerse con su verdad aproximada, pues puede que nuestra selección sea la mejor de un mal lote.

mayoría de modelos no reproducen el hiato 1998-2012, quedando la serie observada (en trazo negro grueso) por debajo de ellos, y también cómo las pequeñas diferencias en las condiciones iniciales o en la formulación del modelo producen trayectorias que conducen a predicciones significativamente diferentes para la temperatura global en el 2050.

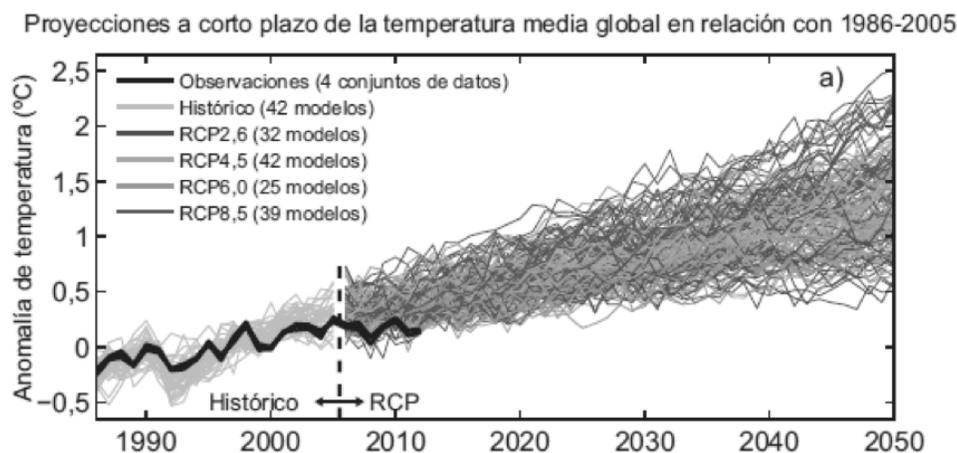


Figura 3. Proyecciones de la temperatura media global
Fuente: IPCC (2013b 87)

Todo modelo climático depende, por un lado, de las condiciones iniciales (de los valores climáticos actuales) y, por otro, de las condiciones de contorno, es decir, de la especificación de los acoplamientos de la atmósfera con el océano o los continentes. Las condiciones iniciales son de mayor trascendencia en la predicción meteorológica y en la predicción climática a corto plazo (a la escala de unas pocas décadas), definiendo lo que se llama un problema de valor inicial. Por contra, las condiciones de contorno dominan la predicción climática a mediano o largo plazo y definen un problema de frontera o contorno.

Para Tim Palmer (2005), el caos determinista afectaría más a la predicción meteorológica (que depende sensiblemente de las condiciones iniciales) que a la predicción climatológica, ya que en esta última no se estudia el tiempo o estado concreto de la atmósfera a 50 o 100 años (o sea, una trayectoria particular), sino el clima, esto es, la distribución estadística de los estados meteorológicos después de esos años o, por decirlo con la definición alternativa mencionada en la segunda sección, la forma del *attractor* del sistema dinámico climático (que se supone será parecido al real).

El problema es que el caos no se reduce a la sensibilidad con respecto a las condiciones iniciales, porque también puede aparecer como consecuencia de la propagación de errores de cómputo, así como por perturbaciones en los parámetros del modelo (una pequeña diferencia entre el valor del parámetro del modelo y el valor real del parámetro puede ocasionar predicciones divergentes). Mientras que asociamos el caos ligado a las condiciones iniciales con el efecto mariposa (*butterfly effect*), algunos autores proponen asociar el caos ligado a los pequeños cambios en la estructura del modelo con un supuesto efecto polilla (*hawkmoth effect*). El efecto mariposa sería a las condiciones iniciales lo que el efecto polilla a la estructura del modelo. Este concepto aparece in nuce en Thompson:

The term “Butterfly Effect” has greatly aided communication and understanding of the consequences of dynamical instability of complex systems. It arises from the title of a talk given by Edward Lorenz in 1972: “Does the flap of a butterfly’s wings in Brazil set off a tornado in Texas?” I propose that the term “Hawkmoth Effect” should be used to refer to structural instability of complex systems. The primary reason for proposing this term is to continue the lepidoptera theme with a lesser-known but common member of the order. The Hawkmoth is also appropriately camouflaged, and less photogenic (2013 213).

Pero, ¿se ha comprobado que pequeñas variaciones en la especificación de los modelos climáticos conduzcan a grandes cambios en las predicciones finales? ¿Son los modelos climáticos sensiblemente dependientes a la pormenorización de su estructura? ¿Existe una inestabilidad estructural en los modelos climáticos? Se trata de

un tema abierto. Mientras que los filósofos de la ciencia ligados a la London School of Economics responden afirmativamente (Frigg et ál. 2014), amparándose en el carácter no lineal de estos modelos, otros lo hacen de modo negativo, indicando que no se puede generalizar y hay que ir caso por caso, estudiando modelo a modelo (Nabergall, Navas y Winsberg 2019; Winsberg 2018).¹²

Para intentar controlar el caos, se utiliza la predicción por conjuntos (*ensemble prediction*), una técnica diseñada por Tim Palmer y Eugenia Kalnay, entre otros, que consiste en usar conjuntos de condiciones iniciales distintas o diferentes modelos climáticos a la vez. La ejecución de un modelo con variaciones en las condiciones iniciales suele usarse en la predicción meteorológica. Con el empleo de múltiples modelos se busca minimizar, en cambio, el error en la determinación de las condiciones de contorno y los parámetros, ya que esta clase de error es la decisiva en la predicción climática.¹³ En ocasiones, se utilizan simultáneamente ambos procedimientos, construyendo un sistema global de predicción por conjuntos, que tiene en cuenta la incertidumbre tanto en las condiciones iniciales como en las condiciones de contorno. Mediante *ensembles* multimodelo, el IPCC (2013b) predice que para finales del presente siglo es de esperar un calentamiento entre 0.91 y 5.41 °C (la predicción más pesimista), siendo verosímil que exceda los 1.5 °C, respecto a niveles preindustriales (1850-1900).

Los resultados de los diferentes modelos no son idénticos y la disparidad refleja el grado de incertidumbre en el conocimiento del futuro del clima global, puesto que, a mayor coincidencia entre modelos, menor incertidumbre. Cuando dos tercios de los modelos disponibles coinciden en un resultado, se dice que ese resultado es *robusto*

¹² Frente a Roman Frigg, Eric Winsberg indica que el efecto polilla no está matemáticamente bien definido y no puede hacerse equivalente a una ausencia de estabilidad estructural. No obstante, tampoco existe una definición universal para el efecto mariposa y el caos determinista, aunque sí más consolidada (Madrid Casado 2011).

¹³ Cuando se perturban los parámetros de un mismo modelo, se habla de un *ensemble* de parámetros perturbados (PPE) y cuando se emplean varios modelos —perturbando o no sus parámetros—, se habla de un *ensemble* multimodelo (MME).

(Lloyd 2009). Así, mientras que las predicciones de aumento de la temperatura y la precipitación globales o la evolución del hielo ártico son robustas, las predicciones sobre las variaciones regionales de la temperatura y la precipitación, la evolución del hielo antártico o el incremento en la frecuencia de sucesos extremos no son tan robustas (Gettelman & Rood 2016).

Otro ejemplo de predicción robusta nos lo aporta la estimación de la sensibilidad climática, es decir, del cambio de temperatura en respuesta a una duplicación de la concentración de CO_2 . El AR5 ha establecido que más de dos tercios de los modelos climáticos determinan que la sensibilidad climática está entre 1.5 y 4.5 °C, aunque ese rango ha permanecido prácticamente sin cambios desde la estimación de Charney y su equipo en 1979, como consecuencia de la ignorancia del efecto de los aerosoles y los procesos de formación de nubes en un planeta más caliente.

Ahora bien, los resultados que producen los modelos computarizados son básicamente simulaciones con un importante componente de incertidumbre que debe evaluarse. En el AR5 se aporta un tratamiento binario de la incertidumbre en términos cuantitativos y cualitativos, de probabilidad y confianza, respectivamente. Por ejemplo: “en el hemisferio norte, es *probable* que el periodo 1983-2012 haya sido el periodo de treinta años más cálido de los últimos 1400 años (*nivel de confianza medio*)” (IPCC 2013b 5). Esto quiere decir que este resultado tiene una probabilidad basada en la evidencia de al menos el 66 % y se emite, con esa probabilidad, con una evaluación media del acuerdo o consenso científico respecto a él. Según el IPCC (2013b), la confianza en la validez de un resultado (cuantificado probabilísticamente) se da cualitativamente y toma en consideración la evidencia disponible y el nivel de acuerdo.

El problema es que probabilidad y confianza no aparecen siempre bien diferenciadas, porque para el IPCC la probabilidad de un resultado, que se expresa cuantitativamente, es fruto del análisis estadístico de las observaciones, los resultados de los modelos o bien del juicio del experto. Pero, con esto último, el IPCC confunde probabilidad y confianza, es decir, cuándo pueden asignarse probabilidades numéricas empleando métodos estadísticos y cuándo residen en un juicio de expertos, al igual que la confianza (Curry & Webster 2011). Hay, por consiguiente, dificultad en hacer una interpretación común de la noción de probabilidad empleada por el IPCC.

Que el 90 % de los (veintitantos) modelos climáticos globales predigan cierto resultado no puede confundirse con que la probabilidad del resultado sea 0.9 (ofreciendo una imagen de falsa precisión). Ese porcentaje no quiere decir que la frecuencia de ocurrencia del suceso en la realidad sea de 9 de cada 10, sino que se presenta en 9 de cada 10 simulaciones ejecutadas por el conjunto de modelos. Porque un ensemble de modelos no constituye una muestra aleatoria simple extraída de un hipotético espacio de todas las estructuras modélicas posibles (lo que al menos permitiría hablar, en la interpretación frecuentista, de un 90 % de confianza). Las diferentes simulaciones de un mismo modelo, en que se perturban las condiciones iniciales o los parámetros, no son independientes entre sí. Tampoco son independientes entre sí los diferentes modelos globales, porque, aunque desarrollados por equipos distintos, suelen compartir módulos (Knutti 2008). Como reconoce el IPCC:

The sample size of MMEs [Multi-Model Ensembles] is small, and is confounded because some climate models have been developed by sharing model components leading to shared biases. Thus, MME members cannot be treated as purely independent (IPCC 2013a 753).

Pese a ello, en los *ensembles* multimodelo se calcula la media de los diferentes resultados de los modelos, sin considerar con cuántas simulaciones contribuye cada modelo o cómo son de interdependientes (IPCC 2013a).¹⁴ El rango de resultados no puede tomarse, por tanto, como una exploración de todos los resultados posibles (Knutti 2010).

Si el conjunto de modelos no es independiente entre sí, la robustez de un resultado carece a priori de valor gnoseológico, puesto que el acuerdo entre modelos puede estar causado más por su dependencia mutua que por la verdad del resultado. En el fondo, los científicos del clima trabajan con *ensembles de oportunidad*, que

¹⁴ Es lo que se llama la “democracia de los modelos”: “un modelo, un voto” (Knutti 2010 396).

incorporan todos los modelos disponibles presuponiendo que los diferentes modelos son lo suficientemente distintos entre sí como para explorar las incertidumbres asociadas no solo a las condiciones iniciales sino también a los parámetros y las condiciones de contorno (Santos Burguete 2018).

En suma, la asignación de probabilidades, siguiendo el principio de que a mayor coincidencia entre simulaciones, menor incertidumbre en la predicción, determina en el mejor de los casos una probabilidad bayesiana objetiva. Sin embargo, cuando en la cuantificación se introduce también el juicio de los expertos, se obtiene una probabilidad bayesiana subjetiva, que valora una creencia. Se trata, por tanto, de “una aplicación informal de los conceptos bayesianos” (Schmidt & Sherwood 2015 159), sin considerar exactamente priores y verosimilitudes ni calcular distribuciones *a posteriori*.

Prudentemente, desde el 2001 el IPCC prefiere emplear el término proyección al de predicción para referirse a los resultados de las simulaciones, dado que cada simulación depende esencialmente de una serie de supuestos que definen un escenario, relativo a cómo va a evolucionar la cuantía de las emisiones de GEI dependiendo de la economía o la población mundial. Las proyecciones son predicciones condicionadas a escenarios que caracterizan la evolución de algunos forzamientos radiativos. A la incertidumbre en la observación de las condiciones iniciales y a la incertidumbre en la implementación de las condiciones de contorno y los parámetros del modelo, se añade para la proyección climática a largo plazo, a finales de siglo, la incertidumbre asociada a los escenarios. Mientras que la incertidumbre en las condiciones iniciales domina a corto plazo, la incertidumbre asociada a los escenarios domina a largo plazo, al tiempo que la incertidumbre en las condiciones de contorno y los parámetros opera a cualquier escala temporal (Santos Burguete 2018).

Finalmente, otra fuente de incertidumbre relacionada con los modelos climáticos y la predicción tiene que ver con la variable espacial más que con la variable temporal. Nos referimos a las proyecciones regionales —no ya globales— de cambio climático.

La resolución aproximada del modelo en un tiempo de cómputo razonable exige la consideración de una malla espacial no excesivamente fina, con la artificialidad que eso conlleva (una extensión como la Península Ibérica, por ejemplo, queda

cubierta por poco más de unas cinco docenas de celdas). Cuando los modelos se dejan correr, se asume que los valores globales del estado futuro del sistema climático serán similares a los valores medios arrojados por los modelos, pero no puede asegurarse que los valores locales coincidan, como consecuencia del caos y otras fuentes de incertidumbre. Estas insuficiencias dificultan el análisis a nivel regional del cambio climático y sus impactos.

Para reducir la incertidumbre asociada a las proyecciones regionales, los científicos emplean dos grupos de técnicas de reducción de escala (*downscaling*). El *downscaling* dinámico opera aumentando la resolución espacial de los modelos globales. Por su parte, el *downscaling* estadístico combina las predicciones de los modelos dinámicos globales con el uso de modelos estadísticos empíricos o semiempíricos: mediante el modelo global se predice el valor futuro de una variable global y, posteriormente, mediante el modelo estadístico, se estima, a partir de ese valor, el valor futuro de la variable local bajo estudio, basándose en la relación estadística entre ambas en el presente, aunque esta metodología depende de que los datos estadísticos accesibles sean representativos y la estimación no suponga una extrapolación excesiva (Gettelman & Rood 2016).

9. CALIBRACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS

Las incertidumbres inherentes a la representación que los modelos hacen de los distintos procesos climáticos —como acoplamientos y forzamientos— pueden agruparse bajo el rótulo *incertidumbre estructural*. A pesar de que reproduzcan las tendencias climáticas del periodo de evaluación (1880-hoy), puede que los modelos no representen correctamente la dinámica del clima. Los científicos se encuentran, a propósito de la verdad que cabe atribuir a los modelos climáticos, con el debate sobre el realismo científico.

Toda verificación o validación de la estructura de los modelos es inherentemente parcial, a riesgo de caer en la falacia de la afirmación del consecuente, porque

de que el modelo M implique el resultado H y se observe H , no se puede concluir la verdad de M (Oreskes et ál. 1994). Del hecho de que el modelo reproduzca fracciones de climas pasados o se confirme algún pronóstico, no se puede concluir que las ecuaciones representen fielmente el clima real, porque más de un modelo puede producir esas salidas, a la manera que más de una curva puede pasar por una serie de puntos dados. Es el problema de la *infradeterminación empírica* de los modelos. Varios modelos pueden ser empíricamente equivalentes pero lógicamente incompatibles, porque representan determinados procesos físicos de modos diferentes.

Además, cabe la posibilidad de que el éxito se deba a una razón falsa, a una compensación de errores o a la calibración de los parámetros. Dejando aparte la circunstancia de que el modelo puede acertar por una cancelación de errores (que antes o después se descubriría al probar el modelo en condiciones diferentes), vamos a centrarnos en el delicado problema de la calibración (tuning) de los parámetros del modelo. Los científicos del clima ajustan los parámetros con las series observadas, de modo que los datos del siglo xx son usados tanto para calibrar el modelo como para confirmarlo, en lo que parece un ejercicio de “doble contabilidad” (Frigg et ál. 2020 secc. 5). Se trata de un procedimiento insatisfactorio pero funcional hasta cierto punto, pues fuerza la adecuación empírica. El IPCC reconoce que

With very few exceptions modelling centres do not routinely describe in detail how they tune their models. Therefore the complete list of observational constraints toward which a particular model is tuned is generally not available. [...] Model tuning directly influences the evaluation of climate models, as the quantities that are tuned cannot be used in model evaluation (IPCC 2013a 749-750).

Cabe preguntarse, entonces, hasta qué punto la adecuación empírica de los modelos se debe a la correcta representación de los procesos climáticos o al ajuste ad hoc de sus parámetros: “Agreement with observations is often (and maybe misleadingly) used to demonstrate progress even if it might partly result from tuning or compensating errors” (Knutti 2010 400).

El calibrado de los parámetros puede enmascarar problemas fundamentales en la estructura del modelo. Por ejemplo, el ajuste a la amplitud del calentamiento observado durante el siglo xx puede hacerse, o bien retocando la sensibilidad climática, o bien retocando el forzamiento radiativo. En la primera opción, si se aumenta la sensibilidad climática, puede sobreestimarse el calentamiento global futuro. Por contra, en la segunda opción, si se aumenta el forzamiento radiativo total, puede subestimarse el futuro calentamiento (Hourdin et ál. 2017).

Este inconveniente, unido a que los modelos climáticos presentan una modularidad difusa (los diferentes módulos —para la circulación de la atmósfera, la dinámica de los océanos, etc.— funcionan entrelazados), acarrea, para Lenhard y Winsberg (2010), que el holismo permeé la ciencia del clima (un ejemplo lo proporciona el calibrado del incremento de la temperatura global durante el siglo xx antes mencionado). De acuerdo con la tesis de Duhem-Quine, los científicos pueden retocar los modelos en diferentes puntos para que salven los fenómenos, pero no pueden saber en principio en qué módulo está el fallo.

A resultas de esto, el IPCC se decanta por hablar más de la *evaluación* de modelos que de su validación o verificación, es decir, de su confrontación directa con la realidad.¹⁵ Esta evaluación consiste en una comparación entre los modelos disponibles, respecto a la simulación de la época preindustrial o la época actual, la estimación de la sensibilidad climática y las proyecciones para el siglo XXI. Pero, como señala Edwards, “the relatively greater agreement among climate models used in the IPCC reports could conceivably be due to questionable parameterization and tuning practices” (2010 355), aunque ciertamente “the models that plausibly reproduce the past, universally display significant warming under increasing green-house gas concentrations, consistent with our physical understanding” (IPCC 2013a 750).

Se constatan así las limitaciones del falsacionismo esgrimido por algunos científicos del clima cuando filosofan sobre su quehacer: “If a prediction produced by a model is shown to be in conflict with measurements, then the model itself can be

¹⁴ En este giro terminológico pesó el influyente artículo de Oreskes et ál. (1994).

said to have been falsified” (Randall & Wielicki 1997 403). Los modelos climáticos no se someten a severas contrastaciones empíricas que puedan refutarlos, sino que rutinariamente se parchean buscando reproducir las observaciones recalcitrantes, circunstancia que algunos científicos en activo reconocen (Schmidt & Sherwood 2015).

Los modelos climáticos están cargados de datos, pero unos datos, como vimos, que dependen a su vez de modelos: los datos hacen los modelos y los modelos hacen los datos (Edwards 2010). Los modelos se construyen con datos, pero, bidireccionalmente, los datos se interpretan gracias a los modelos. La imagen que emerge de esta simbiosis encaja, a nuestro entender, con la imagen circularista de la actividad científica descrita por Gustavo Bueno (1992b), Ian Hacking (1992) o Andrew Pickering (1995), donde los modelos, las observaciones y los instrumentos de medida se acoplan mutuamente, en una dialéctica de resistencia-acomodación.

Pero, incluso cuando los modelos son consistentes con todos los datos climáticos presentes, hay que asumir que las ecuaciones y las parametrizaciones pueden ser extrapoladas más allá del rango de evaluación. No hay garantía —solo confianza— de que concuerden con los datos futuros (Schmidt & Sherwood 2015). La razón fundamental para esta inducción pesimista es, a nuestro juicio, que la aplicación de los argumentos más fuertes a favor del realismo científico, que se relacionan con la intervención y la práctica experimental (tal y como ésta se da en tramos de la física, la química o la biología molecular), está vedada en el campo de las ciencias del cambio climático.

Las herramientas de que disponen los climatólogos para estudiar el clima global son principalmente la modelización matemática y la simulación mediante supercomputadoras, lo que define a la ciencia del cambio climático como una ciencia de modelos, antes teórica y observacional que práctica y experimental (más parecida, en este sentido, a la cosmología que a la física del estado sólido). Los modelos climáticos son, en esencia, herramientas para tratar de comprender el clima, explicando ciertos fenómenos y proyectando otros. La presencia de parametrizaciones pone de relieve que el estatuto gnoseológico de los modelos climáticos está más próximo al instrumentalismo que al realismo, ya que no se construyen exclusivamente sobre la base de la física o la química asentadas.

Además, una simulación no es un experimento, sino un sustituto del experimento, ya que en ella no manipulamos las cosas mismas sino líneas de código, mediante las cuales se persigue reproducir un proceso mediante otro proceso de naturaleza numérica. En las simulaciones no se manejan entidades reales sino entidades matemáticas (o, más bien, en silicio), lo que impide referirse a las simulaciones como verdaderos experimentos, a riesgo de confundir el simulacro con la realidad.¹⁶ Estamos ante un debatido estilo de hacer ciencia, basado en las simulaciones, más allá de la díada clásica teorización-experimentación (Petersen 2012).

CONCLUSIONES

Los modelos climáticos indican que el calentamiento global no puede explicarse solo por factores naturales, siendo los GEI antropogénicos la causa más importante del cambio climático. Sin embargo, en ciertos aspectos, el conocimiento es todavía incompleto. Hay diversas fuentes de incertidumbre, relacionadas con problemas clásicos de la filosofía de la ciencia (carga teórica de la observación, infradeterminación empírica de los modelos, entre otros), a las que los científicos se enfrentan. A lo largo del artículo hemos distinguido tres clases. En primer lugar, una *incertidumbre de valores* u observacional, pues los datos extraídos de series instrumentales o de datos *proxy* de la temperatura, la concentración de CO₂ y otras variables, que funcionan como *inputs* de los modelos, pueden ser escasos o inexactos para ciertas regiones del mundo e intervalos de tiempo. En segundo lugar, una *incertidumbre estructural*,

¹⁴ No obstante, para algunos filósofos, una simulación es literalmente un experimento, cuando se satisfacen ciertas condiciones formales (Norton & Suppe 2001). Por otra parte, es cierto, como recoge Winsberg (2019 secc. 5), que en los experimentos no siempre se manipulan directamente las entidades que el científico está interesado en investigar: Mendel, por ejemplo, experimentaba con guisantes, pero estaba interesado en los factores hereditarios. Pero, volviendo a la teoría de la causalidad de Bueno (1992a), entre los factores hereditarios y los guisantes media una conexión causal, mientras que entre el clima y las ecuaciones del modelo en absoluto.

dado que la modelización de procesos clave (como acoplamientos, forzamientos y parametrizaciones), así como la resolución numérica, puede ser excesivamente simple e imperfecta. Y, en tercer lugar, una *incertidumbre temporal*, ligada a la presencia del caos determinista y la dependencia de las proyecciones de los escenarios.

Por último, conectando la filosofía de la ciencia con la ontología, terminamos apuntando cómo las diversas ciencias del cambio climático han determinado eso que hoy llamamos *sistema climático global* o, simplemente, *clima global*, una noción aceptada por la Organización Meteorológica Mundial en 1975. En la Tierra no hay un único clima sino una pluralidad, un mosaico de climas muy diferentes, de igual modo que no hay un cambio climático que afecte a todas las regiones del planeta por igual. No obstante, los científicos, gracias a la construcción de una red meteorológica mundial de estaciones, boyas y satélites orbitando alrededor de la esfera terrestre (la World Weather Watch de la WMO), así como al diseño de una jerarquía de modelos climáticos con cada vez más acoplamientos, nos han puesto ante esa nueva realidad interconectada que es el clima global (Bueno 1992b; Morton 2013).

TRABAJOS CITADOS

- Álvarez Muñoz, Evaristo. *Filosofía de las ciencias de la tierra*. Oviedo: Pentalfa, 2004.
- Brohan, Philip et ál. “Uncertainty Estimates in Regional and Global Observed Temperature Changes: A New Data Set from 1850”. *Journal of Geophysical Research* 111 (2006): D12106. <<https://doi.org/10.1029/2005JD006548>>
- Bueno, Gustavo. “En torno a la doctrina filosófica de la causalidad”. *Revista Meta* 1 (1992a): 207-227.
- _____. *Teoría del cierre categorial*. Oviedo: Pentalfa, 1992b.
- Callendar, Guy S. “The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature”. *Journal of the Royal Meteorological Society* 64.275 (1938): 223-240. <<https://doi.org/10.1002/qj.49706427503>>
- Cartwright, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- _____. *The Dappled World*. Cambridge: Cambridge UP, 1999.

- Curry, Judith A. y Peter J. Webster. "Climate Science and the Uncertainty Monster". *Bulletin of the American Meteorological Society* 92.12 (2011): 1667-1682. <<https://doi.org/10.1175/2011BAMS3139.1>>
- Edwards, Paul N. *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*. Massachusetts: MIT Press, 2010.
- Essex, Christopher et ál. "Does a Global Temperature Exist?" *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics* 32.1 (2007): 1-27. <<https://doi.org/10.1515/JNETDY.2007.001>>
- Fleming, James R. "Joseph Fourier, the 'Greenhouse Effect', and the Quest for a Universal Theory of Terrestrial Temperatures". *Endeavour* 23.2 (1999): 72-75. <[https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(99\)01210-7](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(99)01210-7)>
- Frank, David et ál. "A Noodle, Hockey Stick, and Spaghetti Plate: a Perspective on High-Resolution Paleoclimatology: A Noodle, Hockey Stick, and Spaghetti Plate". *WIREs Climate Change* 1.4 (2010): 507-516. <<https://doi.org/10.1002/wcc.53>>
- Frigg, Roman, Seamus Bradley, Hailiang Du y Leonard Smith. "Laplace's Demon and the Adventures of His Apprentices". *Philosophy of Science* 81.1 (2014): 31-59. <<https://doi.org/10.1086/674416>>
- Frigg, Roman, Richard Bradley, Katie Steele, Erica Thompson y Charlotte Werndl. "The Philosophy of Climate Science". *Internet Encyclopedia of Philosophy*, 2020. <<https://iep.utm.edu/climate/>>
- Gettelman, Andrew y Richard B. Rood. *Demystifying Climate Models. A Users Guide to Earth System Models*. Switzerland: Springer, 2016.
- Hacking, Ian. "The Self-Vindication of the Laboratory Sciences". *Science as Practice and Culture*. Ed. A. Pickering. Chicago: Chicago UP, 1992. 29-64.
- Hourdin, Frédéric et ál. The Art and Science of Climate Model Tuning. *Bulletin of the American Meteorological Society* (2017): 589-602. <<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00135.1>>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge UP, 2013a.

- _____. *Resumen para responsables de políticas*. Resumen técnico. Cambridge: Cambridge UP, 2013b.
- Kalnay, Eugenia y Ming Cai. "Impact of Urbanization and Land-Use Change on Climate". *Nature* 423 (2003): 528-531. <10.1038/nature01675>
- Katzav, Joel. "Hybrid Models, Climate Models, and Inference to the Best Explanation". *The British Journal for the Philosophy of Science* 64.1 (2013): 107-129. <https://doi.org/10.1093/bjps/axs002>
- Knutti, Reto. "Should We Believe Model Predictions of Future Climate Change?" *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 366.1885 (2008): 4647-4664. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0169>
- _____. "The End of Model Democracy?" *Climatic Change* 102 (2010): 395-404. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9800-2>
- Lenhard, Johannes y Eric Winsberg. "Holism, Entrenchment, and the Future of Climate Model Pluralism". *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 41.3 (2010): 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2010.07.001>
- Lloyd, Elisabeth. "Varieties of Support and Confirmation of Climate Models". *Proceedings of the Aristotelian Society, Supplementary Volumes* 83 (2009): 213-232. <https://www.jstor.org/stable/20619136>
- Madrid Casado, Carlos M. *La mariposa y el tornado. Teoría del caos y cambio climático*. Barcelona: RBA, 2011.
- Mann, Michael E. et ál. "Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries". *Nature* 392.6678 (1998): 779-787. <https://doi.org/10.1038/33859>
- Marcott, Shaun A. et ál. "A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years". *Science* 339.6124 (2013): 1198-1201. <10.1126/science.1228026>
- McIntyre, Stephen y Ross McKittrick. "Corrections to the Mann et al. (1998) Proxy Data Base and Northern Hemispheric Average Temperature Series". *Energy & Environment* 14.6 (2003): 751-771. <https://doi.org/10.1260/095830503322793632>

- Morton, Timothy. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*. Minnesota: Minnesota UP, 2013.
- Nabergall, Lukas, Alejandro Navas y Eric Winsberg. “An Antidote for Hawkmoths: on the Prevalence of Structural Chaos in Non-Linear Modeling”. *European Journal for Philosophy of Science* 9.2 (2019): 1-28. <<https://doi.org/10.1007/s13194-018-0244-2>>
- Norton, Stephen. y Frederick, Suppe. “Why Atmospheric Modeling is Good Science”. *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*. Eds. Clark Miller y Paul Edwards. Cambridge: MIT Press, 2001. 88-133. <<https://doi.org/10.7551/mitpress/1789.003.0006>>
- Oreskes, Naomi et ál. “Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in Earth Sciences”. *Science* 263.5147 (1994): 641-646. <[10.1126/science.263.5147.641](https://doi.org/10.1126/science.263.5147.641)>
- Palmer, Tim. “Global Warming in a Nonlinear Climate - Can We Be Sure?” *Europhysics News* 36.2 (2005): 42-46. <<https://doi.org/10.1051/epn:2005202>>
- Parker, Wendy S. “Climate Science”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. Edward N. Zalta. 2018. <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/climate-science/>>
- Petersen, Arthur C. *Simulating Nature: A Philosophical Study of Computer-Simulation Uncertainties and Their Role in Climate Science and Policy Advice*. Florida: CRC Press, 2012.
- Pickering, Andrew. *The Mangle of Practice: Time, Agency and Science*. Chicago: Chicago UP, 1995.
- Podgorny, Irina. “La Tierra en el laboratorio: las ciencias de la Tierra en el siglo xx”. *Filosofía de las ciencias naturales, sociales y matemáticas*. Ed. Ana Estany. Madrid: Trotta, 2005. 129-162.
- Randall, David A. y Bruce A. Wielicki. “Measurements, Models, and Hypotheses in the Atmospheric Sciences”. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78.1 (1997): 399-406. <[https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0399:MMOHIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0399:MMOHIT>2.0.CO;2)>

- Rohde, Robert et ál. “A New Estimate of the Average Earth Surface Land Temperature Spanning 1753 to 2011”. *Geoinformatics & Geostatistics: an Overview* 1.1 (2013): 1. <10.4172/2327-4581.1000101>
- Santos Burguete, Carlos, Ed. *Física del caos en la predicción meteorológica*. Madrid: AEMET, 2018.
- Schmidt, Gavin. “NASA Climatologist Gavin Schmidt Discusses the Surface Temperature Record”. NASA, 2010. <<https://www.nasa.gov/topics/earth/features/gavin-schmidt.html>>
- Schmidt, Gavin A. y Steven Sherwood. “A Practical Philosophy of Complex Climate Modeling”. *European Journal Philosophy of Science* 5.1 (2015): 149-169. <<https://doi.org/10.1007/s13194-014-0102-9>>
- Solanki, Sami Khan y Natalie Krivova. “Can Solar Variability Explain Global Warming Since 1970?” *Journal of Geophysical Research* 108.5 (2003): 71-78. <10.1029/2002JA009753>
- Storch, Hans von et ál. “Reconstructing Past Climate from Noisy Data”. *Science* 306 (2004): 679-682.
- Stott, Lowell D. et ál. “Deep Sea Temperatures Warmed before Atmospheric CO₂ and Tropical Temperatures Began to Rise at the Last Glacial Termination”. *Science* 318 (2007): 435.
- Thompson, Erica. *Modelling North Atlantic Storms in a Changing Climate*. PhD diss. Imperial College, 2013.
- Werndl, Charlotte. “On Defining Climate and Climate Change”. *The British Journal for the Philosophy of Science* 67.2 (2016): 337-364. <10.1093/bjps/axu048>
- Winsberg, Eric. *Philosophy and Climate Science*. Cambridge: Cambridge UP, 2018.
- _____. “Computer Simulations in Science”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. Edward N. Zalta. 2019. <<https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/simulations-science/>>
- World Meteorological Organization [WMO]. *Guide to Climatological Practices*. Genova: WMO, 2011.

ALGUNAS REFLEXIONES FILOSÓFICAS A PROPÓSITO DEL CORONAVIRUS: LA POLÉMICA HAN-HARARI Y EL PROBLEMA ONTOLÓGICO DEL COVID-19*

SOME PHILOSOPHICAL REFLECTIONS ABOUT THE CORONAVIRUS: THE HAN-HARARI CONTROVERSY AND THE ONTOLOGICAL PROBLEM OF COVID-19

JUAN MANUEL JARAMILLO
Universidad del Valle
Cali, Colombia.

jaramillo.juanmanuel@gmail.com



RESUMEN

En la primera parte se propone una reflexión sobre el Coronavirus como una enfermedad calificada de ‘pandemia’ y que afecta sin distinciones a todo el mundo rompiendo las barreras de los nacionalismos. Se examinan dos de las más importantes opiniones acerca del Coronavirus y sus efectos: la de Byung-Chul Han y la de Yuval Noah Harari. Se busca contrastar estos dos puntos de vista, destacando las ventajas y riesgos que se puedan derivar del control algorítmico indiscriminado de los individuos (tecnoinformación), como de las ventajas y riesgos del control biológico y genético (bioinformación). En la segunda parte se abordan los problemas ontológicos del Covid-19 para establecer si se trata de un biosistema vivo o inerte, al tiempo que se examina la enfermedad del Coronavirus como el estado de un sistema biológico, una persona, en función de los valores de ciertas funciones de conformidad con leyes ya establecidas. Se advierte del error categorial de confundir la causa de la enfermedad con la enfermedad misma.

Palabras clave: Coronavirus; Covid-19; tecnoinformación; bioinformación; ontología.

* Este artículo de reflexión se debe citar: Jaramillo, Juan Manuel. “Algunas reflexiones filosóficas a propósito del coronavirus: la polémica Han-Harari y el problema ontológico del Covid-19”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 20.41 (2020): 235-258. <https://doi.org/10.18270/rfc.v20i41.3387>

ABSTRACT

In the first part, a reflection on Coronavirus is proposed as a disease classified as a “pandemic” and that affects the whole world without distinction, breaking the barriers of nationalism. Two of the most important opinions about the Coronavirus and its effects are examined: Byung-Chul Han's and Yuval Noah Harari's. It seeks to contrast these two points of view, highlighting the advantages and risks that may derive from the indiscriminate algorithmic control of individuals (techno-information), as well as the advantages and risks of biological and genetic control (bio-information). In the second part, the ontological problems of Covid-19 are addressed to establish whether it is a living or inert biosystem, while the Coronavirus disease is examined as the state of a biological system, a person, depending on the values of certain functions in accordance with established laws. It warns of the categorical error of confusing the cause of the disease with the disease itself.

Keywords: Coronavirus; Covid-19; techno-information; bio-information; ontology.

1. INTRODUCCIÓN

La pandemia del Coronavirus o del Covid-19 se presenta hoy como la tragedia más grave desde la Gran Depresión de los años 30 del siglo pasado y ha suscitado un gran número de comentarios, análisis y reflexiones que son ampliamente mediatizadas a través de las redes sociales superando las barreras entre las nacionales. La crisis sanitaria que vivimos por culpa de ese enemigo invisible, pero no menos real, conocido como “Covid-19”, es una verdadera crisis global que nos implica y compromete a todos, sin distingos de raza, credo, religión, posición socio-económica, etc. No obstante, habría que señalar que, aunque el virus es democrático en el sentido de que ataca a todas las personas por igual, en cambio, su tratamiento -sobre todo cuando se trata de personas en estado crítico- no lo es. En la mayoría de países -incluyendo los desarrollados- no dan abasto ante la demandate necesidad de instalaciones médicas, de personal y de equipos para atender a la alta demanda de personas contagiadas por el virus. Esto ha llevado a que se priorice la atención entre la población más joven,

dejando sin la atención adecuada a los más viejos. Situación que a todas luces resulta moralmente inaceptable, como lo es, también, cuando ella obedece a razones económicas, políticas o a otro tipo de odiosa discriminación.

Aunque Hegel en su *Filosofía del Derecho* afirmaba que la filosofía es como “el búho de Minerva que inicia su vuelo al caer el crepúsculo” (1896) para darnos a entender que la reflexión filosófica siempre llega tarde, en esta ocasión pareciera que este *dictum* hegeliano no se cumple. Han sido varios -aunque no suficientes- los escritos y declaraciones de filósofos y de otros intelectuales sobre la pandemia como fenómeno bio-social y sobre el análisis de las múltiples y variadas estrategias, métodos y procedimientos que los distintos países han venido aplicando para frenar la exponencial expansión de este temible virus y, también, sobre lo que esta pandemia ha significado, significa y podrá significar para los distintos países, en particular para sus modelos económicos, sociales y políticos. Bastaría mencionar las voces de ilustres intelectuales como Noam Chomsky, Slavoj Žižek, Jean-Luc Nancy, Roberto Espósito, Alain Badiou, Byung-Chul Han y Yuval Noah Harari, entre muchísimos otros. Sus variopintas opiniones van desde quienes como Giorgio Agamben en un escrito *La invención de una epidemia* (Agamben et ál. 2020 17-20) consideró que ante el desgaste del discurso terrorista, las potencias se han inventado el virus como una amenaza global, sobre dimensionándolo, cuando en realidad es una “simple e inofensiva gripa”. Tal como lo había expresado el *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR), el más importante organismo público de investigación italiano que negó que había epidemia y que “la infección, según datos epidemiológicos disponibles hoy en día sobre las decenas de miles de casos, provoca síntomas leves/moderados (una especie de gripe) en el 80% y 90% de los casos” (Agamben et ál. 2020 17-18). Hasta los que la consideran una grave enfermedad cuyo rápido contagio afectará a todo el mundo hasta tanto no haya una inmunidad total o se descubra una vacuna. También están los que se imaginan escenas apocalípticas como la del fin del capitalismo y el afianzamiento definitivo del comunismo. Otros, en un tono menor, se refieren no tanto a la pandemia por Covid-19 en sí, o a sus graves consecuencias para la economía mundial, sino a su relación con el miedo y pánico colectivos cuando los individuos se enfrentan a situaciones límite como la muerte, como sucede en este caso.

Lo que sí es innegable es que el virus Covid-19 es real, como su acelerada propagación de contagio y sus letales consecuencias, sin desconocer, además, que el discurso que lo acompaña no es neutro respecto de intereses y valoraciones particulares. Muchos lo han utilizado para sacar réditos políticos o para obtener beneficios personales. Otros -como lo acabo de reseñar- han visto en él el derrumbe del sistema capitalista y, de modo especial, su proyecto económico liberal o mejor, neo-liberal, que se ha visto rebasado por la pandemia, develando el fracaso de su modelo de privatización en áreas tan sensibles como la de la salud. Como lo señaló el economista y político chileno Manfred Max Neef, fallecido en agosto pasado, cuando en entrevista realizada por la Fundación chilena DECIDE el 26 de diciembre de 2015 declaró que “la economía neoliberal mata más gente que todos los ejércitos del mundo juntos y no hay ningún acusado ni ningún preso”, agregando además, que “[t]odos los horrores que estamos viviendo en el mundo, gran parte de ellos tiene un trasfondo que está anclado a esta visión de tratamiento y práctica económica” (Revista Entorno 26-12-2015).

En la primera parte de este ensayo me referiré con cierto detalle a las recientes declaraciones del filósofo surcoreano, residenciado hace cuatro décadas en Berlín, Byung-Chul Han y a las declaraciones del historiador judío, profesor de la Universidad Hebrea de Israel, Yuval Noahn Harari; quienes, desde ópticas distintas, destacan las consecuencias que, en uno u otro caso, puedan tener las políticas de control y vigilancia de datos biométricos -macrodatos- de las personas y su extensión de a todos los ámbitos de la vida social y personal. En la segunda parte, me ocuparé de los problemas ontológicos del Covid-19 como enfermedad en el ámbito de la reflexión filosófica y, particularmente, en la filosofía de la ciencia y de la tecnología, a fin de precisar ciertas nociones y evitar errores categoriales.

2. OPINIONES DEL FILÓSOFO BYUNG-CHUL HAN

Byun-Chul Han, profesor en la Universidad de las Artes en Berlín, en un reportaje publicado por *El País* de Madrid el 22 de marzo del 2020, relata como China, Corea

de Sur, Japón, Singapur y las islas de Taiwán -antigua Formosa controlada por los chinos- han enfrentado la pandemia, logrando disminuir y hasta detener el crecimiento exponencial del contagio, argumentando que esto ha sido posible gracias a la afinidad de los pueblos asiáticos en general con una cultura autoritaria que le viene de su tradición religiosa: el confucianismo. Refiriéndose a los pobladores de esta parte del mundo nos dice:

Son menos renuentes y más obedientes que en Europa. También confían más en el Estado. Y no solo en China, sino también en Corea o en Japón la vida cotidiana está organizada más estrictamente que en Europa. Sobre todo, para enfrentarse al virus los asiáticos apuestan fuertemente a la vigilancia digital. Sospechan que en el big data podría encerrarse un potencial enorme para defenderse de la epidemia. Se podría decir que en Asia las epidemias no las combaten solo los virólogos y epidemiólogos, sino sobre todo también los informáticos y los especialistas en macrodatos. Un cambio de paradigma del que Europa todavía no se ha enterado. Los apologetas de la vigilancia digital proclamarían que el *Big Data* salva vidas humanas (Han 2020).

Para Han, ni en China ni en otros países asiáticos “existe una conciencia crítica ante la vigilancia digital o *Big Data*”, pues “la digitalización los embriaga” (Agamben et ál. 2020 101). A diferencia de Europa, en China los proveedores de la telefonía celular comparten los datos con las agencias de seguridad y de sanidad del país, al punto de que -como dice Han- “[e]l Estado sabe [...] dónde estoy, con quien me encuentro, qué hago, qué busco, en qué pienso, qué cómo, qué compro, a dónde me dirijo” (Agamben et ál. 2020 102). Se trata, como es fácil advertirlo, no sólo de un control coyuntural biométrico por el caso del Covid-19, sino de un control generalizado y extendido a la manera de un gran *panóptico* en el que todas las actividades de las personas están controladas y, donde, además, con la ayuda de la inteligencia artificial y el manejo de los macrodatos, se hace posible entrar en la intimidad de las personas y conocer qué piensan, qué sienten, qué desean, etc. Lo que llama la atención es que Han en este reportaje lo proponga como un modelo a

seguir para todos los países; no solo como una manera de combatir el Covid-19, sino como una política general.

El reportaje de Han y sus escritos sobre el tema están plagados de falacias, imprecisiones y falsedades, como la de afirmar que Europa es individualista, mientras que Asia es autoritaria y colectivista en países como China, Corea del Sur, Japón, Singapur y Taiwan. Países en los que se reconocen y respetan las jerarquías según el autor. Sin embargo, desconoce la presencia de otros países en el continente asiático también representativos como India, Pakistán, Filipinas, Mongolia, Vietnam, Malasia y Nepal y otros más. Han comete *la falacia de falsa generalización* al atribuir a *todos* los países del continente asiático lo que, para él, sucede en algunos países, asumiendo, además, que Taiwan y Singapur no hacen parte de China. Por otra parte, en el reportaje hace muchas otras afirmaciones efectistas no sustentadas que se han vuelto virales como la de afirmar que la cultura del confucianismo es autoritaria y que gracias al autoritarismo de esa ideología político-religiosa ha sido posible combatir el Coronavirus en los países asiáticos con relativo éxito, algo que, como bien lo señala Santiago Villa:

Resulta tan elástico como afirmar que nuestra cultura occidental democrática se debe a las reformas de Solón. Y extender ese juicio no solo a China, sino también a Japón, Corea del Sur, Hong Kong, Taiwán, o Singapur, es tan englobante y torpe como decir que el medio Oriente es misógino porque es musulmán (Villa 2020 2).

Este tipo de afirmaciones generales sobre un supuesto legado autoritario confucianista en los países asiáticos, sirvió para que desde 1959 el *Partido de Acción Popular (PAP)* -partido de centro-derecha de Singapur-, llevara a cabo una serie de medidas despóticas para mantenerse en el poder durante más de dos décadas. Esta política dictatorial la tomó Singapur del Japón y luego fue replicada por el Partido Comunista chino después de la muerte de Mao Zedong. Por no mencionar aquella otra afirmación de Han de que los chinos -algo que también generaliza a toda el Asia *son más proclives que los occidentales a entregar sus datos personales*, lo que según Han,

sería una de las principales razones para que esos países hubiesen sido tan exitosos en su lucha frontal contra el coronavirus.

Pero lo que más resulta preocupante de todas las afirmaciones de Han es que, a modo de corolario, planteé en ese reportaje que la vigilancia y el control autoritarios de los gobiernos en el día a día de las personas -como de hecho sucede y ha sucedido en los regímenes totalitarios como en China donde paradójicamente se combinan el maoísmo autocrático con la economía de libre mercado-, sean la solución ideal, no solo para sortear este tipo de crisis sanitaria, sino para que ese modelo de vigilancia y control biométrico, se convierta, también, en un modelo ejemplar para vigilar y controlar los ámbitos de la vida humana.

En opinión de Han, el conocido filósofo, sociólogo y psicoanalista esloveno, Slavoj Žižek, se equivoca al declarar que el virus le ha asestado al capitalismo un golpe mortal y que, incluso, podría hacer caer el régimen chino. Para Han nada de eso sucede ni va a suceder. Por el contrario, considera que China podrá vender su modelo de Estado policial digital como un modelo exitoso y, de ese modo, exhibir con más orgullo su superioridad y hacer que su economía avance con mayor pujanza.

De este modo, la extensión del modelo del Big Brother como nuevo modelo a seguir para los pueblos es, para el surcoreano Han, la mejor salida que el capitalismo tiene para perpetuarse vigorosamente, a pesar de los vientos en contra, y a fe que para Han, lo conseguirá. Esta sería para él la mejor lección que podemos aprender de los que de manera general nombra como “países asiáticos”. Para él, la autoridad tecnológica de los algoritmos de *macrodatos* -como diría Harari- constituye la mejor ayuda para la gobernanza de todos aquellos pueblos que quisieran perpetuar su actual sistema capitalista. El “socialismo con características chinas” del que hablaba Den Xiaoping, es el que Han cree saldrá fortalecido con ese modelo de vigilancia y control. Para Han, el modelo implementado en China debe replicarse y ser un verdadero modelo a imitar por todos los pueblos del orbe.

Por fortuna no todos pensamos igual. En contravía, vemos en ese modelo autoritario de vigilancia digital generalizado un grave peligro para preservar lo más sagrado de las democracias por imperfectas que estas sean: la libertad e intimidad de las personas.

3. OPINIONES DEL HISTORIADOR YUVAL NOAH HARARI

El historiador judío Yuval Noah Harari, en una dirección más matizada que la de Han, había publicado en el *Financial Times* un interesante artículo que tituló *The World After Coronavirus* (2020 March 20).¹ Harari, al igual que Han, hace un recuento puntual sobre la manera como se ha venido desarrollando y propagando el virus Covid-19 y las medidas implementadas por países de todo el mundo para enfrentar el contagio. Harari, como Han, centra su atención en el manejo de la emergencia por Covid-19 en algunos países asiáticos que valiéndose de potentes computadores, teléfonos inteligentes, cámaras de reconocimiento facial, entre otros, se ha ejercido un control y vigilancia biométrica masivos sobre las personas, obligándolas a que, permanentemente, estén reportando a las autoridades locales los cambios en su temperatura corporal y en su estado de salud. Advierte, sin embargo, que este tipo de medidas llevadas a cabo en algunos países asiáticos no son nada nuevo, pues muchos otros gobiernos o personas se han valido de sofisticadas tecnologías para rastrear, monitorear y manipular la información de los individuos. Como sucedió con Cambridge Analytics en los Estados Unidos y otros países, (incluido Colombia) en los que, de manera ilegal, se utilizaron y manipularon datos de Facebook de centenares de personas para favorecer un candidato en pasadas elecciones. O, como en Israel, en donde la tecnología de vigilancia y control reservada para combatir a los palestinos se utilizó para rastrear a los enfermos de Covid-19.

Con relación al Covid-19, Harari en su artículo en el *Financial Times* (2020) examina las que, en su criterio, son las dos opciones más importantes en este momento:

1. la vigilancia totalitaria vs. el empoderamiento de los ciudadanos
2. el aislamiento nacionalista vs. la solidaridad global

¹ Véase: <https://www.ft.com/content/19d90308-6858-11ea-a3c9-1fe6fedcca75>

Respecto de la primera, señala que ni el monitoreo central ni los castigos duros son los únicos métodos para enfrentar la pandemia. Para generar confianza en las autoridades es importante que a las personas se le proporcionen datos e información científicos, pues “una población automotivada y bien informada usualmente es más poderosa que una población ignorante vigilada por la policía” (Harari 2020, *Online*). Sobre la segunda, Harari cuestiona el aislamiento nacionalista, pues la epidemia en sí, como la crisis económica que de ella se deriva, son asuntos globales que exigen, de manera imperiosa, una solidaridad global, como es compartir información y experiencias, producir y distribuir equipamiento médico, realizar esfuerzos coordinados para enfrentar la crisis, ayudar a los países más pobres y necesitados, intercambiar médicos y personal de la salud, entre otros. La desunión únicamente prolongará la crisis. En cambio, la *solidaridad global* no solo será la victoria contra el Coronavirus, sino que permitirá combatir otras crisis y epidemias en el futuro.

La vigilancia y el control de los *macrodatos* permitió que países asiáticos como China y Corea del Sur pudiesen ‘aplanar’ la curva exponencial ascendente de infectados por el Covid-19 y convertirla en una curva logarítmica para, de ese modo, disminuir el contagio y preservar vidas humanas. El riesgo es cuando tal vigilancia y control se generalice y la privacidad e intimidad de las personas se vea amenazada, como sucede en los regímenes totalitarios donde lo que impera es la política intensiva del *Big Brother* y donde derechos de los individuos son sistemáticamente conculcados.

Conviene, sin embargo, advertir que Harari es un crítico del humanismo liberal. Considera que las dos nociones básicas que lo sustentan, a saber, el *libre albedrío* y el *individuo*, son vacías cuando se las examina a la luz de la que fue, gracias a la gran revolución tecnológica de los últimos años: el *dataísmo*. Este sustituyó al humanismo liberal clásico, al reducirlo todo a flujos de información que debe ser analizados mediante procedimientos algorítmicos, aunque ese *dataísmo* -como lo llama Harari- no se refiere exclusivamente a la información procesada electrónicamente: a la *tecno-información*, pues comprende, además, la información biológica o genética: la *bio-información*.

A lo largo de este siglo XXI se viene desarrollando de manera acelerada numerosas investigaciones y teorías en torno al concepto de *bio-información* en el que el

mundo de lo vivo es intervenido por nuevas tecnologías. Gracias a la genética, a la ingeniería genética, a la biología molecular, y a un sinnúmero de disciplinas afines, se han producido modificaciones en el patrimonio genético de los individuos. La hibridación hombre-máquina, el mejoramiento de la condición de vida de las personas, incluso el sueño utópico de la prolongación indefinida de la vida como lo destacan los defensores del transhumanismo. Para la mayoría de estos, “el envejecimiento y la muerte son errores biológicos, o más precisamente, subproductos evolutivos, resultados colaterales de la selección natural” (Diéguez 2017 22). Para Harari el mejoramiento biotecnológico se convierte en un imperativo, pues, aunque advierte “que todavía no tenemos el ingenio para lograrlo” (2014 442), también reconoce:

que no parece existir ninguna barrera técnica insuperable que nos impida producir superhumanos. Los principales obstáculos son las objeciones éticas y políticas que han hecho que se afloje el paso en la investigación en humanos. Y por muy convincentes que puedan ser los argumentos éticos, es difícil ver cómo pueden detener durante mucho tiempo el siguiente paso, en especial, si lo que está en juego es la posibilidad de prolongar indefinidamente la vida humana, vencer enfermedades incurables y mejorar capacidades cognitivas y mentales (2014 442).

Este “imperativo de mejoramiento” codujo a los biólogos a esforzarse por conocer la secuencia del genoma de las diversas especies; a los economistas a concebir la economía como un sistema de procesamiento de datos, i.e., como un mecanismo para acopiar datos sobre los deseos y necesidades de las personas y transformarlos en decisiones, como sucede en los modelos de decisión racional propios de la economía neoclásica donde el objetivo último es la maximización de las utilidades; a los políticos a desarrollar estrategias de control y manipulación de las personas, etc. A todo esto, se suma el enorme poder que en los últimos años ha adquirido la inteligencia artificial donde los algoritmos de *macrodatos* resultan más fiables para la toma de decisiones y donde gracias a la computación cuántica, basada en el principio de

superposición de estados que nos recuerda la paradoja del gato de Schrödinger, el procesamiento de datos será extremadamente rápido, comparado con la velocidad de los computadores actuales, incluyendo los más potentes.

Eso quizás explique por qué en el caso de la primera opción Harari se inclina por lo que él -sin ser muy explícito- denomina el “empoderamiento de los ciudadanos”. Cuidándose de hablar de la “libertad de los individuos” como hablaría el humanista liberal. Sin con ello pretender afirmar que el *dataísmo* –por el que Harari parece tener simpatía– no sea ni humanista, ni liberal y, menos aún, antihumanista.

El humanismo liberal fue un cambio radical frente a la concepción teocéntrica, pues es eminentemente antropocéntrico. En él ya Dios no desempeña el rol protagonista como lo tuvo en Occidente la religión cristiana en el medievo o el confucianismo, el islamismo, el budismo, el taoísmo y otras numerosas sectas e ideologías religiosas en Oriente, desde hace milenios. Con la nueva religión *dataísta* el hombre de ese humanismo liberal no desaparece, solo que se encuentra inmerso en un flujo de datos que lo sobrepasan y no controla. Más aún, para Harari, las decisiones y elecciones humanas, el llamado “libre albedrío” que está a la base del liberalismo liberal, son el resultado, determinista, aleatorio o de una combinación de ambos, de procesos cerebrales en los que tienen lugar reacciones en cadena de sucesos bioquímicos.

En efecto, pese al carácter plurisemántico de nociones como las de “libertad” o “libre albedrío” que tradicionalmente se refieren a la capacidad de autodeterminación responsable de los individuos, Harari en *De animales a dioses* (2015), pero sobre todo en *Homo Deus* (2016) y en su más reciente *best seller* titulado *21 lecciones para el siglo XXI* (2018) considera que esas nociones son meros *flatus vocis*. Escenarios como los del *referendum* o de las llamadas elecciones “libres” tienen más que ver con los sentimientos que con la racionalidad de los individuos, i.e., no con lo que piensan, sino con lo que sienten y son estos sentimientos y sólo ellos los que “guían a los votantes [y] también a los líderes [...]”. Esta confianza en el corazón puede ser el talón de Aquiles de la democracia liberal” (Harari 2018 67). Harari no descarta la posibilidad de que, en un futuro próximo, alguien disponga de la capacidad tecnológica suficiente para adentrarse en los sentimientos y deseos de las personas y así manipu-

larlas. Lo preocupante es que eso ya se está haciendo, como lo muestra el reciente el documental: *The Social Dilemma*² [*El dilema de las redes sociales*] de Jeff Orlowski.

Los sentimientos que están a la base de las decisiones y opciones humanas “son mecanismos que todos los mamíferos y aves emplean para calcular rápidamente probabilidades, de supervivencia y de reproducción” (2018 68); mecanismos de naturaleza bioquímica que se van perfeccionando con la evolución, de suerte que, para Harari, los sentimientos antes que ser lo opuesto a la racionalidad, son la “racionalidad evolutiva”. Nuestras decisiones son el resultado del cómputo probabilístico de millones de neuronas en el cerebro. Más aún, Harari considera que:

Quando la revolución de la biotecnología se fusione con la revolución de la infotecnología, producirá algoritmos de macrodatos que supervisarán y comprenderán mis sentimientos mucho mejor que yo, y entonces la autoridad pasará probablemente de los humanos a los ordenadores (2018 70).

A partir de esta nueva revolución del *dataísmo* se podría decir -como pensaba Jesús Mosterín- que lo que nombramos como la “cultura” no es otra cosa que información que se adquiere por aprendizaje social, distinta de la información genética que se transmite a los individuos mediante los gametos de sus progenitores.³ En el primer caso -el de la cultura- se trataría de información memética, siendo el *meme* la unidad de información cultural básica y, en el otro, de información genética que se transmite a los descendientes, siendo el *gene* la unidad de información básica. Desde

² [Serie documental estrenada en Netflix el 9 de septiembre de 2020](#)

³ La información genética (nuclear) es la que se transmite a través de núcleo de los gametos que originaron el cigoto originario del animal. Esta se encuentra codificada en el genoma y se replica en el de cada una de las células. Tal codificación que tiene el formato de un texto sobre un alfabeto de cuatro letras que corresponden a los cuatro nucleótidos: adenina, timina, guanina y citosina. Este código de cuatro letras fue heredado de nuestro ancestro común y subsiguientemente por todos los seres de la Tierra. La secuencia de estos cuatro nucleótidos forma tiras de ADN que constituyen el cromosoma (Mosterín 1993; Mosterín & Torretti 2002).

este punto de vista -haciendo la salvedad claro está del aprendizaje- una sinfonía de Beethoven, la burbuja de la Bolsa y el Coronavirus, entre otros, son flujos de datos de información que se pueden analizar utilizando los mismos conceptos y herramientas básicos. Para Harari el riesgo está en que los algoritmos de *macrodatos* llegarán a controlar nuestros sentimientos, incluso mejor que nosotros y de ese modo la autoridad pasará de los humanos -como lo propone el humanismo liberal- a los computadores. Pero, para él, lo más amenazante es cuando la información de todas las personas, los macrodatos, está centralizada, si bien se reconoce que para enfrentar problemas epidemiológicos -como el Coronavirus-, este método de control centralizado de los datos biométricos de las personas es más eficiente que cuando la información se encuentra distribuida y es solo parcial. El método centralizado *Orwelliano* sería muy superior a todos los regímenes de vigilancia que han existido: la SS, la KGB, la CIA, etc. Para Harari la gran amenaza que se cierne en el manejo de los *macrodatos* es que las dictaduras digitales estén en manos de unos pocos.

Es conveniente aclararle a Harari que la “libertad” o del “libre albedrío”, el “yo”, la “conciencia” e incluso de la “vida”, son propiedades emergentes, i.e., propiedades o procesos de un sistema -en este caso el cerebro- y, por tanto, no son reductibles a sus partes o elementos componentes. Pretender encontrar la “libertad”, el “libre albedrío” o el “yo” en el cerebro -como lo sugiere Harari- carece de sentido, pues se trata de constructos abstractos, de ideas. Tampoco sería adecuado afirmar que los procesos cerebrales son procesos algorítmicos y no *como si [as if]* fuesen procesos cerebrales, pues la identificación entraña un error categorial, ya que los algoritmos son reglas, recetas o instrucciones formales, i.e., constructos abstractos, mientras que los procesos cerebrales son procesos materiales, bioquímicos. En este caso, lo más adecuado sería afirmar que dichos procesos se pueden simular o modelar *como si [as if]* fuesen procesos algorítmicos o mediante el uso de algoritmos cuyos resultados no siempre se pueden predecir de manera determinista, pues suelen ser aleatorios, azarosos o probabilísticos.

Sin embargo, debemos advertir que si bien el hombre, el *Homo sapiens*, es un ser biológico, también es un ser social, i.e., un ser biosocial, pues es un ser situado en un entorno social en el que, las instituciones, creadas por el mismo, condicionan

-no determinan- nuestras preferencias, deseos, intenciones, etc., algo que Harari no enfatiza. Por el contrario, pareciera defender un reduccionismo biológico o genético cuando de la explicación de la conducta humana se trata. Las razones que, como causas, llevan a los individuos a actuar, son razones en las que obviamente intervienen procesos cerebrales biológicos, pero también condicionantes sociales. En el caso de los seres humanos no todo es biología. Las instituciones sociales, las interacciones y el lenguaje desempeñan un rol muy importante en las decisiones y elecciones humanas.

Sin embargo, aún en estos casos tampoco podemos desconocer -como lo hace John Searle (1997)- que estos actos intencionales – “las decisiones, las creencias, las elecciones, etc.- solo funcionan si se da un conjunto de capacidades de trasfondo, capacidades que no consisten ellas mismas en fenómenos intencionales” (1997 141). Para este autor estas capacidades “capacidades” son “habilidades, disposiciones, tendencias y, en general, estructuras causales” (141) y, cuando habla de “trasfondo”, está hablando de estructuras causales neurofisiológicas, pues se trata de capacidades de mi cerebro. El problema es que como aún desconocemos cómo funcionan estas estructuras causales a nivel neurofisiológico o, sabemos muy poco y, en consecuencia, nos vemos tentados a adscribirles un nivel superior que nada o poco tiene que ver con capacidades causales de mi cerebro. A lo sumo diríamos que se trata de capacidades pre-intencionales como lo hace Searle.

4. EL PROBLEMA ONTOLÓGICO DEL COVID-19

Finalmente me quiero referir a un problema que resulta central para la filosofía, como lo es el problema ontológico del Covid-19, pues aunque resultaría insensato negar su existencia –problema óntico–, algo ya suficientemente establecido, la discusión sobre su naturaleza, i.e., su qué es -problema ontológico-, es algo que todavía no está completamente resuelto, así de este se hubiera realizado, en tiempo record, la secuencialidad de su genoma, i.e., su cómo es, pues la pregunta “¿qué es X?” o qué tipo de realidad que tiene X, es distinta de la pregunta “¿cómo es X?” o cuál es su

estructura. La pregunta *¿qué es?* busca establecer si se trata de una entidad realmente existente, de un no ente, de una ficción, etc.

En el caso del Covid-19 la pregunta obligada es si se trata de un ente u organismo al que la propiedad de la vida se le podría aplicar o si, por el contrario, no es un ente, cosa o un ente biológico y, por tanto, hablar de la vida del Covid-19 carecería de sentido, como sucede con los átomos que componen los seres vivos, de quienes carece de sentido decir que son vivos.

La ontología o metafísica es una disciplina filosófica fundamental dentro de la filosofía, como lo es la epistemología, la axiología, la lógica, etc., e incluso algunos filósofos la identifican con la filosofía misma, de suerte que para ellos ontología = filosofía. El problema es que muchas de las reflexiones ontológicas que se suelen hacer se hacen al margen de las teorías científicas y aunque la filosofía y la ciencia son actividades intelectuales distintas, pues, en el primer caso, se trata de una teorización de segundo orden (meta-teorización) sobre las teorizaciones o interpretaciones que producen los científicos o las comunidades científicas, a saber, las teorías científicas.

Por lo anterior, la pregunta “¿qué es el Covid-19?”, es una pregunta genuinamente ontológica. Sin embargo, pese a ser una pregunta ontológica o metafísica si se quiere, ella, a su vez, no podría responderse sin considerar lo que las teorías científicas nos dicen acerca del Covid-19, i.e., acerca de su estructura (cómo es), de su evolución (cómo cambia), etc.

Algunos científicos a pesar de mostrarse escépticos respecto de la filosofía y de no mostrar ningún interés por ella, no pueden desconocer que a la base de sus teorizaciones e interpretaciones subyacen presupuestos filosóficos. Como son los presupuestos:

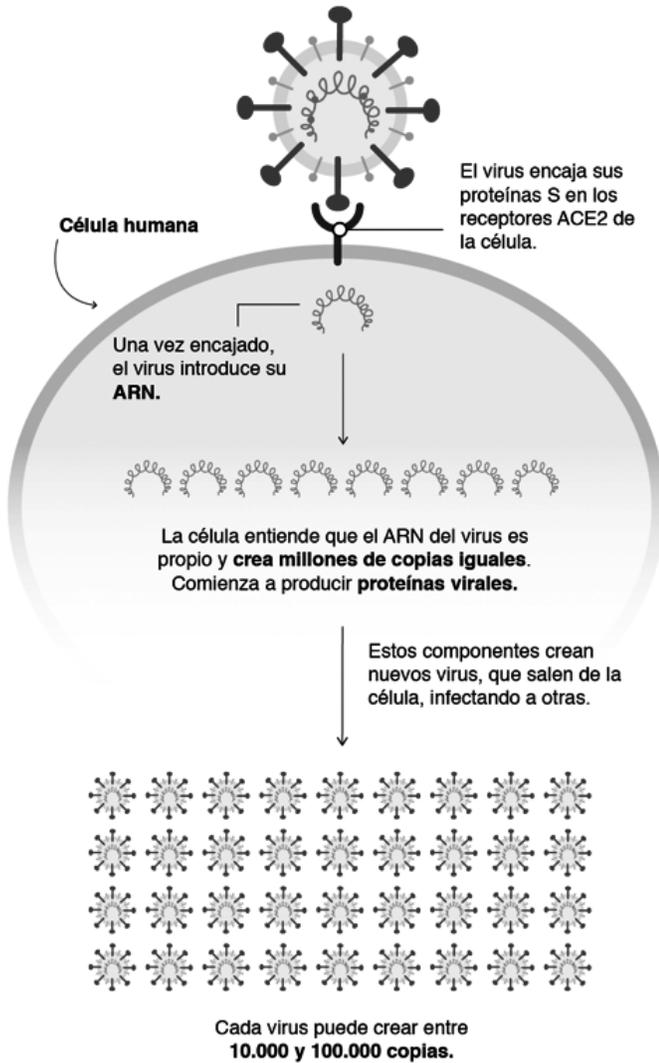
- *Ontológicos* o que tienen que ver con la naturaleza de los objetos o procesos que estudian.
- *Epistemológicos* o que se refieren al conocimiento de dichos objetos o procesos.
- *Metodológicos* o que dicen relación a la naturaleza de los datos, el papel de los indicadores, la contrastabilidad, confirmación o invalidación de las hipótesis, etc.

- *Lógicos* o que se refieren a la forma de los conceptos, de las proposiciones y de las teorías mismas, así como a los tipos de inferencias, las formas de argumentación, etc.
- *Semánticos* o que tienen que ver con la referencia, el sentido y la verdad.
- *Axiológicos* o los que se refieren a los valores, dado que la empresa científica no es una empresa libre de valores, por mencionar los más importantes.

Como presupuesto básico del teorizar, la ontología o metafísica -como una rama importante de la filosofía- no necesita justificación, salvo que adoptemos una postura anti-metafísica, como la de los positivistas y empiristas lógicos. Es así como en el terreno de las teorizaciones biológicas -donde se llevaría a cabo la reflexión ontológica del Covid-19- la ontología o metafísica no puede ser ajena a dichas teorizaciones, si bien, en este caso, no se trataría de una reflexión metafísica general como las que conciernen a preguntas como “¿qué es la materia?”, “¿qué es la vida?”, “¿existen propiedades emergentes?”, “¿hay especies naturales?”, etc., sino una reflexión metafísica u ontológica especial o regional como es la que corresponde a cierto tipo de filosofía, en este caso, a la filosofía de la biología.

Por otra parte, aunque tradicionalmente en la filosofía las cuestiones ontológicas (metafísicas), epistemológicas y semánticas han sido tratadas de modo independiente, hay que reconocer que, aunque se trata de cuestiones distintas, ellas se encuentran estrechamente vinculadas entre sí, como lo avizoró G. Frege a finales del siglo XIX. Al respecto, C. Ulises Moulines (2012) introdujo el neologismo “onto-epistemo-semántica” -y con él una nueva disciplina filosófica- para dar cuenta de los estrechos y recíprocos vínculos existentes entre esas tres disciplinas filosóficas, pues para responder a la pregunta “¿qué es X?, donde “X” es en este caso el Covid-19 (cuestión ontológica), tenemos que conocer X (cuestión epistemológica) y, para conocerlo y conocerlo verdaderamente -así sea en forma aproximada- tenemos que disponer de antemano de esquemas conceptuales o teorías (cuestión semántica). Como son, para el caso del Covid-19, la biología molecular, la genética, la biología celular, la bioquímica, entre muchas otras disciplinas.

Para estos especialistas, el Covid-19 es una molécula de ácido ribonucleico (ARN) arropada por unas cuantas proteínas que tienen una determinada forma tridimensional y su actividad comienza cuando la forma de esas proteínas que la envuelven encaja con las del exterior de la célula, como una llave en una cerradura. En ese momento el virus ingresa en esa célula hospedadora y es tratado por la célula y leído como propio, dado que la célula “lee” su código. En este código están las instrucciones para generar nuevas copias de ADN vírico, como para codificar y sintetizar otras proteínas o lípidos. Cuando esto ocurra el virus se habrá replicado realizando miles o millones de copias, desatendiendo las labores habituales de la célula que son aquellas que favorecen nuestra vida. De este modo, el virus, además de replicarse de forma desmedida, frecuentemente destruye la célula hospedadora que, en el caso del Covid-19 son las del aparato o sistema respiratorio, como es el caso de los pulmones, hasta producir la muerte del paciente. Como lo dice la BBC (29-03-2020) “[e]l coronavirus, como todos los virus, es básicamente un conjunto de instrucciones -fragmentos del código genético- en busca de células a las cuales invadir para obligarlos a seguir sus mandatos”, i.e., una molécula de ARN que encaja sus proteínas S en los receptores ACE2 de la célula hospedera, de suerte que una vez encajado, el virus introduce su ARN y ésta entiende que el virus es propio y crea millones de copias iguales y esos nuevos virus salen de la célula e infectan a otras:



Fuente: The Lancet



Figura 1. Cómo se reproduce el coronavirus en el cuerpo

Fuente: The Lancet

Como lo dicen algunos expertos en el tema, resulta muy difícil clasificar los virus, pues ellos cumplen casi todas las condiciones de los seres vivos, excepto la de codificar proteínas y lípidos, algo que hacen cuando ingresan a las células. Lo que parece ser es que el virus se encuentra en dos estados: un estado de no vivo o inerte antes de ingresar a la célula y un estadio vivo o activo cuando logra ingresar a la célula y se replica millones de veces. Bunge y Hahner (2000) consideran que para que algo sea un ser, vivient, un biosistema, debe ser una entidad o sistema empírico tal que:

1. su *composición* incluye ácidos nucleicos, así como proteínas (tanto estructurales como funcionales, en partículas enzimáticas, y estas últimas le permitan explotar su hábitat).
2. su *ambiente* incluye algunos precursores de sus componentes (y así le permite al sistema ensamblar sus biomoléculas, si no es que todas).
3. su *estructura* incluye capacidades de metabolizar; y de mantenerse y repararse así mismo (dentro de ciertos límites).
4. su *estructura* incluye capacidades de metabolizar; y de mantenerse y repararse así mismo (dentro de ciertos límites.) (Bunge & Hahner 2000 167).

Así, los virus -incluyendo por supuesto el del Covid-19- no serían un biosistema, ni siquiera un biosistema elemental como la célula-, porque solo están vivos con la célula hospedante, como sucede también con los parásitos intracelulares. Si esto es así, establecer el carácter ontológico (metafísico) del Covid-19 no es tan sencillo cuando se lo examina a la luz de la ciencia, si bien lo que podríamos decir es que sin la célula estaría en un estado inactivo y con la célula hospedante, i.e, en el sistema célula hospedante-virus, sería activo y, en ese caso y, solo en este, podríamos decir que está vivo. De suerte que lo que hacen las grasas o lípidos antes que Covid-19 despliegue su acción al ingresar a la célula hospedera, no es matarlo, sino disolverlo porque no está vivo.

En la mecánica cuántica, Ewin Schrödinger introdujo el *Principio de superposición* de estados. Para ilustrarlo, en 1935 propuso un experimento imaginario

popularmente conocido como “el experimento del gato de Schrödinger”, en el que un gato, antes de ser envenenado y estar muerto, se encuentra vivo y muerto simultáneamente i.e., en dos estados contrarios, algo que resulta contra-intuitivo. Sin embargo, a diferencia de lo que sucede en la mecánica cuántica -al menos en una de sus interpretaciones- el Covid-19 no se encuentra *simultáneamente* en los dos estados: inactivo o muerta y activo o vivo. El estado de actividad o de estar vivo sucede posteriormente, i.e., en un tiempo t_2 cuando el virus se encuentra con la célula hospedera. Pero una cosa es el virus que al ingresar a la célula se replica y otra la enfermedad del Coronavirus como el estado de un sistema, en este caso de una persona, cuando los valores de ciertas magnitudes o funciones no se encuentran en el rango de lo que se considera “normal”. En el caso del sistema respiratorio que es uno de los sistemas que preferentemente ataca el Covid-19, debe existir un equilibrio entre el oxígeno O , que inhalamos y el dióxido de carbono CO_2 , que exhalamos. Si este equilibrio no se cumple, i.e., cuando los valores nómicos no se dan, entonces decimos que el estado del paciente es patológico, con mayor o menor grado de patología.

La enfermedad del Coronavirus -como ninguna enfermedad- no es algo que ingresa en un organismo, se “apodera” de él o lo pueda pasar a otro, como sí sucede con el Covid-19, pues esta, como también la salud, es, ante todo el estado de un sistema, en este caso, el estado de un organismo.

Por lo general, solemos definir la enfermedad por oposición a la salud, i.e., como anti-salud al no disponer de un concepto claro y adecuado de ella. La enfermedad no es una cosa, sino un estado patológico o, mejor, un conjunto de estados-patológicos de un organismo de alguna especie. Tal es el caso del coronavirus que resulta explicable por la presencia en el organismo del virus Covid-19 que ingresa y se apodera de él afectando gravemente su sistema respiratorio e impidiendo que los pulmones no funcionen correctamente al no permitir garantizar la cantidad suficiente de O en la sangre. Este estado patológico del organismo se conoce como “hipoxemia” que puede ser leve o severa dependiendo del gradiente de O en la sangre, i.e., de los valores que miden la cantidad de O en la sangre. Con la prueba con la que se miden estos valores, también se establece el equilibrio ácido-base, también conocido como equilibrio del pH , pues un nivel alto o bajo de acidez en la sangre, es síntoma de un

problema en los pulmones o en los riñones. Así, un paciente cuyo sistema respiratorio se vea afectado por el Covid-19 se encontrará en un estado o conjunto de estados anormales, diferente del estado o estados normales en los que se encontraba antes de enfermarse o en el que se encontrará después de curarse.

El estado patológico se presenta cuando en los valores de ciertas funciones -por lo general más de una- son anómalos al no encontrarse dentro de los rangos que se consideran normales.

En el caso que nos ocupa, los valores normales de O en sangre oscilan entre el 90% y el 100% y del CO_2 de 23 a 29 miliequivalentes por litro (MEq/L), que equivale a la concentración de bicarbonato en sangre. En este caso, lo que la ley Henderson-Hasselbach, como ley fundamental de la Teoría del equilibrio ácido-base o de equilibrio ácido-básico, *TEAB* establece es el gradiente del pH en la sangre, *i.e.*, los rangos normales de concentración de hidrogeniones o de iones de hidrógeno (H^+) en los líquidos corporales, en este caso, en la sangre. Esta ley, ligeramente formulada, es:

$$pH = pK + \log [CO_3H] / s \times [Pco_2],$$

donde la constante pK es el valor del pH cuando el líquido corporal existen iguales cantidades de ácido carbónico CO_3H_2 y de ion bicarbonato CO_3H y su valor es 6,1; la constante s representa el coeficiente de solubilidad y su valor es 0,0301. Cabe señalar que en la *TEAB* el espacio matemático de representación -espacio de estados- es tridimensional, pues el número de parámetros seleccionados para representar los estados de los líquidos corporales son tres: pH , CO_3H y Pco_2 , tal como se desprende de la ley fundamental de la *TEAB*.

Cuando la concentración es alta, se dice que los líquidos son *ácidos*, pero cuando es baja se dice que son *básicos* o *alcalinos*. No obstante, aunque se establece una biyección entre los estados de equilibrio y de no equilibrio y los estados fisiológicos de normalidad y de patología, no podemos desconocer que, desde un punto ontológico, en el primer caso estamos hablando de los estados de los líquidos corporales, *v. gr.*, la sangre) y, en el segundo, de los estados de las personas. Finalmente, hay que advertir que el pH y el exceso base, *EB*, al que hoy en día en la medicina

clínica se hace referencia de conformidad con la ley de Henderson-Hasselbach, no son funciones, sino funcionales, pues sus valores reales dependen de funciones como el ion bicarbonato (CO_3H) en mEq/L, de la presión de anhídrido carbónico (PCO_2) expresada en mm de Hg (Véase Jaramillo 2012).

En cualquier forma, es necesario distinguir entre la *causa* la enfermedad y la *enfermedad* misma. Esta última, como se ha reiterado, es el estado de un sistema biológico, en este caso de una persona, -cuando los valores de las funciones que definen el estado del sistema en un momento determinado permiten establecer si la persona está saludable o enferma y en qué grado. Tales valores no van desde cero a infinito, ya que son valores acotados de acuerdo con leyes, como se acaba de reseñar. Por eso la funciones o magnitudes son funciones nomológicas, de *nomos* que significa ley.

Todo esto nos explica por qué es necesario tener un control biométrico permanente de la población y, mediante el análisis algorítmico de todos los datos *-macrodatos-* ejercer una vigilancia y un control de los estados de salud/enfermedad de las personas, de suerte que, con otras medidas como las del distanciamiento social y el lavado de manos, entre otras, el contagio y la enfermedad del Covid-19 se puedan disminuir e incluso llevar a cero, hasta que exista una inmunidad global y se descubra la vacuna.

En estos casos, los mecanismos de vigilancia y de control se convierten en un instrumento eficaz y eficiente para enfrentar la pandemia. Lo que resulta preocupante es cuando esos mecanismos de vigilancia y control se generalizan a otros ámbitos de la vida humana, con las preocupantes consecuencias que ello implica. Como lo dice Harari: “Una población bien informada y auto-motivada usualmente es más poderosa y efectiva que un pueblo ignorante vigilado por la policía” (2020 *Online*).

TRABAJOS CITADOS

Agamben, G et ál. *Sopa de Wuhan: Pensamiento contemporáneo en tiempo de pandemias*. Buenos Aires: Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, 2020.

- Bunge, M. y M, Hahner. *Fundamentos de Biofilosofía*. 1era Ed. México: Siglo XXI, 1980.
- Diéguez, A. *Transhumanismo. La búsqueda tecnológica del mejoramiento humano*. Barcelona, Herder, 2017.
- Han, Byung-Chul “La emergencia viral y el mundo del mañana. Byung-Chul Han, el filósofo surcoreano que piensa desde Berlín”. *El País*, 22 de marzo de 2020. <<https://elpais.com/ideas/2020-03-21/la-emergencia-viral-y-el-mundo-de-manana-byung-chul-han-el-filosofista-surcoreano-que-piensa-desde-berlin.html>>
- Harari, Yuval Noah. *De animales a dioses. Breve historia de la humanidad*. Bogotá: Random House, 2015.
- _____. *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Bogotá: Random House, 2016.
- _____. *21 lecciones para el siglo XXI*. Bogotá: Random House 2018.
- _____. “The World After coronavirus”. *Financial Times*, 2020. <<https://www.ft.com/content/19d90308-6858-11ea-a3c9-1fe6fedcca75>>
- Hegel, G.W.F. *Philosophy of Right*. Translate by S.W. Dyde. London: George Bell and Sons, 1896.
- Jaramillo, J.M. “Consideraciones ontosemánticas sobre el enfoque de espacios de estados. El caso parcial de la teoría del equilibrio ácido-base en fisiología humana”. En *La filosofía de la ciencia en Iberoamérica: Metateoría Estructural*. Madrid, Tecnos, 2012.
- Max Neef, “Manfred Max Neef: La obsesión por el crecimiento es un disparate”. *Revista Entorno*, 2015. <<http://www.revistaentorno.cl/entorno/manfred-max-neef/>>
- Mahner Martín., y Mario, Bunge. *Elementos de Biofilosofía*. México, Siglo XXI, 2000.
- Mosterín, J. *Filosofía de la cultura*. Madrid: Alianza Editorial, 1993.
- Mosterín, J. y R. Torretti. *Diccionario de lógica y filosofía de la ciencia*. Madrid, Alianza Editorial, 2002.
- Moulines. “Ontoepistemosemántica en perspectiva estructuralista”. *Filosofía de la ciencia en Iberoamérica*. Metateoría estructural. Ed. Peris, L. M. Madrid: Tecnos, 2012. 19-32.
- Searle, J. R. *La construcción de la realidad social*, 1995. Barcelona, Paidós, 1997.

Villa, Santiago. “El orientalista de Oriente: las fracturas del texto viral de Byung-Chul Han”. *Revista El estornudo: Alegrías y crónicas* 2020. <<https://revistaelstornudo.com/virus-confucionismo-occidente-byung-chul-han/>>

INDICACIONES PARA LOS AUTORES

La *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* es una publicación académica dedicada a la filosofía de la ciencia y a sus campos afines (lógica, epistemología, ciencias cognitivas, filosofía de la tecnología, filosofía del lenguaje) y, en general, a los temas y problemas que ponen en diálogo a las ciencias con la filosofía. En ocasiones se editan números monográficos sobre autores o temas puntuales. La revista recibe contribuciones en forma de artículos originales y reseñas de libros en español, portugués, francés e inglés. Todas las colaboraciones serán evaluadas por un árbitro de manera anónima y el autor recibirá una respuesta en un lapso no mayor a 90 días. Se entiende que los autores autorizan a la revista la publicación de los textos aceptados en formato impreso y digital.

Todas las contribuciones han de ser enviadas en formato doc, docx, o rtf por correo electrónico a la dirección revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co, y han de cumplir con las siguientes condiciones:

ARTÍCULOS

- El texto ha de ser original e inédito y no se ha de encontrar en proceso de evaluación para su publicación por ninguna otra revista académica.
- Se ha de enviar el artículo en un archivo, en versión anónima y cuidando que las notas a pie de página, agradecimientos o referencias internas en el texto no revelen la identidad de su autor. En un archivo aparte se ha de enviar el título del artículo, el nombre del autor, su afiliación institucional y sus datos de contacto (dirección de correspondencia, correo electrónico y teléfono).
- El artículo debe venir precedido de un resumen en su idioma original que no exceda las 100 palabras, y 5 palabras clave. Se han de incluir también las traducciones al inglés del título del artículo, el resumen y las palabras clave.

- La lista de trabajos citados ha de estar al final del artículo y ha de cumplir con el sistema MLA de la citación para el área de filosofía (<http://www.mla.org/style>).
- Las referencias bibliográficas han de incorporarse al texto y no en las notas al pie de página (las notas a pie de página han de restringirse así a aquellas que contengan información sustantiva), de la siguiente manera: (Autor, página). En caso de que haya más de una obra del autor en la bibliografía, se ha de agregar el año de la obra: (Autor, año, página).
- Las citas textuales de más de cinco líneas han de ubicarse en párrafo aparte con sangría de 0,5 cms. a margen derecho e izquierdo, y no han de estar entrecomilladas. Las citas de extensión menor no requieren párrafo aparte y han de venir entrecomilladas.
- La extensión máxima de los artículos es de 15.000 palabras.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

- Se recibirán únicamente reseñas sobre libros publicados recientemente (cuya fecha de publicación no exceda los últimos dos años).
- Las reseñas han de cumplir con las mismas condiciones para la citación, notas al pie y referencias bibliográficas ya especificadas para los artículos.
- La extensión máxima de las reseñas es 2.500 palabras.
- Los autores de artículos y reseñas que sean publicados en la revista recibirán dos ejemplares de la misma.

DERECHOS DE AUTOR
INFORMACIÓN PARA OBTENER Y REPRODUCIR
DOCUMENTOS PUBLICADOS

Al postular un artículo para su posible publicación, los autores conceden implícitamente su autorización a la Revista para publicarlo. La publicación del artículo en la Revista supone que los derechos de autor patrimoniales pasan a ser propiedad de la institución editora de la Revista, la Universidad El Bosque. La Revista ha definido un formato de cesión de derechos de autor que deberá firmar todo autor que presente su obra para ser considerada en el Comité Editorial. En este sentido, las solicitudes para reproducir artículos publicados en la Revista podrán enviarse por correo electrónico al editor, indicando la referencia completa del material que se desea emplear (volumen, número, año, autor, título del artículo, número de páginas). Es necesario, además, indicar el uso que se pretende dar al material (uso total o parcial, tipo de publicación, institución del editor, fecha aproximada de publicación). El contenido de los artículos es responsabilidad absoluta de sus autores y no compromete, en ningún caso, a la Revista o a la Universidad.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* is an academic journal published by the Humanities Department of the Universidad El Bosque, mainly devoted to the Philosophy of Science and their related fields (Epistemology, Logic, Cognitive Science, Philosophy of Technology, Philosophy of Language) and, in general, the topics and problems that generate dialogue between philosophy and science, whether pure sciences, applied, social or human. Sometimes issues are published on specific topics or authors. The journal receives submissions in the form of original articles and book reviews in Spanish, Portuguese, French and English. Submissions received will be considered by the editorial committee for publication, verifying that they fit their own areas of the journal; after receipt they will be evaluated by an anonymous expert referee and the author will receive a response within a period not exceeding 90 days. It is understood that the authors authorize publication of accepted texts in print and digital.

All submissions must be sent in Word, docx or rtf format, and emailed to the address revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co, and they must meet the following conditions:

ARTICLES

- The text must be original, unpublished and should not be under evaluation for publication by any other journal.
- The author must send the manuscript in a file, in anonymous version and making sure that the footnotes, acknowledgments and internal references in the text does not reveal the identity of its author. In a separate file, the author must include: the article title, author's name, institutional affiliation and contact information (mailing address, email and phone).

- The paper must be preceded by a summary in the original language that does not exceed 100 words and 5 keywords. It should also include the English translations of the article title, abstract and keywords (or the Spanish translation, if the original language of the article is English).
- The complete list of works cited must be at the end of the article and must comply with the MLA citation system for the area of philosophy (<http://www.mla.org/style>).
- References must be incorporated into the text and not in footnotes (the footnotes have to be restricted to those that contain substantive information), as follows: (Author page). If there is more than one work by the same author in the bibliography, in the reference must be added the year of the work: (Author year page).
- Quotations of more than five lines must be placed in a separate paragraph indented 0.5 cm to left and right margins, and don't need quotations marks. The quotations of minor extension don't require a separate paragraph.
- The maximum length of articles is 15,000 words.

BOOK REVIEWS

- It will be received only reviews of recently published books (whose publication date must not to exceed two years).
- The review must meet the same conditions for the citation, footnotes and list of works cited for articles already specified.
- The maximum length of the reviews is 2,500 words.
- The authors of articles and reviews published in the journal will receive two copies of it.

COPYRIGHT - INFORMATION FOR DOCUMENTS ISSUED

By postulating an article for publication, the authors implicitly granted permission to the Journal for publication. The publication of the article in the Journal supposed author property rights become the property of the institution editor of the Journal, Universidad El Bosque. The Journal has defined a format copyright assignment to be signed by all authors to submit their work for consideration in the Editorial Committee. In this regard, requests to reproduce articles published in the Journal may be sent by email to the editor, indicating the complete reference material to be used (volume, number, year, author, article title, number of pages). It is also necessary to indicate the intended use give the material (total or partial use, type of publication, institution editor, and approximate date of publication). The content of the articles is the sole responsibility of the authors and not compromise under any circumstances, to the Journal or to the University.



Departamento de humanidades
Programa de filosofía

Febrero de 2021
Bogotá, Colombia

Contenido

El concepto evolucionario de linaje

Gustavo Caponi (Brasil)

Sobre el lenguaje matemático, la filosofía y la evolución del Tratado elemental de química

Brandon Smith Martínez Costa (Colombia)

De la Filosofía de la Tecnología a la Filosofía de la Ingeniería

Orlando López-Cruz (Colombia)

¿Qué es la tecnociencia? Tecnociencia, poder y entorno

Alonso Nava Amezcua (México)

Ludwik Fleck: la teoría de los estilos de pensamiento y de los colectivos de pensamiento

Carolina García Sánchez (Colombia)

Repensar la acción intencional desde la cognición situada: estados mentales asociativos

Martín Echeverri (Colombia)

Filosofía de la ciencia del cambio climático: modelos, problemas e incertidumbres

Carlos M. Madrid Casado (España)

Algunas reflexiones filosóficas a propósito del coronavirus: la polémica Han-Harari y el problema ontológico el Covid-19

Juan Manuel Jaramillo (Colombia)

Indicaciones para los Autores

