

Vol. XXIII - No. 47

2023 julio - diciembre

ISSN: 0124-4620

EISSN: 0124-4620

rcfc

REVISTA COLOMBIANA DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

2023 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)
Dialnet



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.v23i47>

Volumen XXIII No. 47

2023 julio – diciembre

Editor Edgar Eslava

Editor Asistente José Álvarez

Asistente Editorial Andrés Felipe Montañez

Comité Editorial Gustavo Caponi, *Universidad Federal de Santa Catarina*. Flor Emilce Cely, *Universidad El Bosque*.

William Duica, *Universidad Nacional de Colombia*. Olimpia Lombardi, *Universidad de Buenos Aires*.

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

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

Vicerrectora de Investigaciones Dra. Natalia Ruiz Rodgers PhD

Director del Departamento de Humanidades Camilo Duque Naranjo

Directora del Programa de Filosofía Ana Isabel Mendieta P.

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

Corrección de estilo José Álvarez & Andrés Montañez

Traducción José Álvarez

Concepto, diseño, diagramación y cubierta Editorial Universidad El Bosque

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

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



CONTENIDO

- Jean-Baptiste Lamarck entre la filosofía natural del siglo XVIII y la ciencia positiva del XIX** 11
Eugenio Andrade - Colombia
- Las colonias de hormigas como individuos biológicos** 46
Ana María Martí Balsalobre - España
- Algunas limitaciones epistemológicas sobre los posibles futuros climáticos, políticos y socioeconómicos en leviatán climático de Geoff Mann y Joel Wainwright** 81
Heber Vázquez Jiménez - México
- Ciber-seres en la literatura: el espejo de nuestro propio futuro en la ficción de Asimov y Dick** 117
David Sebastián Lozano Torres - Colombia
- Evaluación crítica de los compromisos epistemológicos, ideológicos y políticos de la neuroeconomía aplicada a políticas públicas** 135
Leonardo Bloise, Carlos Arias Grandio & Guillermo Folguera - Argentina

El concepto de observación en Ludwik Fleck. Aportes para una epistemología socio-histórica <i>José Alejandro López Jiménez – México</i>	163
La razón naturalizada (una justificación empírica de la lógica) <i>María Alicia Pazos - México</i>	185
Traducción: Reason Naturalized (an Empirical Justification of Logic) <i>María Alicia Pazos - México</i>	221
Trans-estadística cuántica desde una ontología de propiedades <i>Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina</i>	255
Traducción: Quantum Trans-statistics from an Ontology of Properties <i>Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina</i>	293
Indicaciones para los Autores	331

CONTENTS

- Jean-Baptiste Lamarck between the Natural Philosophy of the 18th Century and the Positive Science of the 19th Century** 11
Eugenio Andrade - Colombia
- Ant Colonies as Biological Individuals** 46
Ana María Martí Balsalobre - España
- Some Epistemological Limitations on Possible Climatic, political, and Socio-economic Futures in Climate Leviathan by Geoff Mann and Joel Wainwright** 81
Heber Vázquez Jiménez - México
- Cyber-Beings in Literature: The Mirror of Our Own Future in the Fiction of Asimov and Dick** 117
David Sebastián Lozano Torres - Colombia
- Critical Assessment of Epistemological, Ideological and Political Commitments of Neuroeconomics Applied to Public Policy** 135
Leonardo Bloise, Carlos Arias Grandio & Guillermo Folguera – Argentina

The Concept of Observation in Ludwik Fleck. Contributions to a Socio-historical Epistemology

José Alejandro López Jiménez – México

163

Reason Naturalized (an Empirical Justification of Logic)

María Alicia Pazos - México

185

**Translation: Reason Naturalized
(an Empirical Justification of Logic)**

María Alicia Pazos - México

221

Quantum Trans-statistics from an Ontology of Properties

Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina

255

**Translation: Quantum Trans-statistics from
an Ontology of Properties**

Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina

293

Instructions for Authors

335

JEAN-BAPTISTE LAMARCK ENTRE LA FILOSOFÍA NATURAL DEL SIGLO XVIII Y LA CIENCIA POSITIVA DEL XIX*

JEAN-BAPTISTE LAMARCK BETWEEN THE NATURAL PHILOSOPHY OF THE 18TH CENTURY AND THE POSITIVE SCIENCE OF THE 19TH CENTURY

EUGENIO ANDRADE
Universidad El Bosque
Bogotá, Colombia.

landradep@unbosque.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-0133-5251>



RESUMEN

En este texto, presento a Lamarck, como un autor que debe ser considerado, no solo como uno de fundadores de la biología, sino uno de los precursores del positivismo. Se examinarán nociones de “fuerza vital”, organización, “plan de la naturaleza”, “sentimiento interior” y hábito, pilares de su teoría de la transformación. Esta teoría fusiona el determinismo inherente al “plan de la naturaleza” (PN) con el papel más flexible del “sentimiento interior” (SI) y el hábito en la modificación. Es así como, Lamarck defendió un holismo materialista que justifica la imagen de una naturaleza que, al organizar la materia, da lugar a la generación espontánea de seres vivos simples que a lo largo del tiempo se transforman incrementando los grados de organización, culminando con la aparición del hombre. Idea que Comte extrapoló para justificar un progreso social atado a la aparición de las ciencias positivas.

Este trabajo también evalúa la crítica de Comte a Lamarck acerca del papel del medioambiente, cuyo potencial de cambio estaría limitado por “la existencia de “obstáculos

* Este artículo se debe citar: Andrade, Eugenio. “Jean-Baptiste Lamarck entre la filosofía natural del siglo XVIII y la ciencia positiva del XIX”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 11-46. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4039>

interiores” a la modificación, superados en los humanos mediante la emergencia de la sociedad. Ambos autores estuvieron influenciados por François Quesnay, quien propugnaba una sociedad regida por una ética basada en una ley natural biológica. Pero, mientras Lamarck anticipaba el riesgo de la autoextinción humana, Comte consideraba que el verdadero progreso se lograría al convertir esa ley natural en fundamento de una nueva religión secular.

Palabras clave: Lamarck; Comte; plan de la naturaleza (PN); sentimiento interior (SI); filosofía zoológica; generación espontánea; medioambiente; hábito.

ABSTRACT

In this text, I present Lamarck as an author who could be considered, not only as one of the founders of biology, but also as one of the precursors of positivism. Notions of “vital force”, organization, “plan of nature”, “inner feeling” and habit, pillars of the theory of his transformation, will be examined. This theory fuses the determinism inherent in “nature's plan” (PN) with the more flexible role of “inner feeling” (IS) and habit in the modification. This is how Lamarck defended a materialist holism that justifies the image of a nature that, by organizing matter, gives rise to the spontaneous generation of simple living beings that gradually transform over time, increasing the degrees of organization, culminating in the appearance of man. Idea that Comte extrapolated to justify social progress tied to the appearance of the positive sciences.

This work also evaluates Comte's criticism of Lamarck about the role of the environment, whose potential for change would be limited by “the existence of “inner obstacles” to modification, overcome in humans through the emergence of society. Both authors were influenced by François Quesnay, who advocated a society governed by ethics based on a biological natural law. But, while Lamarck anticipated the risk of human self-extinction, Comte considered that true progress would be achieved by converting that natural law into the foundation of a new secular religion.

Keywords: Lamarck; Comte; plan of nature; inner feeling; zoological philosophy; spontaneous generation; environment; habit.

1. INTRODUCCIÓN

Ernst Mayr (1972) predecía que había llegado el momento de juzgar imparcialmente a Lamarck. Aun aceptando que muchas de sus explicaciones pueden ser repetitivas, confusas y erróneas según los estándares contemporáneos, Mayr sostenía que examinar sus ideas sin prejuicios permitiría entender al verdadero Lamarck y apreciar la relevancia de su contribución al pensamiento científico.

La historia de la Biología ha pivotado alrededor de figuras emblemáticas de innegable relevancia, como Charles Darwin. Sin embargo, las contribuciones de los predecesores de Darwin, que desempeñaron roles clave en las grandes transformaciones del pensamiento, a menudo se mencionan de manera fragmentaria y descontextualizada. En este artículo, destinado a aquellos interesados en la historia de las ciencias, especialmente la Biología, presento aspectos del pensamiento de Lamarck basados en notas y reflexiones extraídas de la lectura directa de sus obras más importantes.

Este no es el espacio para resolver la controversia entre las escuelas lamarckiana y darwiniana, que persiste hasta nuestros días. En cambio, este artículo busca incitar una reflexión sobre un autor recordado como precursor de la Biología y el evolucionismo moderno. Lamarck formuló una propuesta que buscaba trascender la filosofía natural, prefigurando lo que luego se reconocería como ciencia positiva.

Este estudio examinará el pensamiento de Lamarck como un esfuerzo para trazar un camino entre las filosofías naturales de Newton y Leibniz (Braustein 1997a 43-49), evitando un determinismo restrictivo y distanciándose de las tesis preformistas. Según Newton, la materia debía concebirse como un sustrato primario, extenso, corpuscular e inercial (pasivo), susceptible de ser movilizado únicamente por la acción de fuerzas externas. En contraposición, Leibniz postulaba que los componentes últimos de la realidad mónadas inextensas e inmateriales, desde las cuales surgían fuerzas generadoras de una materia intrínsecamente dinámica, capaz de organizarse, que se manifestaba en la infinita diversidad de formas vivas. Ambos autores invocaban fuerzas vitales, pero, mientras que para Newton estas eran extrínsecas a la materia y procedían de Dios, vehiculizadas por la luz y el calor, para Leibniz eran potencias inherentes a las mónadas que originaban todas las formas orgánicas existentes.

Dos perspectivas influyeron en las explicaciones sobre la organización de los seres vivos en Francia durante el siglo XVIII. Por un lado, Georges Buffon fundamentó sus tesis en Newton, mientras que Charles Bonnet se inspiró en el pensamiento de Leibniz. Ambos investigadores defendían distintas variantes del preformismo, una teoría que postula que en el óvulo o espermatozoide preexistía un molde o patrón microscópico que contenía el boceto del organismo adulto (Jacob 1982 60-66). Según Bonnet, este molde estaba formado por puntos inextensos e inmateriales, lo que permitía la presencia de una infinidad de moldes, encajados uno dentro del otro, en el óvulo o en las semillas. Bonnet afirmaba que Dios, con su poder infinito, había creado desde el principio de los tiempos una infinidad de especies en forma de germen. Cada una de estas portaba el molde de todos los individuos que surgirían en las generaciones futuras. En cada generación, el desenrollamiento, desdoblamiento y crecimiento de la forma predefinida daba lugar a la forma adulta desarrollada correspondiente (Jahn, Löther & Senglaub 1995 203-210).

Por el contrario, Buffon sostenía que dicho molde estaría compuesto por corpúsculos indivisibles de materia con volumen, lo que haría imposible justificar la existencia de infinitos moldes encajados uno dentro de otro al infinito en la semilla o en el óvulo. El tamaño de los átomos materiales, su solidez e impenetrabilidad, impedirían la existencia de moldes más pequeños que los corpúsculos últimos de materia. Además, sostenía que los moldes de cada especie se habían formado en arcillas primitivas durante una época muy antigua de la tierra, cuando las temperaturas eran propicias. A partir de estos, mediante la incorporación de materia orgánica, surgieron los organismos primigenios de cada especie (Jacob 1982 75-82). El cuerpo de los organismos moldeados de esta manera daría lugar al molde de su descendencia. En otras palabras, las partículas de la materia moldeada en cada órgano del cuerpo se reunirían en los órganos reproductivos para reconstituir el molde que se transmitiría a la generación siguiente (Caponi 2009).

En consecuencia, para Buffon, la transmisión de la forma a la descendencia estaba asegurada por la reconstitución del molde en el interior de los órganos reproductivos en cada generación. Sin embargo, en este proceso, el molde podría alterarse debido a cambios en las condiciones de vida, como el clima y la tempera-

tura, así como la alimentación. Esto podría dar lugar en la siguiente generación a formas degeneradas o distantes del patrón dado por el molde original, lo que abre la posibilidad de argumentar a favor de la modificación de las especies en el tiempo. Se entendía la transformación como un alejamiento de la forma inscrita en el molde original. Lamarck vio con buenos ojos esta hipótesis y consideró que, si se introducía la idea de organización, podría servir para justificar una concepción dinámica, creativa y de múltiples potencialidades de la naturaleza. Lamarck argumentó que existe un orden en la naturaleza, tal como se puede constatar mediante la observación de los cuerpos existentes (2003 50). Además, señaló que la organización es una fuerza que actúa constantemente sobre todas las partes del universo físico. De esta manera, las formas no preexistirían, sino que la naturaleza estaría dotada de un poder y una tendencia a generarlas.

2. FILOSOFÍA NATURAL Y MONISMO MATERIALISTA

En este ensayo, nos limitaremos a explicar las ideas de Lamarck sobre la naturaleza y la vida, temas que inquietan a los filósofos. Para comprender la causa última del movimiento y la organización, es necesario recordar el esquema metafísico de Lamarck, en el que aparecen Dios, la naturaleza y el universo. Dios sería la causa única del orden y del movimiento, que imprime su dinamismo y principios de organización a la naturaleza. Esta última actúa como un todo dinámico que produce una inmensa variedad de seres vivos. En consecuencia, Dios no necesitaría actuar directamente para generar la vida, ya que había transferido su plan a la naturaleza, y ésta se encargaría de ejecutarlo de manera ciega. Por lo tanto, sería incorrecto atribuirle intenciones y metas (Mayr 1972).

Dios renunciaba a su lugar como logos (o principio de explicación), que, a partir de ahora, debería buscarse dentro de la naturaleza. Por lo tanto, sería necesario prescindir de toda mención a la divinidad en las explicaciones científicas. Similarmente a Leibniz, Lamarck argumentaba que la divinidad no tenía por qué intervenir directamente en los procesos naturales. No habría una creación divina, sino una

producción natural, ya que Dios había transferido su poder a la naturaleza (Depew & Weber 1995 109-110).

Lamarck sostenía que el universo, entendido como la totalidad de la materia inerte existente, podría explicarse completamente a través de las leyes de la mecánica newtoniana. Sin embargo, solo se podría explicar a los seres vivos dentro del sistema ordenado y armónico de la naturaleza. En consecuencia, Lamarck se suscribió a un naturalismo no newtoniano que, aunque aceptaba que los seres vivos se generaban espontáneamente y se organizaban por una necesidad mecánica, sostenía que la naturaleza les imprimía una tendencia a incrementar su grado de organización (Barthélemy-Madaule 1982 22-ss).

La obsesión de Lamarck por destacar la continuidad entre lo inorgánico y lo orgánico lo convirtió en uno de los precursores de la noción, todavía por precisar, de autoorganización. Visualizó a los organismos como sistemas materiales que, al organizarse, contrarrestan las influencias disociadoras del entorno, dotándolos de impulsos que con el movimiento aumentan su grado de organización neuronal. Esta organización constituye la base del “sentimiento interior” (SI), y este a su vez, del instinto y la inteligencia. Según Lamarck la fuerza vital de la luz, el calor y la electricidad, una vez interiorizada por las organizaciones más simples, impulsaba las transformaciones hacia organizaciones más complejas, sensibles y autónomas. Punto de vista que concuerda con la idea kantiana de considerar que la propiedad característica de los organismos es su fuerza formadora (*bildende Kraft*) (Kant 1982 § 65 81).

Como se infiere de estos argumentos, es evidente que Lamarck refutó la dicotomía cartesiana de dos sustancias irreconciliables: materia y mente. En su lugar, propugnó un monismo materialista que se alinea con el naturalismo, donde la realidad exhibe dos aspectos o modos de expresión estrechamente asociados. Uno es externo y muestra las propiedades mecánicas e inorgánicas, mientras que el otro, interno, se convierte en el asiento de la organización que posibilita la vida. El aspecto externo alude a la fuerza mecánica de Newton y el interno a la vital propuesta por Leibniz (Andrade 2009 110-115). Al reconocer que los sistemas materiales y vivos están compuestos de la misma sustancia material, Lamarck avanzó más allá de los enfoques de Newton y Leibniz. La organización representaba la línea que separa lo

inerte de lo viviente, y Lamarck describió esta distinción con los términos “externo” (no vivo) e “interno” (vivo), dado que la materia organizada rompía la homogeneidad de la materia inerte, creando un espacio interno estructurado que la aísla del medio externo. El dominio interno estaba bajo la influencia de la fuerza vital, mientras que el externo estaba sujeto a las fuerzas mecánicas (Andrade 2015).

De manera similar, el químico Gabriel Francisco Venel (1753) había reclamado un discurso propio para la química, creyendo que era una ciencia centrada en el estudio del interior de la materia, mientras que la física se enfocaba en los aspectos externos. En consecuencia, la química debería conducir al entendimiento de la estructura interna de la materia y, por ende, de la vida. Profundizando en esta distinción, Lamarck (2003b 202) enfatizó la importancia de establecer una ciencia aliada a la química dedicada a estudiar todo aquello que es común a vegetales y animales.

Es digno de recordar lo que Ernest Haeckel en 1866 escribió sobre Lamarck en la introducción a una traducción de la Filosofía zoológica (FZ):

... la obra de Lamarck es verdaderamente, plenamente y estrictamente materialista (monista), es decir, mecánica; así la unidad de las causas eficientes en la naturaleza orgánica e inorgánica, la base fundamental de estas causas atribuida a las propiedades físicas y químicas de la materia; la ausencia de una *fuerza vital* especial o de una causa final orgánica; la procedencia de todos los organismos de un corto número de formas antepasadas, salidas por generación espontánea de la materia; la perpetuidad no interrumpida de la evolución geológica; la ausencia de revoluciones y especialmente la inadmisibilidad de todo milagro; en una palabra, todas las proposiciones más importantes de la biología monista están ya formuladas en la Filosofía Zoológica (Lamarck 1986 VII).

En este sentido, una de las razones por las cuales Lamarck no tuvo la suficiente acogida en Francia puede ser que su doctrina estuviera asociada a una filosofía cuestionada por ser materialista. No obstante, es importante aclarar que Lamarck reconoció la existencia de una fuerza vital, la cual asoció a una materia fluida, sutil y elástica como el calor, la luz y la electricidad, y fue más allá de la concepción new-

toniana al adoptar un esquema que conecta la determinación física conducente a la vida organizada con la respuesta mediada por el SI, ante los cambios accidentales del medio ambiente (Burkhardt 1995 169). Las respuestas de los organismos a las perturbaciones ambientales provocan modificaciones tanto en las relaciones internas mediadas por los fluidos a nivel fisiológico (acomodamiento interno de las partes), como en las relaciones externas mediante el cambio de hábito (conducta, comportamiento). En mi concepto, ahí reside la coherencia de su perspectiva de sistema, insuficientemente entendida, ya que recurre no solo a una causalidad ascendente de lo físico a lo biológico, sino también a una causalidad descendente de lo psicológico (conducta y hábito) a lo fisiológico y, por ende, a lo morfológico. En esta perspectiva, los organismos se convierten en agentes de su propia transformación al actuar como intermediarios entre los factores determinantes internos y los contingentes o externos, sin necesidad de recurrir a principios teleológicos distintos a la tendencia a propagarse e incrementar la complejidad de la organización.

3. CUATRO PREGUNTAS FUNDAMENTALES

La nueva ciencia anunciada, es decir, la Biología, debería investigar el origen de la organización y la transformación de los organismos en su desarrollo individual y en su evolución temporal, es decir, debería priorizar el estudio de todo lo relacionado con la organización de los seres vivos, con respecto a la clasificación taxonómica basada en rasgos externos. La Biología constituía la tercera parte de un curso de “física terrestre”, mientras que las dos primeras eran la meteorología y la hidrogeología (Staffleu 1971). La Biología comprende todo lo relacionado con los cuerpos vivos: 1. Organización, 2. Desarrollo, 3. Crecimiento en composición con el movimiento continuo, 4. Tendencia a crear órganos especiales y a centralizar su acción en el cerebro.

En el mismo año, Lamarck (2003b 66) planteó cuatro preguntas íntimamente relacionadas que una nueva ciencia, la biología, debería resolver. Estas preguntas fueron formuladas de la siguiente manera: 1) ¿En qué consiste realmente la vida?; 2) ¿Cómo la naturaleza crea los primeros rasgos de la organización en las masas de

materia donde no existía?; 3) ¿Cómo se mantiene activa y disponible la causa activa y estimulante del movimiento orgánico en ciertos climas y estaciones del año?; 4) ¿Cómo el movimiento orgánico, influenciado por una multitud de circunstancias, desarrolla y complica gradualmente los órganos del cuerpo viviente?

Estos cuatro problemas conformaron un proyecto ambicioso de indagación. Sin embargo, carecía de una propuesta metodológica o camino experimental que permitiera avanzar en su resolución, arriesgándose a perderse, como efectivamente ocurrió, en divagaciones sobre una hipotética fisicoquímica de la vida. Estas son preguntas que Lamarck abordó en su intento de justificar una filosofía de la naturaleza.

3.1. ¿CÓMO DEFINIR LA VIDA?

Lamarck (2003b 71) señala que la vida es un fenómeno natural, físico y complejo, que no se refiere a seres específicos en particular, cualesquiera que sean, sino que corresponde a algo genérico. La vida es “un orden y estado de cosas presente en las partes que conforman todos los cuerpos vivos, y que permiten o hacen posible la ejecución del movimiento orgánico, y que mientras subsisten, se oponen eficazmente a la muerte” (Lamarck 2003b 71).¹ La muerte sobreviene cuando la excitación o el espasmo vital cesa de operar, es decir, siempre que la asimilación mediante la nutrición se iguala a lo que el organismo desecha. En otras palabras, la vida se debe a un proceso semejante a lo que hoy en día podríamos identificar con el metabolismo.

¹ “La vie est un ordre et un état de choses dans les parties de tout corps qui la possède, qui permettent ou rendent possible en lui l’exécution du mouvement organique, et qui, tant qu’ils subsistent, s’opposent efficacement à la mort. Dérangez cet ordre et cet état de choses au point d’empêcher l’exécution du mouvement organique, ou la possibilité de son rétablissement, alors vous donnez la mort. Ce dérangement, qui produit la mort, la nature le forme elle-même nécessairement au bout d’un temps quelconque, et en effet c’est le propre de la vie d’amener inévitablement la mort. A l’ordre et à l’état de choses dont je viens de parler, et que j’ai dit constituer la vie, il faut ajouter l’existence d’un organisme vital dans toutes celles des parties du corps vivant, qui doivent se prêter au mouvement organique et concourir à l’exécuter” (Lamarck 2003b 71).

En este sentido, Lamarck consideraba que el medio ambiente jugaba un papel doble y contradictorio: por un lado, posibilitaba la vida suministrando los fluidos vitales; por el otro, amenazaba con destruir la organización existente, homogeneizando y dispersando la materia organizada (Braunstein 1997b).

Desde esta perspectiva, Lamarck postulaba que, en los seres más simples en organización, el espasmo vital y la irritabilidad se debían a la influencia directa del medio circundante. Por esta razón, conservan el movimiento mucho tiempo después de morir, son más fecundos, regeneran con mayor rapidez y facilidad sus partes, y son más abundantes. Sin embargo, son más frágiles y susceptibles de extinguirse cuando las condiciones del entorno son adversas. Por otra parte, en los seres más complejos se dan procesos internos mediatizados por el SI (Lamarck 2003b 215; 1815 14-15), los cuales les permiten captar y absorber las materias nutritivas que pasan a la sangre arterial. Desde ahí, liberan los fluidos vitales que causan el movimiento de las partes blandas del cuerpo, y cuyo flujo se redistribuye al interior del cuerpo. El SI es una facultad animal distinta de la irritabilidad, y solamente existe en los animales sensibles e inteligentes, dotados de nervios.

Tenemos pues que la vida es un orden y un estado de cosas que posibilitan el movimiento orgánico, resultado de la acción de las causas estimulantes que las excitan. La fuerza productora de este movimiento, o causa excitadora, son los fluidos (calórico y eléctrico) sutiles, invisibles, imponderables, penetrantes, expansibles e incontenibles, que se mueven de forma incesante y producen la diversificación de las partes. Esta fuerza solo se interioriza cuando la complejidad de la organización animal ha alcanzado cierto grado (Jacob 1992 142-152).

3.2. ¿CÓMO SURGE LA ORGANIZACIÓN?

Antes de responder a esta pregunta, es crucial destacar que Lamarck concebía los organismos a la manera kantiana, es decir, como totalidades autónomas capaces de autoorganizarse. Como Joan Senent señala en la introducción a la Filosofía Zoológica (FZ):

Para Lamarck, el análisis y la comparación en los seres vivos deben hacerse no solamente sobre los elementos constitutivos de sus distintas partes, sino entre las relaciones internas que se establecen entre dichos elementos. El funcionamiento del organismo debe ser tomado como una totalidad, como un conjunto integrado de funciones y de órganos. De este modo el ser viviente no es una estructura aislada en el vacío, sino que esta insertado en la naturaleza con la que tendrá una serie de interacciones (Lamarck 1971 13-14).

De acuerdo con Lamarck, la fuerza vital se manifiesta en una constante actividad organizadora que impulsa a los organismos a adquirir formas cada vez más complejas, es decir, a transformarse, desarrollarse o evolucionar. Esta tendencia espontánea a la organización daba explicación al fenómeno, aceptado hasta mediados del siglo XIX, de la generación espontánea. La generación espontánea explicaba la transición de lo inorgánico inerte a lo orgánico y vivo. Cuando los pequeños cuerpos gelatinosos formados en medio acuoso capturan los fluidos del entorno en su interior, se produce una expansión de sus cavidades internas por medio de espasmos. El organismo menos complejo era concebido como un punto gelatinoso, transparente y contráctil, a partir del cual se generaba toda la serie de transformaciones (Burkhardt 1995 137).

La base física de la organización reside en el calor, entendido como el fluido vital, una sustancia sutil, elástica e intangible que se expande y contrae, penetrando las partes sólidas de la materia. Su acción es contrarrestada por la fuerza de atracción gravitacional, propiciando que los corpúsculos de materia generen formas organizadas. Al romperse la homogeneidad del medio inorgánico, se generan los organismos más simples, es decir, las formas más imperfectas constituidas por puntos gelatinosos, transparentes y contráctiles. La flexibilidad y consistencia de estas masas gelatinosas permiten que el movimiento orgánico pueda operar en ellas, dando lugar a incrementos de organización. Los microorganismos actuales procederían de generaciones espontáneas recientes, mientras que los animales y los humanos derivarían de las generaciones más antiguas que han tenido más tiempo para ascender en la escala de la organización.

Los fluidos vitales facilitarían la aparición, crecimiento, alargamiento y solidificación de los diferentes órganos, gracias a la apertura de conductos y canales de entrada y salida, favoreciendo la formación de depósitos de materia en su interior (Lamarck 1986 250). Los seres vivos surgen espontáneamente, se organizan y tienden a desplegar una heterogeneidad y asimetría crecientes con respecto a su medio circundante, mediante la acción combinada de fuerzas de atracción mecánicas newtonianas y fuerzas dispersivas vehiculizadas por los fluidos del calor, además de los efectos producidos por la luz y la electricidad (Burkhardt 1995 151-157).

La generación espontánea representaba el problema central que se debería investigar para fortalecer una teoría sobre la vida y su transformación. Lamarck, seguidor de Buffon, consideraba que la materia estaba preparada para generar vida tan pronto como las condiciones de temperatura lo permitieran. Además, creía que la actividad vital explicaba la conformación geofísica de la tierra que daba forma a los arrecifes, capas del subsuelo, estructuras de silicio, piedras calizas y cristales, todos ellos generados por la desestructuración de los seres vivos. Lamarck concordaba con Leibniz al afirmar que la fuerza vital organizaba la materia, y por lo tanto debería constituir un factor primordial en la morfogénesis de la Tierra, además de dar lugar a una tendencia a la producción de formas más complejas con el tiempo.

3.3. ¿CUÁL ES LA CAUSA ACTIVA DEL MOVIMIENTO?

Lamarck (2003a 59-64) sostuvo que las partículas de materia, al considerarse aisladamente, se comportan de acuerdo con la mecánica newtoniana y tienden a disgregarse. No obstante, mediante la acción de la fuerza vital del calor y la electricidad, el “movimiento orgánico” induce la generación de los cuerpos vivos y, por lo tanto, la formación de la materia orgánica que los compone.

A pesar de que Lavoisier había demostrado en 1789 que el calor animal se originaba como consecuencia de una reacción química con un componente del aire al que denominó oxígeno, y no debido a la absorción de ningún fluido calorífico (Ashworth Underwood 1943), Lamarck erróneamente rechazó la tesis de Lavoisier.

En cambio, se aferró a una idea que concebía el calor como un fluido activo y expansivo que penetraba a través de las partes flexibles, volviéndolas irritables mientras se disipaba y renovaba constantemente (Lamarck 2003b 195-197; Burkhardt 1995 68; Gould 2002 180). Agravando aún más el error de Lamarck, Benjamín Thompson² demostró en 1798 que el calor no era una sustancia fluida, sino una consecuencia del movimiento mecánico de las partículas de materia. La noción de la fuerza vital fue definitivamente desacreditada con la formulación de la teoría mecánica del calor y el surgimiento de la termodinámica a comienzos del siglo XIX. Sin embargo, la generación espontánea de Lamarck se ha interpretado como una idea precursora de la autoorganización de sistemas lejos del equilibrio térmico (Prigogine & Stengers 1984 175).

A lo largo del siglo XVIII, los seguidores de Descartes habían considerado los fluidos como sustancias materiales extremadamente sutiles que llenaban y penetraban todo el espacio disponible entre los corpúsculos materiales, poniéndolos en movimiento por contacto directo. De manera similar, Lamarck también explicó la fuerza vital utilizando un modelo mecánico inspirado en la hidráulica, que involucraba las partes sólidas de los seres orgánicos, los fluidos ponderables contenidos dentro de estas partes y los fluidos sutiles que abundan entre las partes y penetran los cuerpos con mayor o menor facilidad (Burkhardt 1995 63, 102-103). Sin embargo, Lamarck consideraba que este modelo era insuficiente, ya que no explicaba cómo el ser organizado mantiene el flujo de los fluidos vitales del calor y la electricidad para crecer, reproducirse y propagarse, aumentando la complejidad de su organización (Riskin 2016 199-206).

² Sir Benjamin Thompson, count von Rumford. Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica Inc. 2014. <https://www.britannica.com/biography/Sir-Benjamin-Thompson-Graf-von-Rumford>

3.4. ¿CÓMO SE DAN LOS INCREMENTOS DE COMPLEJIDAD EN LA ORGANIZACIÓN?

En congruencia con lo discutido anteriormente, los incrementos de organización serían el resultado de la fuerza vital que inducía una tendencia en los seres vivos a modificarse, evolucionando de lo más simple a lo más complejo. Lamarck (1986 XVIII) rechazó la propuesta de Bonnet, inspirada en Leibniz (Packard 1901 142-143), conocida como “la gran cadena del ser”. Según esta idea, la naturaleza contenía una infinidad de seres creados en estado de semilla en el inicio de la vida, los cuales podían ser ordenados en grados de complejidad creciente, desde los más simples, parecidos a los minerales, hasta los más complejos, como los humanos, parecidos a los ángeles. El vasto número de las especies era fijo y no había cambiado desde la creación (Lovejoy 1983 233). Lamarck introdujo un cambio decisivo al postular que la continuidad es el resultado de la transformación gradual de la vida, reemplazando “La gran cadena del ser” por un esquema temporal de sucesión gradual. Lamarck (1986 xv-xviii) invirtió la escala, afirmando que comenzaba con los infusorios y desde ahí se transformaba gradualmente hasta llegar al hombre. Algunos autores han considerado que la inversión de esta escala natural fue equivalente a una verdadera revolución científica, similar a la copernicana en astronomía (Bateson 1972 427).

Si Dios, como autor supremo, había delegado todo su poder a la naturaleza, debería existir un “plan de la naturaleza” (PN). De acuerdo con este, a partir de cada evento de generación espontánea, comenzaría una ascensión hacia la generación de formas cada vez más complejas. Diversos eventos de generaciones espontáneas, ocurridos en momentos y lugares diferentes, darían lugar a series paralelas de transformación. Estas, de acuerdo con el PN, incrementarían el grado de organización, dando lugar a la aparición de los animales no sensitivos o apáticos, los cuales se transforman en sensibles y, finalmente, estos últimos en inteligentes (Lamarck 1986 195-ss; Gould 2022 182). Si definimos la inteligencia por la posesión de un cerebro, todos los vertebrados la poseen. La determinación impuesta por el PN se manifestaba en una tendencia a seguir la misma trayectoria hacia mayores grados de complejidad. De acuerdo con Lamarck (1986 128), en el extremo superior de la serie generada

de esta manera, encontramos los animales más perfectos, cuya organización es más compleja. Mientras que, en el extremo inferior, se encuentran los más imperfectos, cuya organización es tan simple que apenas están dotados de animalidad o movimiento autónomo.³

Este esquema ideal fue modificado por el propio Lamarck cuando se enfrentó a la dificultad empírica de ordenar los seres vivos en una única progresión de complejidad creciente. La diversidad de planos corporales de organización existentes lo llevó a reunir en un gran grupo, que denominó invertebrados, formas tan diversas como gusanos, radiolarios, pólipos, moluscos, crustáceos, arácnidos e insectos. Ante la falta de evidencias empíricas que permitieran hablar de un ancestro común de todas las formas de vida, postuló dos grandes series independientes de complejidad creciente: una que, a partir de los infusorios, da lugar a los pólipos y de estos a los radiolarios; y otra que, originándose en los gusanos, se divide en dos. Una de ellas genera la serie que va de insectos a arácnidos y crustáceos, y la otra, va de los anélidos a cirrípedos y moluscos. A su vez, a partir de los moluscos tiene lugar una modificación progresiva que da lugar a los peces y reptiles para ramificarse en aves y monotremas, por un lado, y mamíferos anfibios por el otro. Es decir, aún no era

³ En uno de los extremos de la serie encontramos los animales más perfectos en todos los sentidos, y cuya organización es más compleja; mientras que en el extremo opuesto de la misma serie se encuentran los más imperfectos que existen en la naturaleza, aquellos cuya organización es más simple, y que apenas se consideran dotados de animalidad” (Lamarck 1986 105).

“Se ve por ello, de una parte, que, si los vertebrados difieren mucho unos de otros por el estado de su organización, es porque la Naturaleza no ha comenzado a ejecutar su plan respecto a ellos más que en los peces, plan más avanzado en los reptiles, más aún en las aves, y terminado por completo con los mamíferos superiores” (Lamarck 1986 126).

“Con respecto a los invertebrados, la naturaleza procedió gradualmente del más simple al más complejo. Pues habiendo tenido por objeto el llegar a un plan de organización que permitiese el mayor grado de perfeccionamiento (el de los vertebrados), plan muy diferente de aquellos que había de formar para llegar a ello, se adivina que entre estos animales habrá de encontrarse, no solo un sistema de organización perfeccionado progresivamente, sino diversos sistemas muy distintos, habiendo debido resultar cada uno de ellos del punto en que cada órgano de primera importancia ha comenzado existir” (Lamarck 1986 128).

demostrable la existencia de un origen común entre las grandes ramas de la vida animal, y además era forzoso postular eventos de generación espontánea diferentes para explicar el surgimiento de las plantas.

La serie de complejidad creciente se reflejaba a nivel de filo (phylum), clases y órdenes taxonómicos, a partir de los cuales surgieron las diferenciaciones o degeneraciones que caracterizan a las familias, géneros, especies y razas existentes. Lamarck consideraba las propiedades más generales de los planes de organización como primarias, en tanto que habían sido generadas de acuerdo con el PN, mientras que las más específicas se consideraban secundarias, ya que eran producto accidental de las circunstancias, como el clima, la temperatura, el aire, el agua, los hábitos alimenticios, las actividades, etc.

Así, Lamarck explicaba la existencia de ramificaciones en las series progresivas, las cuales veía como desviaciones del plan (Corsi 1988 189)⁴. En este contexto, Lamarck fue un precursor de los árboles evolutivos ramificados que los darwinistas luego contribuyeron a precisar, ubicando posibles ancestros comunes y ramas proporcionales a los tiempos de divergencia. No obstante, Lamarck no logró reunir evidencias empíricas que permitieran justificar un único evento de generación espontánea, o lo que hoy llamaríamos un ancestro común de todas las formas de vida.

⁴ “The plan followed by nature in producing animals clearly comprises a predominating first cause. This endows animal life with the power to make organization gradually more complex. This progressive complexification of organisms was in effect accomplished by the said first cause of all existing animals. Occasionally, a foreign accidental, and therefore variable cause has interfered with the execution of the plan, without, however, destroying it. This has created gaps in the series, in the form either of terminal branches that depart from the series in several points, and alter its simplicity, or of anomalies observable in specific apparatus of various organisms”. Cita de Lamarck 1815. *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres* (1815-22), Vol. 1, 133. Pietro Corsi, *The Age of Lamarck: Evolutionary Theories in France 1790-1830*, trans. J. Mandelbaum (1988), University of California Press. P.189.

4. LAS TESIS TRANSFORMISTAS

Lamarck concibió la transformación de la vida como parte de un todo, dotado de una tendencia constante hacia la perfección, una idea muy cercana al ideal de la filosofía natural de Schelling (Barthélemy-Madaule 1982 34). Las respuestas a las preguntas anteriores se sintetizan en la propuesta de una tesis de transformación gradual y continua que buscaba interpretar las observaciones empíricas basadas principalmente en comparaciones anatómicas.

Este marco conceptual se oponía abiertamente a la idea según la cual el vasto número de las especies creadas era fijo y permanecía sin cambiar desde la creación. Lamarck muestra en cada una de las ramas evolutivas una sucesión de formas que se modifican, volviéndose cada vez más complejas, desde los seres “apáticos” (infusorios carentes de sistema nervioso), a los “sensibles” (invertebrados que poseen sistema nervioso, pero sin cerebro), y de estos a los “inteligentes” (vertebrados, con sistema nervioso y con cerebro). Así, a medida que uno desciende en la escala de complejidad, las “facultades propias de la animalidad” (entre las cuales destaca la irritabilidad, la capacidad de regenerar partes y la de multiplicar los individuos) disminuyen, pero abarcan un número mucho más amplio de formas de vida. Mientras algunas facultades son comunes a todos los seres vivos, otras sólo están presentes en algunos, como la sensación que requiere de la aparición de un complejo sistema nervioso (Lamarck 1815 267-271).

La Filosofía Zoológica (1986 167-168) interpreta la diversidad de formas animales como el resultado de la tensión entre una tendencia hacia un creciente nivel de organización dentro de una gradación regular y la influencia restrictiva de una variedad de circunstancias que amenazan con perturbar la regularidad en dicha gradación. Según Lamarck, hay factores internos y externos que inciden en el cambio. Los factores internos se refieren a la tendencia de la fuerza vital a seguir el PN, incrementando la complejidad de la organización. Los factores externos son influenciados por circunstancias o sucesos que ejercen una influencia disruptiva, desviando el PN y dando lugar a la diversificación. Los caracteres internos o primarios deben su existencia a

la fuerza vital, mientras que los externos o secundarios surgen debido a la influencia del entorno.⁵

El PN se habría manifestado con mayor claridad en ausencia de las fluctuaciones impuestas por las circunstancias. Es decir, si la causa que busca incrementar la complejidad de la organización fuera la única que influenciara la forma y los órganos de los animales, el incremento en la complejidad de la organización se daría de manera regular en todos los lugares. Cada especie es constante y se reproduce sin cambiar (sus partes externas) en las circunstancias en las que vive normalmente, y no cambiará mientras las circunstancias permanezcan constantes. Aunque las circunstancias cambien accidentalmente, los organismos reaccionan a estos cambios modificando sus hábitos, un hecho que afecta al estado de los órganos y la organización, produciendo modificaciones considerables con el paso del tiempo. Las respuestas al ambiente alteran la dirección y el patrón de los fluidos corporales, modificando la forma del organismo, y dado que los cambios del entorno son accidentales, se producen ramificaciones de las series principales. Como resultado, la evolución es principalmente progresiva, y las divergencias son accidentes secundarios. Los incrementos de complejidad implican una diferenciación creciente de las partes, equilibrada por una integración cada vez mayor de los sistemas de coordinación, como la circu-

⁵ “Resultará, en efecto, evidente que el estado en que vemos a todos los animales es por una parte el producto de la composición creciente de la organización que tiende a formar una gradación regular, y por otra parte, que es el de las influencias de una multitud de circunstancias muy diferentes que tienden continuamente a destruir la regularidad en la gradación de la composición creciente de la organización. Al llegar aquí, resulta necesario que me explique sobre el sentido que atribuyo a estas expresiones: Las circunstancias influyen sobre la forma y la organización de los animales, es decir, que, llegando a ser muy diferentes, cambian con el tiempo esta forma y la organización misma por modificaciones proporcionadas. Ciertamente, si me tomasen estas expresiones al pie de la letra, se me atribuiría un error, porque cualesquiera que puedan ser las circunstancias, no operan directamente sobre la forma y la organización de los animales ninguna modificación. Pero grandes cambios en las circunstancias producen en los animales grandes cambios en sus necesidades y tales cambios en ellas las producen necesariamente en las acciones. Luego si las nuevas necesidades llegan a ser constantes o muy durables, los animales adquieren entonces nuevos hábitos, que son tan durables como las necesidades que los han hecho nacer” (Lamarck 1986 167-168).

lación sanguínea, el sistema nervioso y el cerebro. La naturaleza dispone de factores tanto intrínsecos como extrínsecos para producir las transformaciones. Los primeros estarían determinados por la interiorización de la fuerza vital, y los segundos corresponderían a las circunstancias externas que ejercerían una acción indirecta sobre las propiedades, la estructura y la herencia de los seres vivos (Jacob 1982 94-96).

Es así como la transformación obedece a una necesidad causal interiorizada por los organismos, que los induce a contrarrestar las desviaciones al PN ocasionadas por las circunstancias, sin implicar la existencia de propósito, intención, conocimiento o voluntad en sus operaciones (Lamarck 1815 304-341). La transformación ocurre debido a que grandes cambios en el medio ambiente producen cambios en las necesidades de los organismos y, por tanto, en las acciones para satisfacerlas. Si las nuevas necesidades se vuelven constantes o muy duraderas, los animales adquieren nuevos hábitos, los cuales se heredan a las generaciones siguientes (Lamarck 1986 166-168). Los organismos reaccionan a los cambios accidentales del medio, modificando sus hábitos, hecho que afecta la distribución de los fluidos corporales, modificando la forma del organismo, produciendo ramificaciones de las series principales. Sin embargo, como señala Caponi (2007), los organismos no tienden a adaptarse al medio ambiente, sino a minimizar su desviación del PN.

Lamarck (2003b 50) afirmó que no es la forma del cuerpo o de sus partes lo que da lugar a los hábitos, sino que, por el contrario, los hábitos, el modo de vida y las circunstancias definen la forma de los cuerpos y las partes de los animales. El criterio funcionalista (la función determina la estructura) solo se aplicaba a las características secundarias, ya que las primarias estaban determinadas por el PN y, por tanto, se les aplicaba el criterio estructuralista (la estructura determina la función). Es decir, las circunstancias externas explicaban únicamente las desviaciones de la gradación regular en la escala animal representadas por las ramificaciones laterales.

De las leyes del uso y desuso de los órganos y de la herencia de las características adquiridas, se infería que las modificaciones evolutivas provenían de los ajustes fisiológicos y conductuales de los organismos a las condiciones fluctuantes del entorno. En los animales más simples, los hábitos eran el efecto directo de causas externas, pero en los más complejos, la influencia del entorno debía ser indirecta, ya

que estaba mediada por la respuesta a los estímulos del entorno en concordancia con la organización del sistema nervioso. En consecuencia, los animales invertebrados están motivados por instintos, los vertebrados por ideas e instintos, y solo los humanos por la voluntad, ideas e instintos.

5. ENTRE EL DETERMINISMO Y LA CONTINGENCIA: LA LEY DEL “HÁBITO”

Las explicaciones previas plantean la pregunta: ¿Cómo se puede reconciliar la tendencia determinista impuesta por el PN a incrementar la complejidad de la organización con la ramificación de las series debido a fluctuaciones accidentales (azarosas) de las circunstancias? El problema radicaba en cómo entender la ley que rige la diversificación de las ramas laterales. La respuesta a esta pregunta llevó a postular la ley del hábito, pero para entenderla es necesario ampliar lo que Lamarck entiende por SI (Lamarck 1815 238-239), (Burkhardt 1995 167-170).

Además, la capacidad de adaptarse a las circunstancias reside en el SI (Lamarck 1815 238-239), concepto que se refiere a la unidad del sistema orgánico a través de un centro capaz de inducir acción en un conjunto de partes, de manera que cuando el sistema se excita por una necesidad cualquiera, actúa de inmediato de manera coordinada. Este es un argumento a favor de la existencia de un centro de coordinación (todavía no demostrado) ubicado en el cerebro, que se encarga de garantizar la unidad del sistema orgánico de sensaciones. Nos encontramos ante la formulación de una hipótesis materialista sobre la mente basada en la interconexión de todas las partes a través de un centro de coordinación neuro cerebral que, al ser inducido o estimulado, pone instantáneamente en acción las partes del cuerpo requeridas para satisfacer la necesidad que apremia. Esta actividad es puramente física y no involucra ninguna voluntad.

El hábito de ejercitar un órgano o parte del cuerpo específicos para satisfacer necesidades recurrentes hace que el SI se ejercite en redirigir el curso de los fluidos de manera apropiada para satisfacerlas. Es decir, el uso de los órganos a lo largo de

la vida los desarrolla y fortalece, mientras que el desuso los atrofia. En la *Filosofía Zoológica* (1986 175),⁶ Lamarck enuncia dos leyes que afirma haber verificado mediante observación. Según la primera, las modificaciones evolutivas surgen como resultado del uso y desuso de los órganos, que los fortalece o debilita respectivamente. La segunda se refiere a la conservación a través de las generaciones de los cambios ocurridos por uso y desuso, y se conoce como la ley de la herencia de los caracteres adquiridos.

De estas leyes se infiere que las modificaciones evolutivas emergen de ajustes fisiológicos de los organismos a las condiciones del entorno durante su vida. El hábito en los animales más simples se origina por los fluidos provenientes del entorno, que abren una diversidad de canales microscópicos en su interior. Cuando estas rutas internas se estabilizan y se hacen más complejas, se transforman en la causa mecánica de los hábitos (Burkhardt 1995 168). De este modo, el hábito que surgió por causas puramente mecánicas en los grados más simples de organización se convierte en la causa de los incrementos de complejidad u organización, similar a la aseveración de Kant sobre que los organismos son causa y efecto de sí mismos (Kant 1992 § 65).

A medida que crece la complejidad de la organización animal, la influencia del entorno deja de ser directa y es intermediada por el SI, que requiere del sistema nervioso. De ahí que el cambio en comportamientos, conductas y costumbres de los organismos se constituye como el factor responsable de la modificación diferencial de los órganos. Los hábitos, las costumbres, los modos de vida y las circunstancias de los individuos, con el tiempo, influyen en el moldeamiento de la forma corporal y

⁶ “Primera ley: En cada animal que no ha alcanzado el término de su desarrollo, el uso frecuente y sostenido de cualquier órgano lo fortalece poco a poco, lo desarrolla en proporción a su uso, mientras que el desuso de un órgano lo debilita insensiblemente, lo deteriora y progresivamente disminuye sus facultades hasta causar su desaparición”. “Segunda ley: Todo lo que la naturaleza ha hecho que los organismos ganen o pierdan por la influencia de las circunstancias a las que han estado expuestos por largo tiempo, y en consecuencia por la influencia predominante del uso y desuso constante de un órgano o parte, se conserva a través de las generaciones en los nuevos individuos que descienden de ellos, provisto que estos cambios son comunes a los dos sexos o al menos en aquellos que producen nuevos individuos” (Lamarck 1986 175).

de los órganos internos. Un ejemplo de esto son las aves playeras que, en su esfuerzo por evitar que sus cuerpos se mojen, adquirieron el hábito de estirar y alargar sus patas, descartando que se trate de un intento consciente o iniciativa por parte de los organismos. La transformación a lo largo del tiempo estaría garantizada por las modificaciones que se transmiten a la siguiente generación cuando afectan a los sistemas reproductivos de individuos de ambos sexos.

Asimismo, la jirafa, un herbívoro que habita en tierras áridas, se ve forzada a alimentarse del follaje de los árboles, por tanto, se ejercita para alcanzarlo. La idea de que los organismos se esfuerzan motivados por un deseo o necesidad no implica un intento consciente ni iniciativa alguna por parte de los organismos. Simplemente, están respondiendo “desde adentro” a una necesidad sentida. Además, los aumentos en complejidad se deben a que en los animales surgen nuevas necesidades que requieren nuevas acciones para satisfacerlas, lo cual, en algunos casos, conduce a forzar el uso de un órgano y, para darle un uso nuevo, y en otros, al desuso de otro (Lamarck 1986 174).

Por lo tanto, el mecanismo de transformación sería el siguiente: 1. Cambio en las condiciones de vida o entorno. 2. Desajuste o estrés en el organismo. 3. Emergencia de nuevas necesidades en los organismos. 4. Esfuerzo del organismo para satisfacer dicha necesidad y resistir la influencia del entorno. 5. Cambio de hábitos en el organismo, con modificaciones resultantes del uso y desuso de órganos. 6. Redistribución del fluido interno debido a los nuevos hábitos. 7. Transmisión de la modificación del organismo a la siguiente generación, ya que afecta los sistemas reproductivos. En cada generación, los organismos se esfuerzan por adaptarse a las nuevas circunstancias y así mantener su funcionalidad. En otras palabras, Lamarck enfatiza el papel activo de los seres vivos en su propia transformación, como la única opción para mantener su actividad frente a cambios ambientales accidentales. Este proceso de adaptación fisiológica al medio ambiente permite que, a pesar de las perturbaciones, la desviación morfológica con respecto al PN sea mínima.

En resumen, en los seres más simples, la organización surge de la influencia directa de los fluidos vitales del ambiente, pero una vez que la organización ha aumentado, el SI -la base de las emociones, sensibilidad e inteligencia-, toma el control de

la transformación. Desde este punto de vista, se comprende por qué la organización crea un espacio interno, característico de la vida, en contraposición a uno externo, regido por leyes mecánicas. Los organismos responden a las demandas impuestas por las circunstancias a través de acciones destinadas a satisfacer las necesidades más urgentes, dando lugar a hábitos. Así, los hábitos se convierten en la agencia mediadora entre un entorno fluctuante y aleatorio, y los cambios morfológicos heredables en los organismos.

6. ORGANICISMO EN LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS Y SOCIALES

Existe una fecundación cruzada entre las Ciencias sociales y la Biología. Lamarck fue fuertemente influenciado por Jean Jacob Rousseau y se mantuvo fiel a sus ideales en tiempos cambiantes, la monarquía, la revolución, el terror y el directorio que prefiguraba la restauración bonapartista. Al final de su vida tanto la biología como la sociología fueron reconocidas por Augusto Comte como ciencias positivas, sin desconocer las especificidades de cada una de ellas, además de las diferencias en metodologías, reconociendo en la anatomía comparada propuesta por Georges Cuvier y Geoffroy de Saint-Hilaire uno de los rasgos distintivo de la primera (Lewes 1996 178) y el método histórico para la segunda.

Lamarck había utilizado el método comparativo para clasificar los invertebrados, y a partir de sus disquisiciones sobre el PN sembró la semilla para entender la biología como una ciencia histórica. Esto es, la biología ocupa un lugar especial entre las ciencias físicas y químicas, que son más generales y deterministas, y, por otro lado, las ciencias sociales, que son más específicas e históricas. La sociología, por su parte, sería el complemento de la historia natural del hombre y de los seres animados en su conjunto, toda vez que el hecho social constituye el medio ambiente natural en el que nos desempeñamos. El sistema biológico implica una armonía entre el organismo y su entorno, sin la cual ni los animales ni los humanos existirían. El estudio de los individuos sería materia de la fisiología, y el de las especies, de la sociología (Comte 2007 142-146).

Si la característica fundamental de la vida radica en la armonía entre el ser viviente y su medio correspondiente, queda sin fundamento el argumento de Xavier Bichat que sostiene que la vida es el conjunto de funciones que resisten a las influencias supuestamente destructoras del medio ambiente (Comte 1838 288-289). En otras palabras, la vida no debe entenderse como algo separado e independiente del medio ambiente, ya que este proporciona las condiciones externas necesarias para su existencia y mantenimiento.

Comte estudió a Lamarck, de quien adoptó la idea de que la vida es un fenómeno general que se manifiesta en niveles de complejidad creciente (Gillespie 2004 159), resultado de los procesos de composición y descomposición que se llevan a cabo en el interior de los organismos en un medio ambiente apropiado (Packard 1901 60). Aunque Comte veía la transformación progresiva de la sociedad como una continuación del PN, aceptaba, siguiendo a Cuvier, que no existían evidencias empíricas que justificaran una tendencia progresiva única que se consolida con el tiempo. Más bien, consideró que las cuatro grandes ramas de la vida animal (radiolarios, moluscos, articulados y vertebrados) postuladas por Cuvier indicaban que en los diferentes planos de organización se evidenciaba una estrecha relación entre la anatomía y la fisiología, es decir, entre la estructura y la función (Comte 1838 304). A pesar de que Lamarck había propuesto que los radiolarios constituían un plan corporal de organización independiente surgido de una generación espontánea diferente y que habían ocurrido ramificaciones tempranas en la transformación de la vida animal, Comte consideraba que la controversia sobre un único PN aún no estaba resuelta.

Discutiendo sobre las tesis de Lamarck, Comte considera que el SI y el hábito explican las correlaciones funcionales entre las partes internas del cuerpo, pero no necesariamente entre los organismos y el medio ambiente. En la lección 40 de su “Discurso de Filosofía Positiva”, sostuvo que el vínculo entre la estructura corporal y el medio ambiente se establece mediante la función (Comte 1838 269-ss). Comte argumentó que no fue tanto la progresión temporal el principal aporte de Lamarck, sino su percepción de que el medioambiente es el agente principal de cambio de los seres vivos. Al igual que la revolución social creó condiciones para que los individuos pudieran determinar libremente sus vidas, para Lamarck, los organismos eran

agentes de progreso universal en la medida en que podían responder a las influencias del medio ambiente (Depew & Weber 1995 52). Sin embargo, Comte sostenía que Lamarck se había equivocado al atribuir al medio ambiente un exagerado poder de modificación sobre las producciones de la naturaleza, como si fuera una causa última superior. Según Comte, Lamarck no enfatizaba suficientemente la autonomía de los organismos, y también criticó su prodigalidad respecto a un concepto de tiempo ilimitado, que se convertía en un factor favorable para la producción de cualquier tipo de cambio (Braunstein 1997b 562).

Comte consideraba que el medio ambiente (*milieu*) no es solamente el fluido en el que están inmersos los organismos, sino el conjunto de condiciones exteriores físicas (peso, presión, movimiento, reposo, calor, luz y electricidad) y químicas o moleculares, necesarias para la existencia de un organismo determinado. Por lo tanto, estas condiciones establecen los límites a la variabilidad de los organismos. Los estudios empíricos podrían llegar a inferir, para un medio ambiente determinado, la función de un órgano al conocer su estructura, o viceversa (Comte 1838 304-ss). No existía una supuesta variabilidad indefinida de las especies, como parecía sugerir Lamarck, pero tampoco una falta de espontaneidad que las haría depender exclusivamente de las condiciones externas. Se trataba de entender la espontaneidad de los organismos como un factor determinante en el mantenimiento de una relación armónica con el medio ambiente. La relación entre los organismos y el medio ambiente constituye la condición fundamental de la vida y, por lo tanto, el fundamento del concepto de vida (Comte 1838 288-289). En la lección 40, Comte habla de la sujeción de los fenómenos vitales a leyes generales, y pensaba que las acciones y reacciones entre los seres organizados y sus medios ambientes daban lugar a una armonía que podría entenderse como una ley que explica por qué la vida se constituye de acuerdo a las estructuras funcionales. Aquí, es posible percibir que, aunque existe un amplio margen para las variaciones posibles, estas son limitadas. Este problema invita a resolver, mediante investigación experimental, en qué medida los seres vivos dependen de su fisiología y qué tanto de las condiciones circundantes de vida. Por ende, una teoría del medio ambiente debería definir los límites a la variabilidad de los organismos.

En consecuencia, los organismos más modificables son los más complejos, ya que tienen la capacidad de modificar permanentemente el medio ambiente (Comte 1838 328). Los organismos no son moldeados pasivamente por las fuerzas externas, ya que el potencial del medio ambiente para inducir variabilidad está restringido por la constitución orgánica de los seres vivos. Estas restricciones o “obstáculos interiores” se deben a que la coordinación funcional entre los diferentes órganos que conforman a los organismos es mucho más estricta que la existente entre los organismos y su medio ambiente (*milieu*) (Comte 1838 328). Por lo tanto, deben existir límites estrictos para la modificabilidad de los organismos. Las necesidades sentidas de los organismos crean, mediante los cambios de hábitos, modificaciones de las facultades solo cuando los “obstáculos interiores” no son significativos. Mientras que, para Lamarck, los “obstáculos interiores” debidos a la constitución de los seres vivos eran mucho mayores en los animales superiores y los humanos, para Comte, por el contrario, los animales superiores y especialmente los humanos evolucionaban más rápidamente que los inferiores. La diferencia residía en que Comte ya no se refería únicamente a la evolución morfológica y funcional, sino al desarrollo de la sociedad humana.

En este sentido, Comte señala que la sociabilidad permite a los humanos superar los obstáculos a la modificación impuestos por su constitución biológica interna. Por ende, una teoría del medio ambiente debería explicar cómo la acción de los seres vivos sobre su entorno les permite superar estos “obstáculos internos” para adaptarse mejor a nuevas situaciones, a través de la constitución de sociedades que evolucionan progresivamente. La acción modificadora del medio ambiente es una actividad social, no puramente individual, que se realiza en un tiempo histórico. Las modificaciones al medio ambiente provocadas por los humanos son más intensas, razón por la cual deben estar reguladas o por una ley social, no puramente biológica. Como hemos visto, aunque la biología de Lamarck a pesar de no haber alcanzado aún el estado positivo, allanó el camino para el surgimiento de la sociología. No obstante, así como la transformación progresiva de los seres vivos permitió el surgimiento de las sociedades humanas, estas deberían favorecer el desarrollo armónico de los seres vivos con su medio ambiente. Por lo tanto, para Comte, la sociología sustenta una teoría del medio ambiente que actúa como una ley natural o física general que regula

el mundo de la vida que la hizo posible. En esta situación, las relaciones causales se invierten, dando prioridad a lo que hoy conocemos como enfoque top-down, en contraste con el clásico bottom-up, a medida que los seres vivos luchan por mantener relaciones armónicas con el medio ambiente. En consecuencia, los humanos son agentes que negocian entre las determinaciones fisiológicas (físicas y químicas) y las demandas del medio ambiente a fin de mantener la armonía con el medio ambiente social que ellos mismos han construido,

En términos del entendimiento de lo humano, la sociología propone un estudio sintético antropológico, el cual presupone el análisis de las etapas vegetativas y de la animalidad. Por lo tanto, la sociología no es simplemente una extensión de la biología, sino el estudio de un nivel superior de organización que, a través de la observación histórica, revela la existencia de una ley natural que, tal como veremos, converge con una ley moral al estilo de François Quesnay (Venter 2002). Las relaciones que sostienen la vida, necesarias para garantizar la nutrición y la reproducción, junto con el instinto maternal, suscitan espontáneamente los primeros indicios de sociabilidad allí donde la moral natural no ha sido corrompida. De esta forma, la existencia física de los animales, a diferencia de la de las plantas, siempre va acompañada de una existencia moral cuyo desarrollo caracteriza a la naturaleza humana. En consecuencia, Comte (1929 618-619) percibía a la especie humana como una unidad en la que sus órganos, individuos y naciones, deberían regirse por un principio de solidaridad universal como el único medio para lograr una evolución progresiva y armónica de la humanidad. Esto implicaría una organización de la sociedad en conformidad con las contribuciones del conocimiento derivado de la biología, el cual se traduciría en el cuidado y protección de la vida y el medio ambiente.

La evolución social, según Comte (1980 15-32), se caracteriza por una serie de etapas históricas análogas al desarrollo individual que transita por tres fases: el estado mítico infantil, el metafísico teológico en la juventud, y finalmente el estado de adultez o positivo. Esta última etapa, por ser más plástica, conduciría al progreso de la humanidad. Por otra parte, aunque las matemáticas, la física, la química y la biología fueron el punto de partida de las ciencias positivas, su verdadero objetivo era la humanidad, la única concepción verdaderamente universal. La humanidad, en

este contexto, se entiende como un absoluto que, desde un plano puramente natural, reemplaza el lugar usurpado por divinidades trascendentes.

Vimos que el transformismo de Lamarck convirtió a la biología en una ciencia histórica, es decir, verdaderamente positiva. Pero como señaló Comte, no todo residía en la doctrina, sino también en el método, y este se encontraba en la anatomía comparada. No se olvida que fue precisamente el esfuerzo de Lamarck por perfeccionar los sistemas de clasificación lo que le permitió emitir sus tesis transformistas. De modo que posteriormente, con la llegada del darwinismo, la comparación sistemática permitió inferir relaciones filogenéticas, convirtiendo a la Biología en una ciencia histórica por excelencia, que explica las adaptaciones mediante la acción de la selección natural.

Comte, al igual que Lamarck, fue más allá del materialismo (Newton) y del vitalismo (Leibniz), al postular que la armonía entre un organismo determinado y su entorno radica en la existencia de un “medio subjetivo”, es decir, un modo específico de interactuar con el entorno físico que lo integra armónicamente con su medioambiente. Sin embargo, la formulación de una noción de medio subjetivo tendría que esperar hasta el advenimiento de Jakob von Uexküll en el siglo XX para ser formulada en su teoría de la Umwelt o mundo circundante (Andrade 2021).

Tanto la sociología como la biología comparten una influencia derivada del organicismo del siglo XVIII. Las concepciones científicas se han venido desarrollando a través de un proceso de múltiples interacciones, donde los modelos o perspectivas propuestos por una disciplina han influenciado a las otras. Incluso más, no fue tanto la influencia del pensamiento social sobre el biológico, y viceversa, sino el hecho de que ambas ciencias fueron moldeadas por un tipo de percepción acorde con la experiencia humana en sus relaciones sociales y con el entorno natural. La íntima conexión de los procesos vitales y sociales propició que se adoptaran modelos desarrollados en una disciplina para aplicarlos en otra. No podría haber ocurrido de otro modo, puesto que el sujeto de la actividad científica es el hombre social. Como indicó John Greene: “La idea de crear una ciencia social aplicando los métodos de la ciencia natural al estudio del hombre y la sociedad es casi tan antigua como la misma ciencia moderna” (1963 88).

En particular, es interesante recordar la influencia del pensamiento biológico en las propuestas sociales de François Quesnay. Para él, la economía era, ante todo, una organización natural en la que la circulación de la riqueza de la sociedad se equiparaba a la circulación de la sangre en el organismo (Landreth & Colande 2002 56-66). Quesnay, casi un siglo antes de Comte, en 1759, había enmarcado su “Cuadro Económico” en un esquema cíclico de mayor alcance, en el que la vida y la economía formaban una unidad. Defendía la denominada doctrina fisiocrática, que se basaba en la tesis de que la verdadera riqueza es la que proviene de la tierra, es decir, de la agricultura, la cual está disponible para su comercialización y consumo sin agotarse. Según este pensamiento, el consumo debe contribuir a la perpetuación de la riqueza, mediante la conservación de los procesos naturales que permiten la regeneración. La tierra era considerada como la única fuente de “valor” que los humanos transforman mediante el trabajo. En este sentido, el proceso económico no era imaginado como una línea que va de la producción al consumo, sino como un movimiento cíclico de producción y renovación permanente. No existen fuentes inagotables de riqueza, sino ciclos naturales de renovación y transformación permanente, en los que hay que integrar la actividad humana.

Para Quesnay, el comercio era muy importante ya que permite mantener el flujo cíclico del sistema natural al dar salida a los productos de la tierra. La acumulación de riqueza puede alterar el ciclo, ya que lo atasca y detiene su flujo. Los aumentos de riqueza conducen al incremento poblacional, impulsando una tendencia al crecimiento económico que debería mantenerse dentro de ciertos límites para evitar la desestabilización de los ciclos de producción y consumo. Sin embargo, la sociedad no debería tener como objetivo un crecimiento indefinido, sino el alcanzar un estado de disfrute en un ambiente esencialmente rural. En consecuencia, también criticaba los principios mercantilistas y colonialistas, expresados en los pactos coloniales que Francia imponía a sus colonias en el Caribe, para extender el comercio de la metrópoli a costa de la deforestación y el deterioro ambiental de las colonias. Consideraba que el empobrecimiento de las colonias entorpecería el desarrollo del propio estado colonizador. A pesar de la formulación de estas tesis, que hoy llamaríamos socio-ecológicas, la revolución industrial dio paso a la acumulación de capital que rompió el

ciclo orgánico natural de la economía, como condición para lograr un crecimiento y enriquecimiento conducente a una cada vez mayor concentración de la riqueza. Posteriormente, los economistas clásicos demostrarían que en el proceso de trabajo realmente se añade el valor que se incorpora al producto final. En particular, Marx (1959 158) enfatizó este punto de vista al sostener que el trabajo productivo del hombre es la verdadera fuente de riqueza y de plusvalía.

Quesnay consideraba que, cuando la sociedad humana en su desarrollo no lograba integrar la ley del progreso natural con una ley moral, se colocaba en contravía del progreso y de la propia naturaleza humana. Esta reflexión llevó a Lamarck a afirmar que, mientras la naturaleza no elimina las especies que ha generado, sino que las preserva y modifica hasta llevarlas a mayores grados de perfección, la acción humana, por el contrario, puede destruirlas y afectar el medio circundante que las hizo posibles. En este sentido, Lamarck pronunció una de las primeras declaraciones ambientalistas condenando la explotación indiscriminada de los recursos naturales. A continuación, presento la traducción textual:

El hombre, movido por un egoísmo ciego a sus propios intereses, por una inclinación a gozar de todo lo que esté a su disposición, en una palabra, por su despreocupación con el futuro y por el de sus semejantes, parece trabajar para la aniquilación de sus medios de conservación y a la destrucción misma de su especie. Destruyendo en todo lugar los vegetales que protegen el suelo, por objetos que satisfacen su avidez del momento, conduce rápidamente a la esterilidad el suelo que habita, lo cual da lugar al agotamiento de las fuentes, a alejar a los animales de los cuales derivaban su subsistencia, y a hacer que grandes regiones del globo que, en un pasado fueron muy fértiles y pobladas, se mantengan desnudas, estériles, inhabitables y desiertas. Ignorando los consejos de la experiencia, abandonado a las pasiones, está en guerra perpetua con sus semejantes, y los destruye en todas partes, bajo cualquier pretexto, de suerte que poblaciones que en el pasado eran considerables, se empobrecen cada vez más. Diríamos que el hombre está destinado a exterminarse a sí mis-

mo después de haber convertido al mundo en inhabitable (Lamarck 2003c 154n-155n).

Lamarck vio en la modificación del medioambiente, impulsada por la avaricia y el egoísmo, no una fuente de progreso social, sino un peligro que amenaza nuestra propia existencia social, dado que destruye los ciclos naturales de renovación. Pensaba, como Quesnay, que existía una dependencia profunda de la humanidad con respecto a la naturaleza física y biológica, y que, en consecuencia, la ética debía redundar en beneficio tanto del mundo natural como de la humanidad. De acuerdo con los principios de la fisiocracia,⁷ dicha ley, moral y natural a la vez, debería regir las sociedades humanas.

Es así como puede descubrirse tanto en Lamarck como en Comte una influencia del pensamiento de Quesnay, lo cual no debe sorprender tratándose de una época en que la revolución social mostró que la libertad individual y el progreso social se funden (Shapin 1980).

Así, Comte consideraba que la asociación entre la humanidad y las especies proporcionaría un punto de vista más completo y duradero para justificar una política positiva, llamada a dirigir la naturaleza viva en su totalidad (Bourdeau 2007). El orden biológico y el progreso social se implican recíprocamente; en otras palabras, en la perspectiva positivista, la biología inspira a la sociología y, a su vez, la sociología crea las condiciones para que la biología acceda a su estado propiamente positivo. Se trata de una sociobiología basada en la solidaridad y el altruismo, contraria a la que en el siglo XX se ha difundido a consecuencia de una visión excesivamente individualista del darwinismo.

Por otro lado, Comte pensaba que la naturalización de la ética, necesaria para salvaguardar la sociedad y la naturaleza viviente contra los instintos egoístas de los humanos, debería estar anclada en una religión humanística, positivista, secular y

⁷ Etimológicamente: De griego *Physis* (naturaleza) y *Kratos* (gobierno).

laica en la que la “Humanidad” tomaba el lugar asignado a una divinidad abstracta (Bourdeau 2003). La unificación de las leyes naturales y morales que los humanos debemos acatar solo se podría lograr en el marco de dicha religión positivista. De este modo, Comte eludió el peligro de autoextinción denunciado por Lamarck, pues creía, con una mezcla de optimismo e ingenuidad, que dicha religión positivista fundamentaría una ley moral a la cual no dudaríamos en acogernos amorosamente, en consonancia con el conocimiento científico que podríamos alcanzar.

REFERENCIAS

- Andrade, Eugenio. *La Ontogenia del pensamiento evolutivo. Hacia una interpretación semiótica de la naturaleza*. Sello editorial Universidad Nacional de Colombia. Colección Obra Selecta. ISBN 978-958-719-207-0 (tapa dura), ISBN 978-958-719-719-8 (rústico), ISBN 978-958-719-728-0 (e-book), 2009.
- _____. “Contexto, estado actual y replanteo del debate internalismo vs. externalismo en las teorías de la evolución biológica”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 15.30 (2015): 39-80. <<https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/rcfc/article/view/645>>
- _____. “Una Interpretación Informacional de la ‘Ley de Conformidad a Plan’ de Uexküll”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 21.43 (2021): 371-410. <<https://doi.org/10.18270/rcfc.v43i21.3794>>
- Ashworth Underwood, E. “Lavoisier and the History of Respiration”. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 37.6 (1943): 247-262. <<https://doi.org/10.1177/003591574403700603>>
- Barthélemy-Madaule, Madeleine. *Lamarck the Mythical Precursor. A Study of the Relations between Science and Ideology*. The Massachusetts Institute of Technology, 1982.
- Bateson, Gregory. *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballantine, 1972.

- Bourdeau, Michel. “Ciencia, religión y sociedad en Auguste Comte”. *EMPIRIA Revista de Metodología de Ciencias Sociales* 6.1 (2003): 115-125. <<https://doi.org/10.5944/empiria.6.2003.936>>
- _____. “Où en est la politique positiv””. *Archives de Philosophie* 70.1 (2007): 5-22. <<https://doi.org/10.3917/aphi.701.0005>>
- Braustein, Jean-Francois. “Lamarck et les philosophes”. *Jean-Baptiste Lamarck, 1744-1829 119e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques*. Ed. Amiens. Laurent, G. Editions du CTHS, 1997a. 43-49.
- _____. “Le concept de *milieu*, de Lamarck à Comte et aux positivistes”. *119e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques Amiens. 1744-1829*. Eds. Laurent G. y J.-B. Lamarck. Editions du CTHS: 1997b. 557-571.
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. “Thompson, Sir Benjamin count von Rumford”. *Encyclopædia Britannica*. Accessed 30 August 2023. <<https://www.britannica.com/biography/Sir-Benjamin-Thompson-Graf-von-Rumford>>
- Burkhardt, Richard W. *The Spirit of System. Lamarck and Evolutionary Biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995.
- Caponi, Gustavo. “Contra la lectura adaptacionista de Lamarck”. *Filosofía, darwinismo y evolución*. Ed. Alejandro Rosas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas Departamento de Filosofía. UNIBIBLOS, Bogotá: 2007. 3-17.
- _____. “La miseria de la degeneración: el materialismo de Buffon y las 'limitaciones' de su transformismo”. *História ciências da saúde -Manguinhos* 16.3 (2009): 683-703. <<https://www.doi.org/10.1590/S0104-59702009000300007>>
- Comte, Auguste. *Course de Philosophie Positive 1838. Tome troisième. La philosophie chimique et la philosophie biologique*. Paris: Bachelier, Imprimeur, Libraire. Quai des Augustines No 55, 1838. <https://books.google.com.co/books?id=IkxWH_OExcQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>
- _____. *Système de politique positive 4.1*. Paris: Librairie Scientifique-industrielle de L. Mathias, 1851-1854. 1929. <http://classiques.uqac.ca/classiques/Comte_auguste/systeme_politique_positive/systeme_politique_positive.html>

- _____. *Discurso sobre el espíritu positivo*. Versión y prólogo de Julián Marías. Libro de bolsillo. Madrid: Alianza Editorial S.A., 1980.
- _____. "Plan des travaux scientifiques nécessaires pour réorganiser la société (1798-1857)". *Paris: Les Éditions Aubier-Montaigne, 1970, 173 pp. Collection: La philosophie en poche. Publication originale : mai 1822. Édition numérique réalisée le 29 janvier 2007 à Chicoutimi, Ville de Saguenay, province de Québec, Canada.*
- Corsi, Pietro. *The Age of Lamarck: Evolutionary Theories in France 1790-1830*. Trad. Jonathan Mandelbaum. Berkeley: University of California Press, 1988.
- Depew David J., y Weber Bruce H. *Darwinism Evolving. Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection. A Bradford Book*. London, England: The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 1995.
- Gillispie, Charles. *Science and Polity in France at the End of the Old Regime*. Nueva Jersey: Princeton University Press, 2004.
- Gould, Stephen Jay. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, Massachusetts and London: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
- Greene, John. *Darwin and the Modern World View 1961*. Baton Rouge: Louisiana State University Press 88. Reprinted New York 1963.
- Jacob Francois. *The Logic of Life. A History of Heredity*. Trad. B.E. Spillmann. New York: Pantheon Books, 1982.
- Jahn, Ilse., Löther, Rolf., y Senglaub, Konrad. *Historia de la Biología. Teorías, métodos, instituciones y biografías breves 1990*. Trad. José Luis Gil Aristu. Calabria, Barcelona: Editorial Labor S.A., 1995.
- Kant, Immanuel. *Crítica de la capacidad de juzgar. Traducción, introducción, notas e índices Pablo Oyarzún*. Caracas Venezuela: Monte Avila Editores 1992. 65-81.
- _____. *Crítica de la Razón pura. Estudio introductorio y análisis de la obra por Francisco Larroyo*. México: Décima edición Editorial Porrúa, 1988.
- Lamarck Jean-Baptiste *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres 1815. Les caracteres généraux et particuliers de ces animaux, leur distribution, leurs classes, leurs familles, leurs genres, et la citation des principales espèces qui s'y rapportent*. Tome

- premier. Paris: Verdier, Libraire, quai des Augustins, N.º 27, 1815. <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/47694#page/11/mode/1up>>
- _____. *Filosofía Zoológica 1809*. Barcelona, Joan Senent. Editorial Mateu, 1971.
- _____. *Filosofía Zoológica 1809*. Presentación de Adriá Casinos. Barcelona: Editorial Alta Fulla. Mundo Científico, 1986.
- _____. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle 1797*. Pôle HSTL du CRHST, 2001. Unité Mixte de Recherche CNRS / Cité des sciences et de l'industrie, Paris: 2003a. <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9690541d.texteImage>>
- _____. *Recherches sur l'organisation des corps vivans 1802*. Centre de Recherche en Histoire des Sciences et des Technique/ CNRS, 2003b. <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k4226016j#>>
- _____. *Système analytique des connaissances positives de l'homme. Restreintes a celles qui proviennent directement ou indirectement de l'observation 1820*. CRHST/CNRA 2003c.
- Landreth, Harry y Colande, David. *Historia del pensamiento económico*. Cuarta edición. Trad. Esther Rabasco y McGraw Hill. España: GAAP Editorial S. L., 2002. 56-66.
- Lavoisier Antoine Laurent. "Seguin A. Premier mémoire sur la respiration des animaux". *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1789.
- Lewes, George Henry. *Comte's Philosophy of the Sciences 1853*. Introduction Andrew Pyle. London: Routledge / Thoemmes Press, 1996.
- Marx, Karl. *El capital*. México: Fondo de Cultura Económica, 1959.
- Mayr, Ernst. "Lamarck Revisited". *Journal of the History of Biology* 5.1 (1972): 55-94. <<https://doi.org/10.1007/BF02113486>>
- Packard, Alpheus S. *Lamarck, the Founder of Evolution: His Life and Work*. New York, London and Bombay: DODO Press. Longmans, Green, and Co. 91 and 93 Fifth avenue, 1901.
- Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle. *Order out of Chaos. Man's new dialogue with nature*. New York: Bantam Books, 1984.
- Riskin, Jessica. "6 Dilemmas of a Self-Organizing Machine". *The Restless Clock. A History of the Centuries-Long Argument over What Makes Living Things Tick*.

- Chicago and London: The University of Chicago Press, 2016. 189-213. <<https://doi.org/10.7208/9780226303086-008>>
- Shapin, Steven. "Social uses of Science". *The Ferment of Knowledge*. Eds. G.S. Rousseau and Roy Porter. Cambridge University Press, 1980. 93-139.
- Stafleu, Frans A. "Lamarck: The Birth of Biology". *TAXON* 20.4 (1971): 397-442. <<https://doi.org/10.2307/1218244>>
- Venel, Gabriel François. "Chymie". *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et de métiers par une société de gens de lettres*. Eds. Diderot D. et d'Alembert J. Paris, M. DCC.LIII. 1753. 412-413. <https://fr.wikisource.org/wiki/L%E2%80%99Encyclop%C3%A9die/1re_%C3%A9dition/CHYMIE_ou_CHIMIE>
- Venter, J.J. Ponti. "Nature", "law", "humanity" — the rise of Positivism, with reference to Quesnay, Turgot and Comte". *Acta Academica* 34.1 (2002): 1-55. <<https://journals.ufs.ac.za/index.php/aa/article/view/666>>

LAS COLONIAS DE HORMIGAS COMO INDIVIDUOS BIOLÓGICOS*

ANT COLONIES AS BIOLOGICAL INDIVIDUALS

ANA MARÍA MARTÍ BALSALOBRE

Graduada en Filosofía por la Universidad de Murcia

Murcia, España.

ambalsalobre@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-1886-8305>



RESUMEN

En este trabajo abordo un caso específico del problema clásico de la individuación en la Filosofía de la Biología: el de las colonias de insectos, y en particular, de hormigas. El carácter individual de un conjunto de hormigas que forman una colonia puede ser objeto de controversia, ya que, desde un punto de vista intuitivo, no parece constituir un individuo. Mi objetivo es demostrar que las colonias de hormigas son individuos biológicos. Para ello, me centro en dos de los tipos de individuos más estudiados en la Filosofía de la Biología: los funcionales y los evolutivos, y examino si las colonias de hormigas cumplen con las condiciones necesarias para ser consideradas individuos en estos términos.

Palabras clave: hormigas; colonia; individualidad; individuo; individuación; funcional; evolutivo.

* Este artículo se debe citar: Martí Balsalobre, Ana María. "Las colonias de hormigas como individuos biológicos". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 47-80. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4123>

ABSTRACT

In this paper, I address a specific case of the classic problem of individuation in the philosophy of biology: that of insect colonies, and in particular, ant colonies. The individual character of a group of ants forming a colony can be a subject of controversy, as, from an intuitive standpoint, it does not seem to constitute an individual. My goal is to demonstrate that ant colonies are biological individuals. To do so, I focus on two of the most studied types of individuals in the philosophy of biology: functional and evolutionary, and I examine whether ant colonies meet the necessary conditions to be considered individuals in these terms.

Keywords: ants; colony; individuality; individual; individuation; functional; evolutionary.

1. INTRODUCCIÓN

Una parte significativa del trabajo en Filosofía de la Biología se ha enfocado en el problema de la individuación (Clarke 2010). Al observar la vasta diversidad de seres vivos en el planeta, es común encontrar agrupaciones que, a primera vista, parecen constituir múltiples individuos pero que, en realidad, son solo uno. Este dilema empírico (determinar cuántos organismos tenemos ante nosotros) conduce finalmente a un problema filosófico. Seres vivos como plantas, simbioses, holobiontes y agrupaciones coloniales plantean desafíos en términos de individuación.

Por esta razón, tanto filósofos como biólogos han trabajado para esclarecer cuestiones empíricas y conceptuales sobre la individuación y la identidad de los seres vivos. Un enfoque común ha sido intentar establecer las condiciones suficientes y/o necesarias que deben cumplirse para constituir un individuo en la naturaleza viva, recurriendo a diversos aspectos fundamentales de esta disciplina. Este es un modo de abordar los dilemas empíricos que surgen en los reinos animal y vegetal.

Los problemas de individuación se ilustran más claramente con ejemplos específicos. El primer caso es el de la carabela portuguesa; aunque pueda parecer una medusa, en realidad es una agrupación colonial de hidrozooos sifonóforos. Estos hidroides se agrupan y dividen el trabajo para mantener viva la colonia. Fisiológicamente, la colonia actuaría como un único organismo, mientras que, morfológicamente, podrían identificarse numerosos organismos distintos (Hull 1992). El segundo ejemplo es el del hongo *Armillaria bulbosa*. Algunos biólogos lograron recolectar muestras de este hongo en un área extensa y, al confirmar que el material genético era idéntico, concluyeron que se trataba de un único individuo. Sin embargo, tras ciertas discusiones, quedó en el aire la cuestión de si realmente era un solo individuo o si, debido a su gran tamaño, se había fragmentado en distintos individuos funcionales. El último caso es el del calamar hawaiano, que interactúa con la bacteria *Vibrio Fischeri* para generar luz. Esta interacción establece una relación simbiótica en la que el calamar se protege de los depredadores. Gracias a la luz generada por la bacteria, la supervivencia del calamar aumenta. La pregunta que surge nuevamente es: ¿cuántos individuos tenemos? La respuesta podría ser doble: dos individuos, la bacteria y el calamar por separado, o un único individuo formado por la combinación de ambos.

No cabe duda de que los casos mencionados plantean numerosas preguntas sobre el problema de la individualidad biológica. En todos ellos, los límites del individuo son difusos y necesitan de un análisis para responder a la cuestión de la individualidad. Sin embargo, hay un caso que ha capturado especialmente mi atención: el de las colonias de hormigas. En el ejemplo del calamar hawaiano, las bacterias no son visibles al ojo humano; a simple vista, no se diría que la causa de la luz del calamar es una agrupación de bacterias. El caso de las colonias de hormigas es distinto. Lo que se observa en la naturaleza normalmente son las hormigas de la colonia. Sin embargo, es bien sabido que su trabajo sirve a los intereses de una formación colonial. Las colonias de hormigas están compuestas por un gran número de hormigas que realizan funciones vitales conjuntamente. La mayoría de las hormigas obreras no se reproducen, sino que dependen de la hormiga reina para el crecimiento de la colonia y, por lo tanto, su supervivencia. Además, la obtención de alimentos está limitada a un pequeño número de hormigas, si lo comparamos con el tamaño de la colonia. El

hecho de que las hormigas se desarrollen y sobrevivan gracias a la agrupación colonial plantea un problema sobre cómo individualizarlas. Si cada hormiga necesita de la colonia completa para sobrevivir y si cada hormiga tiene una función específica que conforma la organización funcional de la colonia, ¿no podría ser que la colonia de hormigas constituya un individuo biológico?

Así, surge la pregunta principal de este trabajo: ¿son las colonias de hormigas individuos biológicos? El objetivo es responder afirmativamente a esta cuestión. Para ello, me enfocaré en dos tareas. La primera consiste en un análisis conceptual de conceptos directamente relacionados con las colonias de hormigas y la individuación. La segunda se centrará en el estudio empírico del funcionamiento de las colonias de hormigas. Abordaré la primera tarea analizando en el tercer apartado el término superorganismo y su relevancia en la Filosofía de la Biología. En el cuarto apartado, intentaré aclarar el concepto de individualidad. Para ello, presentaré una de las perspectivas sobre la individualidad en la Filosofía de la Biología reciente. Así, distinguiré distintos tipos de individuos, de los cuales destacaré dos: los individuos evolutivos, que constituyen una unidad de selección, y los individuos funcionales, cuyas partes tienen una organización funcional. La segunda tarea se abordará determinando, con base en nuestro conocimiento empírico de las hormigas, si las colonias de estas son o no individuos según distintos criterios. En los apartados cinco y seis, respectivamente, se evaluará si las colonias de hormigas son individuos evolutivos e individuos funcionales.

2. NOCIONES BÁSICAS

Antes de comenzar, es necesario aclarar algunos conceptos básicos: organismo, individuo funcional y colonia de hormigas. El concepto de “organismo” es fundamental en la Filosofía de la Biología. A menudo se ha considerado que organismos e individuos biológicos son sinónimos; sin embargo, para la mayoría de los filósofos de la biología, solo algunos individuos biológicos son *organismos*, y estos se corresponden con los individuos funcionales (Pradeu 2016; Godfrey-Smith 2009). Pradeu emplea un argumento histórico para defender esta equivalencia entre organismo e individuo

funcional; a lo largo de la historia de la biología, el término “organismo” se ha utilizado principalmente para referirse a una unidad funcional. He adoptado esta misma postura. Por lo tanto, cuando se hable de organismos, se estará haciendo referencia a individuos funcionales. No obstante, es importante recordar que no todos los autores hacen esta distinción. Muchos filósofos y científicos, al hablar de organismos, se refieren a un individuo de manera general.

Es importante señalar que también es común referirse a los individuos funcionales como individuos fisiológicos. El término unidad funcional es demasiado amplio y general; incluso una máquina podría considerarse una unidad funcional. Sin embargo, la fisiología se refiere específicamente al funcionamiento de los seres vivos. Adoptar esta noción puede ayudar a evitar confusiones, ya que se centra en la fisiología del ser vivo y no en otros contextos que puedan estar relacionados con el término funcional. A partir de ahora, ambos términos se utilizarán de manera indistinta.

Finalmente, dado que el objeto de este trabajo son las colonias de hormigas, parece pertinente explicar qué son y cuáles son sus características. Una colonia de hormigas es el agrupamiento en torno al cual las hormigas realizan su ciclo de vida. Este agrupamiento está organizado de forma eficiente, de manera que cada hormiga tiene una función determinada. Estas funciones son principalmente la recolección de comida fuera del hormiguero, el cuidado de las larvas y la protección de la colonia. Las hormigas que se ocupan de las dos primeras tareas pertenecen a la casta de las obreras, y las que se encargan de la función restante forman parte de la casta de los soldados. Además, la colonia está típicamente regida por la hormiga reina (a veces hay más de una), que es la que tiene la capacidad de poner huevos fertilizados. Esta es la organización principal de una colonia de hormigas.

3. LAS COLONIAS DE HORMIGAS Y SU ESTUDIO EN FILOSOFÍA Y EN BIOLOGÍA

La consideración sobre la individualidad de las colonias de hormigas no es nueva. El estudio de este tipo de agrupaciones ha llevado tanto a filósofos como a biólogos

a preguntarse sobre la individualidad de las colonias de insectos eusociales¹ (Seely 1989; Wheeler 1911; Wilson 1953). La pregunta es si nos encontramos ante una agrupación de individuos biológicos o ante un individuo por sí mismo. Esta pregunta no siempre es explícita, pero subyace en muchos de los estudios que se pueden encontrar (Hölldobler & Wilson 1990; Hölldobler 2009). Es importante determinar si estamos ante una entidad biológica o una mera agrupación de organismos, pues el estudio científico de la colonia puede variar según cómo lo consideremos. Si el individuo es la hormiga, se atenderán las propiedades y características de cada insecto en particular. Sin embargo, si se considera a la colonia como un individuo, el objeto de estudio serán las capacidades de la colonia como grupo.

Desde principios del siglo xx, la Biología se ha encargado de estudiar las colonias de insectos. Sin embargo, este problema puede ser inicialmente planteado desde la mera intuición; al preguntarnos por la individualidad de una colonia de hormigas, sería habitual pensar que esta es una agrupación de distintos individuos. Cada una de las hormigas se nos presenta intuitivamente como un organismo, por lo que, a primera vista, podría pensarse en la colonia más como una agrupación que como un individuo único. Sin embargo, al estudiar con detalle las colonias y su funcionamiento, esta intuición se desvanece. La prueba de esto está en la aparición del término ‘superorganismo’ y su definición (Wheeler 1911).

Un superorganismo puede definirse como un conjunto de seres vivos que tienen la capacidad de organizarse de manera análoga a las partes y procesos fisiológicos de los organismos. Este término fue creado específicamente para referirse a las colonias de insectos, pues la colonia realiza procesos fisiológicos de manera conjunta. En este sentido, observamos un claro viraje respecto a la primera intuición; si la colonia realiza procesos fisiológicos propios de un individuo, probablemente se deba a que esta constituye un individuo por sí misma. Las hormigas poseen ciertas

¹ Eusocialidad puede definirse como un alto nivel de organización social. Entre las características de esta organización puede mencionarse la cooperación en el cuidado de las crías, la superposición de generaciones entre adultos de la colonia y la división del trabajo según la capacidad de reproducción.

características que nos inducen a pensar en la colonia como el individuo. Por ejemplo, muestran cierta dificultad o aversión a introducirse en colonias ajenas y también cooperan para realizar funciones vitales como la reproducción o la adquisición de alimentos. Como señala Wheeler en su artículo fundacional,

la característica más general de la colonia de hormigas es su individualidad. Como una célula o una persona, se comporta como un todo unitario, manteniendo su identidad en el espacio, resistiendo a la disolución y, como regla general, a cualquier fusión con cualquier otra colonia de hormigas de la misma o distinta especie (Wheeler 1911 6-9).

Otros autores continuaron y desarrollaron esta misma idea sobre las colonias como superorganismos, es decir, como individuos (Cannon 1929; Parker 1924; Wilson 1953). A pesar de esta tendencia, existía un problema determinante en estas tesis: se basaban meramente en analogías. Por ejemplo, estas metáforas identificarían a los miembros de la colonia con las células de un organismo, las gónadas con las castas reproductoras, el sistema circulatorio con la distribución de comida y de feromonas, y el sistema nervioso con la comunicación entre los distintos miembros de la colonia. Es cierto que es fácil sentirnos atraídos por estas analogías; sin embargo, son insuficientes. Las metáforas, a menudo, crean una imagen de organización funcional que no está realmente justificada. Pueden ser útiles, pues señalan características importantes que merecen ser estudiadas más a fondo. Pero si señalamos, por ejemplo, que la comunicación entre las hormigas de una colonia es análoga al sistema nervioso de un organismo, debe demostrarse por qué. Para ello, hay que investigar cómo se comunican y cuál es su objetivo al hacerlo, no solo el hecho de que esa comunicación exista. Las equivalencias propuestas por estos autores de principios de siglo eran demasiado generales y no se ocupaban de los verdaderos mecanismos utilizados en las colonias. La analogía se convierte en una anécdota poco o nada relevante cuando el estudio científico de las colonias se especializa y avanza en la comprensión de capacidades concretas como la comunicación entre miembros de la colonia. Solo profundizando en el comportamiento y las funciones de la colonia se puede comparar ésta

con un individuo. Además, este tipo de analogías pueden descartarse también si se tiene en cuenta que podrían aplicarse a objetos sin vida, como una máquina. De la misma manera que se proponía que la comunicación entre hormigas era equivalente al sistema nervioso de un organismo, podría decirse que la corriente eléctrica de un aparato ejerce esa misma función. Una metáfora sin una especificación sobre ella no constituye un buen argumento.

Esta insuficiencia de las analogías y la importancia de la Biología evolutiva a partir de los años 50 provoca la desaparición temporal del término superorganismo en el mundo científico (Gibson 2012). Aun así, este término parece captar una idea importante, por lo que pronto volvió a resurgir como objeto de estudio (Hölldobler & Wilson 1990; Hölldobler 2009). Una vez pasado el apogeo del estudio de los genes y con la llegada de nuevas técnicas para el estudio empírico de las hormigas, parece que la noción de superorganismo se ha retomado con facilidad. Con estos avances y este retomado interés, es posible que se puedan crear nuevas analogías en un nivel más profundo que permitan justificar adecuadamente las colonias como individuo biológico. De esta manera, el superorganismo vuelve a utilizarse de forma contemporánea de la misma manera que en su aparición inicial. La diferencia principal es que el nivel de detalle y especificación de los procesos fisiológicos o evolutivos es mucho mayor.

El hecho de que el término ‘superorganismo’ haya aparecido y desaparecido en el mundo científico a lo largo del siglo pasado muestra cómo se forma el debate en torno a las colonias de hormigas. Este término dejó de utilizarse porque durante un período de tiempo la tendencia general era no considerar las colonias como individuos. Al volver a plantear esa posibilidad, el término resurge, y con ello el interés filosófico por la individuación de agrupaciones coloniales y de todo tipo de colonias.

Hay razones a favor y en contra de considerar a las colonias de insectos eusociales como un individuo o superorganismo. A favor, destaca principalmente el hecho de que la nutrición y la reproducción son labores de colonia. De esta forma, parece que la organización funcional de la colonia es equivalente a la de un organismo. En contra, se podría argumentar que, aun así, la función de reproducción es ejercida por miembros específicos de la colonia, y que es cada miembro el que nece-

sita nutrirse. No es la colonia quien se alimenta o se reproduce, sino cada miembro de ella. De esta manera, las opiniones al respecto son diversas y el debate sobre la individualidad de esta agrupación no queda completamente aclarado (Pradeu 2012).

Es importante señalar que, aunque aquí nos hayamos referido al superorganismo como un tipo de individuo que sería principalmente funcional, la mayoría de los filósofos de la Biología se han preocupado principalmente por aplicar un criterio evolutivo de individuación (Hull 1992; Wilson & Sober 1989). Existe mucha información sobre si estas agrupaciones son individuos evolutivos, mientras que su consideración como individuos fisiológicos ha suscitado menos atención. Esto se debe sobre todo al auge de la Biología evolutiva a partir de los años 50. El gran avance en el estudio de los genes y la evolución ha generado un gran interés por estos aspectos en todos los ámbitos. Además, se verá claramente que el debate sobre las colonias de hormigas como individuos evolutivos es un tema de gran interés y con numerosas hipótesis.

4. INDIVIDUALIDAD BIOLÓGICA Y TIPOS DE INDIVIDUOS

Hasta ahora se ha hablado de individualidad sin especificar a qué se hace referencia. Si se pretende responder a la pregunta “¿Son las colonias de hormigas individuos biológicos?”, primero debe responderse qué es un individuo biológico. Esta es una pregunta difícil que ha sido respondida de formas muy diversas (Clarke 2010; Pradeu 2016). Una manera de abordarlo es a través de un concepto de individuo biológico que incluye múltiples criterios (Wilson 1999). Existen seres vivos que no plantean dudas sobre si son un individuo o no, como por ejemplo, un perro. Tomándolos como ejemplos paradigmáticos, se puede proponer una manera de entender la individualidad. Un perro (entendido como un individuo paradigmático) posee las siguientes propiedades básicas:

- i) Particularidad: son objetos materiales y se pueden percibir por los sentidos.
- ii) Localización espacial: ocupan un espacio concreto.

- iii) Localización temporal: existen durante un período de tiempo específico, es decir, nacen en un momento concreto y mueren en otro momento distinto.
- iv) Continuidad espacio-temporal: se mantienen siendo los mismos tanto espacial como temporalmente. Sus límites espaciales delimitan un espacio continuo en cualquier momento dado.
- v) Composición de partes heterogéneas causalmente relacionadas: distintos tipos de células forman distintos tipos de tejidos y organismos.
- vi) Reproducción sexual: son producto de una reproducción sexuada y, además, tienen capacidad de reproducción.

Estas características son propias de los animales más comunes; son las propiedades más intuitivas, pero también pueden añadirse otras cuatro para complementar: posesión de un sistema nervioso, disfuncionalidad en caso de que alguna de sus partes sea retirada, rechazo de injertos que no provienen de él mismo y homogeneidad genética. En muchos casos puede creerse que cumplir con todas ellas es lo que hace a los animales superiores individuos. Sin embargo, existen numerosos seres vivos que no cumplen con todas estas propiedades, pero sí con algunas de ellas. Por esta razón, una de las formas de comprender la individualidad biológica es dividiéndola en distintos tipos. De esta manera, no es necesario que un ser vivo posea todas esas propiedades para ser considerado un individuo. Además, gracias a esta división es posible ocuparse de los seres vivos que plantean dudas sobre si son un individuo biológico o no. No todos los debates desaparecen con esta propuesta, pero sin duda proporciona en muchos casos una manera de aproximarse al problema. Así, cuando aparezca la pregunta sobre si un ser vivo es un individuo, habrá que especificar a qué tipo de individuo se está haciendo referencia.

Siguiendo el trabajo clásico de Wilson (1999), puede decirse que cuando se habla de un individuo biológico, en realidad se podría estar haciendo referencia a seis tipos distintos de individuos:

- i) Individuos particulares: un ser vivo es un individuo particular cuando no es ni una clase ni un universal abstracto; por ejemplo, no es un género ni una especie, es decir, tiene una materia física.
- ii) Individuo histórico: un ser vivo es un individuo histórico cuando está compuesto por partes espaciotemporalmente continuas.
- iii) Individuo funcional: un ser vivo es un individuo funcional cuando las partes que lo componen están causalmente integradas en una unidad funcional.
- iv) Individuo genético: un ser vivo es un individuo genético cuando todas sus partes comparten un genotipo homogéneo.
- v) Individuo de desarrollo: un ser vivo es un individuo de desarrollo cuando es el producto de un proceso de desarrollo.
- vi) Individuo evolutivo: un ser vivo es un individuo evolutivo cuando participa en un proceso evolutivo como una única unidad de selección.

Estos son los distintos tipos de individuos biológicos que se pueden distinguir a partir de las propiedades más básicas de los organismos más comunes. A partir de estos tipos, se puede plantear la pregunta sobre la individualidad de un ser vivo concreto. Hay que tener en cuenta que, dentro de cada tipo, existen distintos criterios que permiten valorar si se está ante un individuo. Por ejemplo, hay diversas maneras de responder a cuándo las partes de un ser vivo están causalmente integradas o cuándo un ser vivo es producto de un proceso de desarrollo. Por lo tanto, para poder responder a la pregunta ‘¿Es este ser vivo un individuo biológico?’, no solo habrá que especificar a qué tipo de individuo se refiere, sino también qué criterios deben satisfacerse para constituir un individuo de ese tipo.

La cuestión principal de este trabajo es si las colonias de hormigas son un individuo biológico. Para abordar la cuestión de la individualidad de las colonias, se han seleccionado solo dos tipos de individuos que sobresalen especialmente: los individuos funcionales y los individuos evolutivos, por ser los que han tenido mayor relevancia en la Filosofía de la Biología. Cuando un ser vivo es tanto un individuo

funcional como evolutivo, su grado de individualidad es muy alto.² Dentro de esta definición de individualidad, existen diversos grados. Si un ser vivo es únicamente un individuo evolutivo, como un gen, no puede tener la misma individualidad que un animal superior, que encaja en los criterios de todos los tipos de individuos.

La individualidad funcional y evolutiva son las más características de los animales superiores y los humanos. Por lo tanto, al centrarnos en estos tipos, se espera que si las colonias de hormigas satisfacen los criterios de ambos tipos de individualidad, se les pueda atribuir un alto nivel de individualidad. Los individuos evolutivos despiertan mayor interés debido al importante desarrollo de la Biología Evolutiva durante el siglo XX. Por su parte, los individuos funcionales reciben mayor atención por ser la definición más intuitiva; cuando normalmente nos referimos a un ser vivo, lo que tenemos en mente es algo muy similar a una unidad funcional, un ser vivo que puede mantenerse por sí mismo. Es por esta razón que, para intentar demostrar que las colonias de hormigas son individuos, nos centraremos exclusivamente en estos dos tipos. Si se demuestra cómo las colonias cumplen los criterios más básicos de cada tipo, será difícil negar su carácter de individuo.

² Se afirma así que existe una gradualidad en la individuación de cada uno de los individuos. La cuestión reside en que cada tipo de individualidad puede tener una relevancia distinta dependiendo de la perspectiva de estudio del organismo. Sin embargo, lo que se quiere señalar en este trabajo es que hay organismos biológicos que pueden carecer de ciertos tipos de individuación, lo que impide equipararlos con organismos complejos como los animales superiores. Tomando el ejemplo del gen, esto se manifestaría, por ejemplo, en que este es un individuo evolutivo, pero no necesariamente funcional. Sin embargo, si se demuestra que también lo es, significaría que el gen es un individuo de una manera más compleja y próxima a lo que habitualmente comprendemos por "individuo". Esto es precisamente lo que se pretende con el estudio de las colonias de hormigas. Al intentar demostrar que son ambos tipos de individuos, se busca resaltar que son individuos no solo a un nivel que podría resultar irrelevante para muchos estudios, sino que son individuos en dos aspectos muy relevantes del estudio biológico y de la individuación.

5. INDIVIDUOS EVOLUTIVOS

Un ser vivo es un individuo evolutivo si funciona como una unidad en un proceso evolutivo (Wilson 1999). En este sentido, un individuo se entiende como un ser vivo que responde a una ley evolutiva, como, por ejemplo, la selección natural. Si el ser vivo muestra cohesión frente a las fuerzas de la selección natural, entonces es un individuo evolutivo. La mayoría de los animales superiores forman una unidad de selección, pero otros seres vivos también pueden reaccionar de forma cohesiva ante la presión de la selección natural. Así, para determinar si las colonias de hormigas son un individuo evolutivo, es necesario averiguar si funcionan como una unidad en términos de reproducción, adaptación, selección natural, etc. Para abordar este problema, seguiré un enfoque dual. Por un lado, se discutirá el proceso de reproducción de la colonia. Dentro de los individuos evolutivos, Godfrey-Smith (2013) distingue a los individuos darwinianos, que engloban principalmente a cualquier ser vivo capaz de reproducción. Por otro lado, una vez demostrado que el individuo darwiniano es la colonia y no solo los miembros que se reproducen, se mostrará también que las colonias son un individuo evolutivo al formar una unidad de selección. No solo la reproducción ocurre a nivel colonial, sino que además la selección natural actúa a nivel de grupo.

Antes de poder presentar y explicar estos aspectos, es necesario entender por qué las colonias de insectos eusociales representan un desafío para la biología evolutiva. El problema principal es que estas colonias están compuestas por miembros que no son capaces de reproducirse, lo que plantea una dificultad para la teoría de la evolución, ya que sin reproducción no puede haber evolución. En este sentido, parece imprescindible considerar el conjunto de la colonia. No se pueden explicar todos los avances evolutivos de las hormigas considerando solo a la reina o solo a las obreras, ya que ninguna puede desarrollarse sin la otra. Por lo tanto, ofrecer una explicación completa de cómo afecta la selección natural a las hormigas requiere incluir a la colonia entera. Esto no significa que se pueda afirmar directamente que la unidad de selección es la colonia. Por el contrario, existen teorías que toman en cuenta esta particularidad de los insectos eusociales pero sostienen que cada miem-

bro particular de la colonia es la unidad de selección. Tal es el caso de la adaptación inclusiva y la selección de parentesco, hipótesis en las que la unidad de selección es la hormiga individual y no el conjunto (Kramer & Meunier 2016). Estas teorías se oponen a la tesis principal que se defenderá en este apartado y que abordaré al final, intentando mostrar su insuficiencia explicativa cuando se aplican de manera aislada.

La tesis principal que se defenderá es, por lo tanto, la individualidad evolutiva de la colonia, basada en que la unidad de selección es la propia colonia, es decir, que se da lugar a la selección de grupo. Como término utilizado en Biología, la selección de grupo ha experimentado un proceso similar al del superorganismo. Tras ser propuesta como teoría, consigue algunos adeptos (Wilson 1953; Wynne-Edwards 1962) para luego perder terreno frente a las teorías opuestas que se han mencionado. Sin embargo, la selección de grupo resurge con más fuerza gracias a la idea de que la selección puede ocurrir a diferentes niveles (Godfrey-Smith 2009; Okasha 2006; Gardner and Grafen (2009)). El debate, tanto en Biología como en Filosofía de la Biología, sobre cuál es la mejor opción sigue abierto. En cualquier caso, numerosos autores defienden la selección de grupo. La intención de este apartado es también respaldar esa idea, ya que es la que permite considerar a las colonias de hormigas como individuos biológicos.

5.1. INDIVIDUOS DARWINIANOS

Antes de centrarnos en la teoría de la selección de grupo, parece apropiado mostrar cómo las colonias de hormigas se ajustan a la definición más sencilla de individuos evolutivos. Esta definición es proporcionada por Godfrey-Smith (2013) bajo el término “individuos darwinianos”. La selección natural ocurre en cualquier conjunto de seres vivos que presenten variación y herencia genética, así como diferencias en el éxito reproductivo. Es decir, los seres vivos que se incluyen en esta categoría de individuos son aquellos que pueden reproducirse. La idea principal es que sin reproducción no puede haber evolución. Aquí, la individualidad evolutiva no se determina por el nivel en el que ocurre la selección natural, sino que lo único relevante es

que dicha selección pueda tener lugar. De este modo, la reproducción está intrínsecamente ligada a la individualidad evolutiva.³ Aplicar este concepto de individuos evolutivos a las colonias de hormigas es relevante. Antes de determinar en qué nivel ocurre la selección natural, es necesario verificar que la reproducción es un esfuerzo colectivo de la colonia.

La reproducción es un tema recurrente en el estudio de las hormigas. Generalmente, la hormiga reina es la única encargada del proceso de reproducción. Mientras tanto, el resto de las hormigas de la colonia alimenta tanto a la reina como a las larvas para facilitar su desarrollo. La mayoría de las castas de hormigas son estériles, es decir, no pueden reproducirse.⁴ Si lo crucial en relación con los individuos darwinianos es la reproducción, parece que la mayoría de las hormigas, consideradas individualmente, plantearían dudas acerca de su individualidad darwiniana. Dado que las hormigas han experimentado cambios evolutivos, parece sensato considerar que la reproducción en estos insectos ocurre a nivel colonial.

Dicha solución es viable de la siguiente manera. Godfrey-Smith distingue tres tipos de seres vivos que pueden ser individuos darwinianos en función de su capacidad para reproducirse: simples, con andamiaje y reproductores colectivos. Los ejemplos más claros son las células para los simples, los virus para los con andamiaje y las colonias de insectos eusociales para los reproductores colectivos. Evidentemente, este último tipo es el relevante en este caso. Para que un grupo de seres vivos con capacidad de reproducción sea considerado un reproductor colectivo, debe cumplir en gran medida ciertas características: división entre generaciones, alta especialización reproductiva y alta integración del colectivo. Las colonias de hormigas satisfacen estas características en un alto grado. Su especialización reproductiva es muy

³ La reproducción también puede estar vinculada a la individualidad fisiológica, ya que esta es una función básica de los seres vivos. Sin embargo, en este contexto, solo se está considerando en relación con la teoría de la evolución. Para que pueda haber evolución en un ser vivo, debe existir algún tipo de reproducción.

⁴ Algunas no son estériles y pueden poner huevos, pero muchas veces aunque tengan esta capacidad no la llevan a cabo.

elevada, ya que la organizan de tal manera que la mayor parte del funcionamiento de la colonia está orientado hacia ella. Como se ha señalado, la reina es la única que puede reproducirse y solo puede poner huevos si es alimentada y si el resto de las hormigas se encarga del mantenimiento de la colonia; por lo tanto, la colaboración de las demás es esencial. La integración de la colonia también es muy alta por estas mismas razones y por su organización en la recolección de comida. Dadas estas características, la colonia se constituye como un reproductor colectivo y no como un mero conjunto de seres vivos que se reproducen. Por lo tanto, puede considerarse como un individuo darwiniano.⁵

5.2. SELECCIÓN DE GRUPO⁶

Se ha demostrado que las colonias de hormigas son individuos darwinianos, es decir, la reproducción tiene lugar a nivel colonial. Sin embargo, el interés principal radica en determinar si la colonia constituye una unidad de selección. Esta posibilidad se conoce como selección de grupo, un mecanismo en el que la cooperación entre un conjunto de individuos es objeto de selección natural. Si se puede demostrar que la fuerza selectiva opera a nivel colonial y no a nivel de cada miembro individual, entonces se podrá concluir que la colonia es un individuo evolutivo. El objetivo de Wilson y Sober en su artículo *Reviving the Superorganism* (1989) es defender esta idea aplicada a los superorganismos. Su tesis principal es que los superorganismos pueden constituir una unidad de selección. Esto implica que las colonias pueden ser un individuo evolutivo de la misma forma que lo son un perro o un ser humano.

⁵ Este tipo de individuo, en función de las características necesarias para su existencia, es bastante general. De este modo, la sociedad humana también podría considerarse un individuo darwiniano, ya que cumple con estas mismas características. Por esta razón, es necesario profundizar más en la selección de grupo. Si esta última es viable, la individualidad de las colonias se hace más evidente.

⁶ Véase, Grader & Grafen 2009

Sustentan esta tesis apelando a la noción de adaptación; cualquier entidad con capacidad de adaptación puede experimentar procesos evolutivos. Esta idea nos permite afirmar que un grupo de individuos puede constituir una unidad de selección: si la selección natural actúa sobre un ser humano considerado como un conjunto de genes, también puede actuar sobre un grupo de individuos teniendo en cuenta los alelos en juego en dicho grupo.⁷

Para ilustrar esto, resulta esclarecedor el ejemplo de Wilson y Sober. La evolución está intrínsecamente ligada a la herencia genética. Si hay un alelo que mejora la supervivencia de un individuo, este podrá mejorar su adaptación, lo que a su vez potenciará su capacidad reproductiva y, por ende, la herencia de ese alelo en su descendencia. En el contexto de grupos de individuos, el ejemplo consiste en imaginar una especie de insectos que depositan sus huevos en agua estancada. Supongamos que hay individuos con características distintas en esta especie; uno de los tipos podría contribuir a mejorar la supervivencia de los demás. Podría haber un tipo capaz de eliminar sustancias nocivas del agua estancada (tipo A) y otro que no tenga esa capacidad (tipo B). Si en la misma masa de agua hay huevos de ambos tipos, el tipo B experimentará una mejor tasa de supervivencia gracias al tipo A. Lo que se busca demostrar es que, de la misma manera que un alelo experimenta un proceso evolutivo en un individuo específico, el insecto experimenta cambios evolutivos a través de la selección de grupo.

Sin embargo, es importante considerar que la descendencia del tipo A podría ser más numerosa que la del tipo B, dado que es el tipo A el que posee el rasgo de supervivencia más efectivo. Este argumento se ha utilizado para defender la selección individual sobre la selección de grupo. No obstante, Wilson y Sober identifican una contradicción en este razonamiento. En el caso de los individuos, es necesario que existan diferentes alelos, al igual que había diferentes tipos de insectos. Y entre esos

⁷ Un alelo es una de las distintas formas en que puede manifestarse un gen. Un mismo gen puede tener varios alelos, aunque no todos se expresan.

alelos, hay uno que facilita una mejor adaptación. En otras palabras, la situación es la misma en ambos casos, pero en diferentes niveles. Por lo tanto, si se rechaza la selección de grupo, también debería rechazarse la selección individual. De este modo, no se puede utilizar la mayor supervivencia del tipo A sobre el tipo B como argumento en contra de la selección de grupo. Al igual que la teoría de la evolución se aplica a individuos específicos (como un perro o un humano), también puede aplicarse a conjuntos de individuos. En este sentido, algunos grupos funcionan como un individuo, ya que actúan como una única unidad de selección.

Una vez que se ha demostrado cómo se produce la selección de grupo, es crucial detallar los requisitos necesarios para que esta tenga lugar. En otras palabras, deben existir ciertas características específicas que permitan que un conjunto de individuos se convierta en una unidad de selección. Wilson y Sober (1989 8-10) proponen las siguientes condiciones para que esto sea posible:

- i) Subdivisión de una población en distintos grupos.
- ii) Propiedades variadas dentro del grupo que afectan al número de descendientes (adaptación de grupo).
- iii) Variación de la adaptación de grupo causada por variación genética heredable.
- iv) La adaptación de los individuos dentro del grupo debe ser equivalente.

Estas son las condiciones necesarias para que la selección natural pueda operar a nivel de grupo. Las colonias de hormigas satisfacen claramente al menos los tres primeros requisitos. En relación al primer punto, hay una división clara en la colonia en diferentes castas, como ya se observó al definir una colonia de hormigas. El segundo requisito se cumple dado que diferentes colonias de hormigas presentan distintas características. Algunas pueden adaptarse mejor a las condiciones de temperatura, mientras que otras perfeccionan su comunicación para obtener alimento de manera más eficiente. Estas capacidades adaptativas de cada colonia influyen en el número de descendientes; a mejor adaptación, mayor crecimiento de la colonia. La tercera condición también se cumple, ya que la reproducción en las hormigas es haplodi-

ploide,⁸ de manera que existe variación genética. Finalmente, es difícil determinar si se cumple la cuarta condición. En el siguiente apartado se abordarán los problemas que podrían surgir. Por el momento, basta con señalar que es una hipótesis plausible.

La argumentación de Wilson y Sober, como se puede observar, también se fundamenta en cierta analogía. Lo que se ha demostrado es cómo los grupos de individuos son afectados por la evolución de una manera similar a los individuos aislados. Sin embargo, las condiciones requeridas van más allá de la superficialidad típica de las analogías adoptadas a principios de siglo. Al exigir estas condiciones específicas, se alcanza un nivel más especializado que permite descartar a muchos conjuntos de individuos como entidades individuales. De hecho, estos dos autores solo reconocen otros dos grupos que cumplen con estas características: asociaciones de foresis y hongos celulares mucosos.⁹ En cualquier caso, se ha demostrado que estas condiciones pueden ser satisfechas por las colonias de hormigas, lo que sugiere

⁸ En este modo de reproducción, el sexo se determina por el número de cromosomas que recibe la descendencia. Cuando una hembra es fecundada por un macho, el resultado son solo hembras. Si la hembra no es fecundada, entonces solo se producirán machos. Los machos son haploides, es decir, tienen un solo juego de cromosomas, lo que elimina la variación genética en ellos. Sin embargo, las hembras son diploides y, por lo tanto, tienen dos juegos de cromosomas. De este modo, se introduce una variación genética heredable en las colonias.

⁹ La foresis, también conocida como foresia, es un tipo de relación de comensalismo en el que una especie obtiene beneficios mientras que la otra no experimenta ningún perjuicio. Cuando un organismo se adhiere al exterior del cuerpo de otro con el único propósito de ser transportado, se denomina foresis. En esta relación, se distingue entre el organismo transportado, también llamado hospedador, y el organismo transportador. Aunque hay casos en los que el organismo transportado se alimenta del organismo transportador, creando una relación parcialmente parasitaria y parcialmente forética, el organismo transportado no tiene un impacto negativo en la vida del organismo que lo transporta. Por otro lado, aproximadamente seis grupos de organismos eucariotas reciben el nombre de moho mucoso. La formación de agregados multinucleados (plasmodios) o multicelulares (seudoplasmodios) en alguna etapa de su ciclo de vida es una característica común de estos grupos. El grupo específico denominado “hongos celulares mucosos” se distingue por tener pseudoplasmodios, que son agrupaciones de células ameboides. Estos nunca son parásitos, no generan zoosporas y se alimentan de bacterias.

que la selección natural opera a nivel de grupo en ellas. En otras palabras, las colonias pueden constituir una unidad de selección y, por lo tanto, un individuo evolutivo.

5.3. SELECCIÓN DE PARENTESCO Y SELECCIÓN MULTINIVEL

Se ha señalado que una de las características necesarias para que una colonia sea considerada un individuo evolutivo podría ser cuestionable. Esta es la condición de que no pueden existir diferencias en la adaptación entre los miembros del grupo. Si aplicamos esta condición a las colonias de hormigas, se deduce que no podrían existir conflictos relacionados con la subordinación a la colonia. Si se observan comportamientos contraproducentes en los miembros de la colonia, es porque intentan adaptarse de una manera diferente. Aunque no son muy numerosos, existen estudios que confirman la presencia de estos comportamientos (Seeley 1989 y 2014). Una teoría que podría explicar tanto estos comportamientos como el funcionamiento normal de una colonia es la selección de parentesco.

La selección de parentesco es una forma de adaptación cooperativa entre individuos emparentados que favorece el éxito reproductivo del grupo sobre el interés de supervivencia individual. Este tipo de altruismo surge con el objetivo de asegurar la producción de descendencia. Aunque pueda parecer que se trata de una forma de selección de grupo, la unidad de selección en este caso es la hormiga individual, no el conjunto. En realidad, cada hormiga debe ser altruista y adoptar esta forma de adaptación. El objetivo principal de la selección de parentesco no es el éxito de la colonia, sino asegurar la herencia genética de cada hormiga obrera a través del nacimiento de sus hermanas. Esta forma de adaptación también explica los conflictos que pueden surgir en la colonia. Cuando una hormiga se opone al funcionamiento habitual, lo más probable es que lo haga porque considera que el éxito reproductivo sería más favorable de otra manera. Así, por ejemplo, es posible que en ocasiones las obreras rechacen a su reina en favor de otra.

El problema de esta teoría es que sitúa la adaptación a nivel individual. Según ésta, es cada hormiga la que adquiere un factor altruista para asegurar su descenden-

cia, por lo que la selección de grupo quedaría invalidada. Parece que, si la selección de parentesco fuera la teoría correcta, se debería descartar que las colonias puedan ser individuos evolutivos.¹⁰ Sin embargo, este problema queda fácilmente descartado; existe otra teoría que se superpone tanto a esta como a la de selección de grupo. La selección multinivel permite afirmar que ambos tipos de adaptación pueden coexistir. Postula que la selección natural actúa en varios niveles distintos de organización biológica. Esta es la teoría más ampliamente aceptada, ya que de esta manera tanto la selección de grupo como la de parentesco pueden explicarse adecuadamente. Por separado, ambas teorías plantean problemas, pero si se acepta que actúan conjuntamente, la explicación es más contundente. Así, aunque la selección de parentesco ocurra a nivel individual, es evidente que esta permite que el conjunto también sea capaz de una mejor adaptación. Una hormiga se adapta de manera que obtiene un beneficio (el de asegurar la descendencia), pero esa adaptación provoca al mismo tiempo una adaptación grupal que asegura la descendencia de toda la colonia.

Tres fuerzas de selección natural pueden distinguirse en el funcionamiento del superorganismo de acuerdo al objeto de selección: selección de grupo (entre grupos), la diferenciación de supervivencia y reproducción de grupos cooperativos enteros como resultado de la frecuencia y tipo de alelos codificando acciones sociales en cada uno: selección directa individual (dentro de los grupos), acumulado desde la diferencia de supervivencia personal y reproductiva de cada uno de los miembros de la colonia; y selección de parentesco, diferencias en la adaptación de los miembros de la colonia debido a estos favoreciendo o desfavoreciendo a otros parientes que no son sus descendientes directos (Hölldobler & Wilson 1990 347-350).

En vista de la teoría multinivel y su aceptación en los estudios de biología evolutiva, parece adecuado concluir que la selección de grupo es un fenómeno real en las colonias de hormigas. Independientemente de que la selección natural pueda actuar también a nivel individual, lo importante en este caso es que la selección de

¹⁰ Supone un verdadero problema porque la selección de parentesco es una teoría muy aceptada y desarrollada en el paradigma científico (Gardner et ál. 2011).

grupo es una fuerza a tener en cuenta. De esta manera, puede concluirse finalmente que las colonias de hormigas pueden caracterizarse como individuos evolutivos por sí mismas.

6. INDIVIDUOS FUNCIONALES O FISIOLÓGICOS

Finalmente, aparece la pregunta sobre la individualidad fisiológica de las colonias de hormigas.¹¹ Según lo visto al principio respecto a los superorganismos, la pregunta sobre si las colonias de hormigas son o no individuos fisiológicos continúa abierta. Recordemos que por individuo fisiológico nos referimos a un ser vivo cuyas partes que lo componen están integradas causalmente en una unidad funcional. En este sentido, parece que la organización de la colonia constituiría fácilmente un organismo. Según Hölldobler y Wilson (1990) concebir la colonia como un todo organizado tiene una implicación en las categorías de organización social. Es decir, dependiendo del genotipo de la colonia se establece un sistema de castas y de comunicación específico, dependiendo del entorno completo de la colonia. La división en castas y el reparto de funciones se ajustan a la definición en la que las partes se integran para constituir un todo.

Sin embargo, esta división no es suficiente. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que la integración de partes para formar un todo también puede aplicarse a una máquina. Las partes de cualquier máquina se organizan para que funcione, pero eso no las convierte en un organismo. Podría pensarse que esto no supone realmente

¹¹ Vamos a utilizar exclusivamente el término individuo fisiológico en este apartado. La razón de esto es que dentro de los individuos evolutivos estos pueden definirse como “seres vivos que se organizan funcionalmente para sobrevivir y reproducirse en su entorno a través del proceso de selección natural” (Wilson & Sober 1989: 2). Esta manera de describir a los individuos evolutivos implica una funcionalidad, por lo que utilizar el término funcional puede dar lugar a confusiones. Aunque exista esta funcionalidad, los criterios que estamos utilizando son exclusivamente evolutivos, por lo que no estamos hablando en realidad de individuos funcionales según los entendemos aquí, es decir, referidos a la fisiología.

un problema, ya que la organización de la colonia involucra funciones propias de los seres vivos, como la nutrición y la reproducción. Sin embargo, tampoco parece que estas dos funciones sean suficientes.

Por una parte, la organización colonial relacionada con la nutrición tiene como objetivo principal la adquisición de alimentos; un grupo de hormigas de la colonia consigue comida para el resto. Sin embargo, la adquisición de alimentos no forma parte de lo que constituye un organismo. Cuando un padre proporciona comida a su hijo, no cuestionamos la individualidad fisiológica del niño. Por otra parte, la reproducción sí es una característica fisiológica de un organismo, lo que sugiere que podría constituir la colonia como un individuo fisiológico. No obstante, la reproducción parece ser más relevante en este caso para la capacidad evolutiva que para la fisiológica. En el caso de los seres humanos, no dudamos de su individualidad fisiológica cuando son estériles o eligen no reproducirse. De esta forma, la reproducción tampoco parece una capacidad fisiológica suficiente para constituir las colonias como individuos fisiológicos. En realidad, los organismos se distinguen por otras características más específicas. Cuando se habla de unidad funcional, se hace referencia a una integridad funcional superior de la entidad biológica como un todo. Es por esta razón que hay que referirse a aspectos más distintivos de la fisiología del ser vivo, como por ejemplo, la inmunología, el metabolismo o la homeostasis.

El criterio más habitual para delimitar los individuos fisiológicos es el metabólico. Este es el punto de vista más tradicional; existe un individuo fisiológico cuando las partes de un ser vivo “trabajan juntas para mantener la estructura del sistema utilizando fuentes de energía y otros recursos de su entorno” (Godfrey-Smith 2013 14). Sin embargo, existen otros criterios de gran relevancia que pueden ser útiles para esta delimitación. Los más interesantes son los criterios inmunológico y el homeostático.

Para considerar la colonia de hormigas como un individuo fisiológico, debe demostrarse que estos criterios se aplican a nivel colonial y no solo a cada hormiga en particular. Está claro que cada hormiga tiene un metabolismo y un sistema inmune, pero lo que nos interesa es determinar si existe alguna organización a nivel colonial de estos aspectos. Por esta razón, lo más adecuado es evaluar cada uno de los criterios

y considerar si pueden aplicarse a nivel de grupo. Se hará evidente de nuevo que la individuación biológica de las colonias supone un reto. El criterio inmunológico (Pradeu 2012, 2016) resultará confuso al intentar aplicarlo a las colonias, y el criterio metabólico, aunque a primera vista parezca zanjar la cuestión, podría plantear algunos problemas. De cualquier manera, si al aplicar estos criterios se demuestra que las colonias los cumplen en gran medida, podrán confirmarse como individuos fisiológicos.

6.1. CRITERIO INMUNOLÓGICO

La propuesta de Pradeu (2012) de adoptar el sistema inmunológico como la base mínima para delimitar un organismo ha sido bien recibida y comentada. La individualidad de un organismo depende de los procesos que permiten la organización de todas las partes que conforman un ser vivo funcional. La inmunología puede resultar útil para señalar el proceso más básico de todos por varias razones. La primera es que supone el mecanismo que acepta o rechaza los seres vivos que se introducen en el organismo y que pueden formar parte de él. Por lo tanto, el sistema inmunológico puede marcar los límites de un organismo. Además, muchos de los seres vivos más simples a los que normalmente atribuimos individualidad poseen este sistema, como los animales superiores. Así, las principales ventajas de este criterio son que permite vislumbrar la individualidad fisiológica de los seres vivos atendiendo a aquello que los hace únicos y que permite limitarlos espacio-temporalmente.

Este criterio resulta útil para resolver casos en los que surge un problema en la individuación de un ser vivo. Por ejemplo, en el caso de la carabela portuguesa mencionado en la introducción, se podría determinar en qué nivel se encuentra el individuo si existiera una respuesta inmunológica clara en uno de estos dos niveles (a nivel colonial o de los distintos hidrozooos). En cualquier agrupación simbiótica o colonial similar, el criterio inmunológico podría aplicarse de la misma manera para determinar cuál es el organismo: la agrupación entera o cada miembro de ella. Por esta razón, parece sensato intentar aplicarlo también a las colonias de hormigas.

Según el propio Pradeu (2012), para que una colonia de hormigas cumpla con el criterio inmunológico de manera que pueda considerarse como un individuo fisiológico, deben cumplirse dos requisitos. El primero es que deben existir fuertes intercambios bioquímicos entre los miembros de la colonia; el segundo es que la respuesta inmune debe ser claramente más fuerte a nivel colonial que a nivel individual. El primer requisito se cumple generalmente en las colonias, ya que las hormigas se comunican en gran medida mediante intercambios de feromonas. Sin embargo, es difícil confirmar el segundo requisito. Según algunos estudios (Cremer, D. Pull & Fürst 2018), podría resultar adecuado atribuir esta condición a las colonias. Por ejemplo, algunas especies de hormigas situadas cerca de ciertas esporas que podrían contaminarlas son capaces de generar una respuesta inmunológica social. Cuando detectan la infección por esporas, incrementan la higiene de la colonia e incluso algunas hormigas limpian a otras. También parece que son capaces de identificar en la colonia a las hormigas que han muerto por la infección para retirarlas de la misma.

Aunque parece que las colonias de hormigas son capaces de generar una respuesta inmune a nivel colonial, existen numerosos problemas para aplicar este criterio. El primero es que no todas las especies de hormigas son capaces de identificar la infección. En la mayoría de las colonias, cuando una hormiga se contagia con algún ácaro u otro ser vivo nocivo, el resultado suele ser una infección generalizada que provoca la muerte de la colonia. Esto implicaría que muy pocas colonias podrían considerarse organismos. Además, incluso cuando esta respuesta inmunológica a nivel colonial se produce, es difícil determinar si es más intensa a este nivel que a nivel individual. Otro problema es que existen pocos experimentos que puedan demostrar la respuesta inmunológica a nivel colonial. Las hormigas también retiran de la colonia a todas las hormigas que mueren, independientemente de si están infectadas o no. Aun así, no se sabe si actúan de esa manera para evitar enfermedades o simplemente por razones de higiene.

La conclusión de estos ejemplos y problemas es que el criterio inmunológico resulta difícil de aplicar en el caso de las colonias de hormigas. Si hubiera más investigación sobre estos fenómenos, quizá el criterio de Pradeu podría ofrecer una respuesta clara. Sin embargo, parece que en este caso su aplicación a las agrupaciones

de hormigas resulta demasiado ambigua. Por esta razón, el criterio inmunológico será descartado aquí como útil para determinar la individualidad de las colonias de hormigas. Esto no representa un problema mayor, ya que aún quedan dos criterios que son igual de importantes que el inmunológico. De hecho, podrían considerarse más básicos y, por lo tanto, más adecuados para la individuación de las colonias.

6.2. CRITERIO METABÓLICO

El criterio más simple y clásico para definir un organismo es que se trate de un ser vivo capaz de realizar el metabolismo (Bernard 1974). Esto se debe a numerosas razones. El metabolismo es el proceso que permite el mantenimiento de la vida en los organismos. Es un proceso en el que ocurren reacciones bioquímicas y fisicoquímicas que posibilitan el crecimiento, el mantenimiento de las estructuras, la respuesta a estímulos y la reproducción de los seres vivos. Sin duda, es uno de los procesos fundamentales de los seres vivos y, por ello, se establece como uno de los criterios paradigmáticos para la determinación de los individuos biológicos.

El objetivo principal del metabolismo en un organismo es la conversión de alimentos en energía para impulsar otros procesos celulares o en los nutrientes necesarios para la supervivencia del organismo. El metabolismo también puede referirse al conjunto de procesos básicos de un organismo, que incluyen la digestión y el transporte de sustancias a las células. De esta manera, para que una colonia de hormigas pueda considerarse un organismo, el proceso metabólico debe ser un esfuerzo colonial. Al principio, podría parecer difícil concebir que el metabolismo no sea algo exclusivo de cada miembro de la colonia. Sin embargo, el funcionamiento habitual de las colonias de hormigas se ajusta perfectamente a este criterio de individualidad:

La posibilidad de que las larvas sirvan como castas digestivas especializadas ha recibido un notable apoyo por una serie de estudios pertenecientes a la subfamilia Myrmicinae (...). Se ha mostrado que las secreciones estomacales de las larvas contienen lípidos y proteasas, pero no carbohidratos. En contraste, las

obreras producen carbohidratos en sus glándulas cefálicas, pero no proteasas. Por lo tanto, se propuso que las larvas proporcionaban proteasas a las obreras mientras que recibían carbohidratos a cambio. Un intercambio mutuo tal entre adultos y larvas puede contribuir a una digestión más eficiente (Hölldobler & Wilson 1990 221-223)

La conversión de alimentos en nutrientes como carbohidratos o proteínas es parte del proceso metabólico. Tal como muestra la cita anterior, las hormigas no son capaces de transformar los alimentos en todos los nutrientes necesarios para su supervivencia, sino solo en algunos de ellos. Necesitan que las larvas digieran y produzcan proteínas para poder obtenerlas. De lo contrario, su nutrición no sería adecuada y podrían morir. De hecho, cuando la hormiga reina de una colonia fallece, es común que el resto de la colonia siga el mismo destino. Una vez que ya no hay larvas de las cuales obtener ciertos nutrientes, el resto de la colonia comienza a desnutrirse y finalmente muere. Las larvas son puestas por la reina, pero su protección y alimentación son responsabilidad de toda la colonia. Por lo tanto, existe una dependencia metabólica entre las obreras y las larvas (que son criadas por toda la colonia), y no cabe duda de que el proceso metabólico es un esfuerzo colonial y no individual.

Dado que el metabolismo completo se produce a nivel colonial, se puede concluir, según este criterio, que la colonia constituye un individuo fisiológico. Sin embargo, hay que tener en cuenta algunas posibles objeciones. Podría argumentarse que, dado que algunas obreras también son capaces de poner huevos, estas podrían obtener los nutrientes de ellos. Si ese fuera el caso, podrían vivir independientemente de la colonia. También se podría rebatir que el esfuerzo de obtención de alimentos es principalmente de la hormiga, por lo que el metabolismo ocurre gracias a ella y no a la colonia. Pero la realidad es que el comportamiento habitual de una colonia de hormigas es el que se ha mencionado previamente. La colonia depende de todos sus miembros para obtener los nutrientes necesarios para su ciclo vital, y por lo tanto, el metabolismo se da principalmente a nivel colonial. De esta forma, si evaluamos la individualidad de una colonia según su metabolismo, parece que debe considerarse como un individuo fisiológico. Además, al aplicar el siguiente criterio reforzaremos

esta idea, ya que no solo se comparten nutrientes, sino que la colonia es capaz de regular el ritmo del metabolismo según los intereses del grupo.

6.3. CRITERIO HOMEOSTÁTICO

El último criterio es el que se refiere a la homeostasis de los seres vivos. Para definir la homeostasis debe tenerse en cuenta que esta puede entenderse como un proceso o un resultado. Por una parte, el resultado de la homeostasis es la autorregulación, de manera que se puedan mantener las propiedades y composición del medio interno de un ser vivo, ya sea afectado por cambios internos o no. Por otra parte, el proceso de la homeostasis es aquel en el que existen señales de que dicha autorregulación se está llevando a cabo (Turner 2000). El mantenimiento de la funcionalidad de un ser vivo es clave en la fisiología, y por lo tanto, supone un buen criterio para determinar la individualidad fisiológica de un ser vivo. Si existen evidencias de que existe una homeostasis de la colonia y que esta se produce como un esfuerzo colonial, podrá confirmarse que la colonia es en sí misma un individuo fisiológico.

En primer lugar, conviene recordar la división en castas de las colonias, ya que esta organización responde al entorno de la colonia y le permite desarrollarse adecuadamente. El esfuerzo para mantener el lugar de desarrollo de la colonia en el mejor estado posible es una responsabilidad colectiva, y se debe a las fuertes conexiones fisiológicas existentes en el grupo. Esta división podría considerarse una forma de homeostasis, pero como se ha visto al inicio del apartado, no es suficiente para constituir a las colonias como individuos fisiológicos. Por ello, parece necesario analizar procesos homeostáticos específicos llevados a cabo por las hormigas. Uno de los procesos básicos para lograr la homeostasis de la colonia es la termorregulación. La termorregulación es la capacidad de un ser vivo de ajustar su temperatura con el objetivo de estabilizar su propio entorno. Así, la homeostasis a nivel de colonia podría lograrse si se mantiene el estado normal del grupo mediante el control del clima del nido o la regulación de la densidad de población del grupo en su conjunto.

Si las colonias de hormigas pudieran realizar procesos de termorregulación a nivel grupal, entonces cumplirían con el requisito para ser consideradas individuos fisiológicos. Los fenómenos de autorregulación han sido objeto de investigación en colonias de insectos, especialmente en abejas, pero también en hormigas. El ejemplo más claro es el de las hormigas vivaques.¹² La termorregulación de este tipo de hormigas es especialmente destacable, aunque otras especies emplean mecanismos similares. Son capaces de mantener estable la temperatura de la colonia, incluso cuando el gradiente térmico del exterior es muy amplio. Es precisamente el metabolismo basal el que permite la producción de calor para mantener elevada la temperatura de la colonia (Franks 1989). Esto no solo demuestra que las colonias son capaces de procesos homeostáticos a nivel colonial, sino que también evidencia que estas hormigas pueden aumentar el ritmo de su metabolismo en el momento adecuado, lo cual confirma que es un fenómeno colonial.

La termorregulación no es el único proceso homeostático al que puede recurrir una colonia. Otro desafío común es el control de la población. En una colonia, a menudo existen distintos tipos de obreras con funciones variadas. Cuando uno de estos tipos se reproduce más de lo necesario o su mortalidad es elevada, la colonia puede liberar una feromona para equilibrar este desbalance. Dependiendo del efecto deseado, esta feromona puede acelerar o retrasar el desarrollo de las larvas, generando así el tipo de obrera requerido. Además, antes de que esta feromona actúe, si uno de los tipos de obreras tiene una densidad de población muy baja, será el otro tipo el que asuma la mayoría de las tareas. Sin embargo, si la proporción entre ambos cambia, el tipo que antes era minoritario puede pasar rápidamente a encargarse de las labores más pesadas de la colonia (Hölldobler & Wilson 1990). No cabe duda de que este es un mecanismo para controlar la población y redistribuir tareas, asegurando que la colonia permanezca siempre equilibrada y organizada.

¹² Son colonias de hormigas migratorias que se caracterizan por una gran cantidad de hormigas soldado.

Recapitulando, se han expuesto tres criterios diferentes para juzgar la individualidad de las colonias de hormigas. Aunque el primero de ellos, el inmunológico, parecía plantear dudas sobre dicha individualidad, los siguientes la han confirmado. Existen numerosos criterios para evaluar esta individualidad, y todos tienen cierto valor, ya que derivan de procesos básicos comunes en los organismos. Sin embargo, en este caso, la investigación sobre la inmunología grupal de las hormigas es escasa, por lo que no se puede afirmar de manera concluyente que las colonias sean individuos bajo este criterio. Aun así, la elección de los criterios metabólico y homeostático es suficiente para determinar si las colonias son individuos. En cierta medida, ambos criterios son más fundamentales que el inmunológico, lo que los convierte en una mejor opción. Por un lado, la homeostasis es el mantenimiento de la composición de un ser vivo; si esta no se da, el organismo está destinado a morir. Por otro lado, el metabolismo influye en todos los sistemas del organismo y permite a los seres vivos desarrollarse a partir de la ingesta de nutrientes; si un ser vivo no pudiera metabolizar nutrientes, también moriría. Por estas razones, no es problemático que la aplicación del criterio inmunológico no sea concluyente, ya que los otros dos criterios son más que adecuados. Considerando el metabolismo y la homeostasis, la investigación ofrece ejemplos claros en los que la colonia actúa como un individuo fisiológico.

7. NIVEL PRAGMÁTICO

La escasez de estudios inmunológicos sobre colonias de organismos ilustra cómo la biología conceptualiza y aborda el estudio de estos sistemas. En este trabajo, se ha enfocado principalmente en el nivel conceptual de todos los términos y análisis. Sin embargo, en la práctica científica, también se puede distinguir un nivel pragmático. El nivel conceptual se relaciona con la comprensión teórica y filosófica de los fenómenos biológicos, mientras que el nivel pragmático se refiere a cómo los biólogos investigan y experimentan en la vida real.

Si se consideraran las colonias como unidades fisiológicas independientes a nivel conceptual, probablemente se dedicaría más atención y recursos a los estudios

inmunológicos de las mismas. Esto se debe a que el sistema inmunológico es crucial para entender cómo los organismos individuales se defienden contra patógenos y mantienen la homeostasis. Sin embargo, en muchos casos, las colonias no se estudian desde esta perspectiva, lo que sugiere que la biología tiende a abordar estos sistemas de manera pragmática. El enfoque pragmático implica examinar las colonias como grupos y observar su comportamiento y rasgos generales. Esto puede incluir la distribución del trabajo, la coordinación entre las hormigas de la colonia y su impacto en el medio ambiente. Este método permite a los biólogos aprender mucho sobre las colonias y cómo funcionan como un todo, pero no aborda los aspectos inmunológicos a nivel individual.

La distinción entre los niveles conceptual y pragmático es relevante porque ambos ofrecen información útil sobre cómo se concibe y estudia la individuación de las colonias. El nivel conceptual, más vinculado a la filosofía de la biología, proporciona una comprensión teórica de las colonias y su papel en la naturaleza. Por otro lado, el nivel pragmático, fundamentado en la investigación empírica y experimental, ilustra cómo los biólogos abordan el estudio de las colonias en la práctica y qué aspectos consideran más relevantes en sus investigaciones.

8. CONCLUSIONES

Las colonias de hormigas, entendidas como superorganismos, plantean un dilema: pueden concebirse tanto como una agrupación de distintos individuos como un único individuo. Sus capacidades colectivas sugieren similitudes con otros individuos biológicos, pero ciertas propiedades generan dudas al respecto. Por eso ha aparecido la necesidad de preguntarnos por la individualidad de estas agrupaciones de insectos. Para abordar este tema, se ha centrado la atención en dos de los tipos de individuos más relevantes para la biología: los evolutivos y los fisiológicos.

A lo largo del trabajo se espera haber mostrado que las colonias de hormigas pueden considerarse individuos biológicos, ya que cumplen con las condiciones para ser los dos tipos de individuo más relevantes. Por un lado, en relación con la

pregunta de si las colonias de hormigas son individuos evolutivos, la respuesta es afirmativa. Las colonias de hormigas constituyen individuos darwinianos; es decir, la reproducción está a cargo de toda la colonia. Aunque generalmente solo la reina se reproduce, la alimentación y cría de las larvas es un esfuerzo colectivo. Además, la existencia de una adaptación evolutiva a nivel colonial también señala la individualidad evolutiva de estas agrupaciones de hormigas. Aunque también hay adaptación a nivel individual debido a la selección de parentesco, no se puede descartar la selección de grupo. De esta manera, adoptando una posición en la que la selección natural opera en diferentes niveles, se puede confirmar que las colonias de hormigas son un individuo evolutivo.

Por otra parte, se ha concluido positivamente acerca de la individualidad fisiológica de las colonias; al hacerlo, se ha puesto de relieve que la intuición de los biólogos de principios del siglo xx era más acertada de lo que se pensaba. Wheeler creó el término “superorganismo” porque creía firmemente que la organización funcional de la colonia era equivalente a la de cualquier otro organismo común. Su argumentación se basaba en analogías demasiado superficiales, por lo que fue descartada. Sin embargo, esas analogías solo requerían un análisis más profundo sobre las colonias. Al destacar cómo ocurren procesos concretos, esas analogías quedan justificadas. Aunque existan algunos problemas para que las colonias de hormigas cumplan con el criterio inmunológico (y aun así hay evidencias de que podría cumplirse), se ha mostrado que las colonias satisfacen los criterios metabólico y homeostático. La forma en que las colonias llevan a cabo estos procesos parece ser colonial y no particular. Por lo tanto, las colonias de hormigas también parecen ser individuos fisiológicos.

REFERENCIAS

- Bernard, Claude. *Lectures on the Phenomena of Life Common to Animals and Plants*. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, 1974.
- Cannon, Walter B. “Organization for Physiological Homeostasis”. *Physiological Reviews* 9.3 (1929): 399-431. <<https://doi.org/10.1152/physrev.1929.9.3.399>>

- Clarke, Ellen. "The Problem of Biological Individuality". *Biological Theory* 5.4 (2010): 312-25. <https://doi.org/10.1162/BIOT_a_00068>
- Cremer, Sylvia., D. Pull, Christopher., y Fürst, Matthias A. "Social Immunity: Emergence and Evolution of Colony-Level Disease Protection". *Annual Review of Entomology* 63.1 (2018): 105-123. <<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043110>>
- Franks, Nigel R. "Thermoregulation in Army Ant Bivouacs". *Physiological Entomology* 14.4 (1989): 397-404. <<https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1989.tb01109.x>>
- Gardner, A. y A. Grafen. "Capturing the Superorganism: A Formal Theory of Group Adaptation". *Journal of Evolutionary Biology* 22.4 (2009): 659-671. <<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2008.01681.x>>
- Gardner, A. et ál. "The Genetical Theory of Kin Selection". *Journal of Evolutionary Biology* 24.5 (2011): 1020-1043. <<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2011.02236.x>>
- Gibson, Abraham H. "Edward O. Wilson and the Organicist Tradition". *Journal of the History of Biology* 46.4 (2012): 599-630. <<https://doi.org/10.1007/s10739-012-9347-3>>
- Godfrey-Smith, Peter. *Darwinian Populations and Natural Selection*. Oxford University Press, 2009.
- _____. "Darwinian Individuals". *From Groups to Individuals: Evolution and Emerging Individuality*. Eds. Bouchard Frédéric, Haber Matt y Philippe Huneman. Cambridge: The MIT Press, 2013. 17-36. <<https://doi.org/10.7551/mitpress/8921.003.0005>>
- Hölldobler, Bert. *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*. New York: W.W. Norton & Company, 2009.
- Hölldobler, Bert., y Edward O. Wilson. *The Ants*. Springer Berlin Heidelberg, 1990. <<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-10306-7>>
- Hull, David L. "Individual". *Keywords in Evolutionary Biology*. Eds. Fox Keller, Evelyn., y A. Lloyd Elisabeth. Cambridge: Harvard University Press, 1992. 180-187.

- Kramer, Jos y Joël Meunier. "Kin and Multilevel Selection in Social Evolution: A Never-Ending Controversy?" *F1000Research* 5.1 (2016): 776. <<https://www.doi.org/10.12688/f1000research.8018.1>>
- Okasha, Samir. *Evolution and the Levels of Selection*. USA: Oxford University Press, 2006.
- Parker, G. H. "Organic Determinism". *Science* 59.1537 (1924): 517-521. <<https://doi.org/10.1126/science.59.1537.517>>
- Pradeu, Thomas. *The Limits of the Self: Immunology and Biological Identity*. Oxford University Press, 2012. <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199775286.001.0001>>
- _____. "Organisms or Biological Individuals? Combining Physiological and Evolutionary Individuality". *Biology & Philosophy* 31.6 (2016): 797-817. <<https://doi.org/10.1007/s10539-016-9551-1>>
- Seeley, Thomas D. *Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life*. Princeton University Press, 2014.
- _____. "The Honey Bee Colony as a Superorganism". *American Scientist* 77.6 (1989): 546-555. <<https://doi.org/10.4159/9780674043404-003>>
- Turner, J. Scott. "The Soul of the Superorganism". *The Extended Organism: The Physiology of Animal-Built Structures*. Harvard University Press, 2000. 179-200.
- Wheeler, William Morton. "The Ant-Colony as an Organism". *Journal of Morphology* 22.2 (1911): 307-325. <<https://doi.org/10.1002/jmor.1050220206>>
- Wilson, Edward O. "The Origin and Evolution of Polymorphism in Ants". *The Quarterly Review of Biology* 28.2 (1953):136-156. <<https://doi.org/10.1086/399512>>
- Wilson, Jack. *Biological Individuality: The Identity and Persistence of Living Entities*. Cambridge University Press, 1999.
- Wilson, David Sloan y Elliott Sober. "Reviving the Superorganism". *Journal of Theoretical Biology* 136.3 (1989): 337-356. <[https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(89\)80169-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(89)80169-9)>
- Wynne-Edwards, V. C. *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour*. Edinburg and London: Oliver and Boyd, 1962.

ALGUNAS LIMITACIONES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE LOS POSIBLES FUTUROS CLIMÁTICOS, POLÍTICOS Y SOCIOECONÓMICOS EN *LEVIATÁN CLIMÁTICO* DE GEOFF MANN Y JOEL WAINWRIGHT*

SOME EPISTEMOLOGICAL LIMITATIONS ON POSSIBLE
CLIMATIC, POLITICAL, AND SOCIO-ECONOMIC
FUTURES IN *CLIMATE LEVIATHAN* BY GEOFF MANN
AND JOEL WAINWRIGHT

HEBER VÁZQUEZ JIMÉNEZ

Posgrado en filosofía de la ciencia, UNAM

Ciudad de México, México.

hvj.efsct@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5500-2754>



RESUMEN

Este artículo examina la obra *Leviatán Climático* de Geoff Mann y Joel Wainwright, que detalla las implicaciones políticas del cambio climático antropogénico y esboza cuatro posibles futuros sociopolíticos. Sin embargo, el libro presenta notables limitaciones epistemológicas en su tratamiento de los escenarios climáticos basados en las Trayectorias de Concentración Representativas (RCPS), tal y como se utilizan en el *Quinto Reporte de Evaluación* del IPCC. En respuesta a las críticas de Mann y Wainwright, este análisis describe brevemente otro marco que considera tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, y

*Este artículo se debe citar: Vázquez Jiménez, Heber. "Algunas limitaciones epistemológicas sobre los posibles futuros climáticos, políticos y socioeconómicos en *Leviatán climático* de Geoff Mann y Joel Wainwright". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 81-115. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.3932>

que incorpora factores socioeconómicos en la generación de escenarios climáticos: las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSPs).

Palabras clave: cambio climático antropogénico; Leviatán Climático; filosofía especulativa; futuros posibles; escenarios climáticos; Trayectorias de Concentración Representativas; Trayectorias Socioeconómicas Compartidas.

ABSTRACT

A philosophical book is analyzed here: *Climate Leviathan* by Geoff Mann and Joel Wainwright. That book is an extensive argument about some political implications of anthropogenic climate change, expressly, four possible socio-politic futures. Nonetheless, this book has important epistemological limitations on the climate scenarios, based on Representative Concentration Pathways (RCPs), used by the IPCC's *Fifth Assessment Report*. In response to some of Mann's and Wainwright's objections, the main features of another quantitative and qualitative framework used for climate scenarios, with socio-economic factors, are outlined: the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs).

Keywords: anthropogenic climate change; Climate Leviathan; speculative philosophy; alternative futures; climate scenarios; Representative Concentration Pathways; Shared Socioeconomic Pathways

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático antropogénico es un fenómeno socioambiental complejo en múltiples escalas que amenaza la existencia de las sociedades humanas tal y como las conocemos hasta ahora (Spratt & Dunlop 2019; Warner & Boas 2019). La “emergencia climática” (Ripple et ál. 2020 8) es un desafío teórico y práctico cuya solución requiere tanto enfoques científicos multidisciplinarios así como propuestas creativas

desde las humanidades y los saberes locales (Vanderheiden 2008a xiv-xv; Nightingale et ál. 2019 6).

Respecto al abordaje filosófico del cambio climático existe un predominio de los enfoques éticos (*cf.*: Hourdequin 2010; Fragnière 2016), algunas reflexiones filosófico políticas (*cf.*: Vanderheiden 2008b; Latour 2017 y 2019) y, en menor medida o menos difundida, una filosofía de las ciencias climáticas (*cf.*: Madrid 2020). Generalmente cada uno de estos campos trabaja de manera aislada y es difícil encontrar textos que unan enfoques filosóficos distintos para encuadrar conceptualmente la emergencia climática. Esta fragmentación analítica tiene como consecuencia o bien algunas imprecisiones epistemológicas o bien algunas afirmaciones prácticas desconectadas de la realidad social, económica y geopolítica.

En este artículo, se analizarán algunas de las limitaciones epistemológicas del libro *Leviatán climático* de Geoff Mann y Joel Wainwright (2018), en particular, sus objeciones a los escenarios climáticos evaluados en 2013 por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (en adelante, IPCC, por sus siglas en inglés). Para ello, se describirá en términos generales el cambio climático antropogénico, posteriormente se hará una síntesis de *Leviatán climático* para en seguida mencionar algunas objeciones de los autores norteamericanos a los escenarios basados en las Trayectorias de Concentración Representativas (RCPS, por sus siglas en inglés) empleados en el *Quinto Reporte de Evaluación del IPCC* (2013); para responder a tales objeciones, se describirá a grandes rasgos uno de los marcos de escenarios climáticos que incluye factores socioeconómicos: las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSPs, por sus siglas en inglés), y, finalmente, se evaluarán algunos de los alcances y limitaciones epistemológicas de la obra de Mann y Wainwright.

2. CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO

El planeta Tierra es un sistema complejo que tiende al equilibrio térmico con el Sol en tanto que la cantidad de energía térmica que recibe de ese astro es la misma cantidad que el planeta emitirá al espacio exterior en forma de radiación infrarroja (IPCC

1996 95; IPCC 2013 68); dicho equilibrio térmico puede alterarse ya sea por un cambio de la cantidad de gases opacos a la radiación infrarroja en la atmósfera —o gases de efecto invernadero— y/o en la cantidad de energía recibida por el Sol, lo cual puede generar efectos directos en el forzamiento radiativo de la Tierra,¹ o que a su vez produce aumento o descenso de la temperatura de la atmósfera para mantener el equilibrio térmico (Burroughs 2007 355; Farmer 2015 9). El clima, sin embargo, no sólo se reduce a la atmósfera. La existencia de cambios en el forzamiento radiativo no son suficientes para determinar las características del sistema climático en un momento dado o la existencia de cambios en el clima.²

El clima es una entidad compleja cuya definición, desde la perspectiva de su estudio, se refiere al promedio del estado del tiempo —también llamado tiempo meteorológico o temperie— en alguna región geográfica (desde pequeños valles hasta la escala planetaria) a través de largos periodos de tiempo (desde un mes hasta siglos, milenios o millones de años) así como a su rango y frecuencia, tanto de condiciones comunes así como de eventos extremos (Ahrens & Henson 2016 17; Ruddiman 2008 4).

El clima es el resultado de la interacción constante y variable tanto de los elementos internos del sistema Tierra que afectan y a su vez se ven afectados por el clima —también llamados forzamientos internos: hidrosfera, criosfera, litosfera, biosfera y atmósfera— (Garduño 2018 131; Monin 1986 7). Así como de factores

¹ “El forzamiento radiativo se define [...] como la variación del flujo descendente neto (onda corta más onda larga) en la tropopausa, tras permitir que las temperaturas estratosféricas se reajusten hasta alcanzar el equilibrio radiativo, mientras se mantienen fijas otras variables de estado, como las temperaturas troposféricas, el vapor de agua y la cubierta de nubes [...]” (IPCC 2013 53).

² “It is important to realize that RF [radiative forcing] does not tell us specifically how climate will actually change. The reason is that we do not know a priori the extent to which the climate system responds to forcings. Thus RF [radiative forcing] cannot be *directly* translated into global temperature change, let alone changes in precipitation, incidence of extreme events, variations among regional temperature changes, or other factors that together describe actual changes in climate” (Mathez & Smerdon 2018 164).

externos que afectan pero no se ven afectados por el clima y que por tal motivo son llamados forzamientos externos —irradiación solar, vulcanismo, tectónica de placas, actividades productivas humanas— (IPCC 2013 201).

La variabilidad es una característica intrínseca del clima. A lo largo de la existencia del planeta ha existido siempre variabilidad y cambio en el clima. ¿Qué es, entonces, un cambio climático? Un cambio climático puede definirse como:

Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo (IPCC 2013 188).

Es decir, un cambio climático es el conjunto de las variaciones del clima en periodos de tiempo largo con una causa asignada, esto es, cambios que se manifiestan como diferencias empíricas y estadísticas por causas concretas. Los cambios climáticos son específicos y distinguibles en tanto que distintos impulsores y forzamientos —internos y externos al sistema climático— generan efectos sustancialmente diferentes sobre el sistema Tierra a los que son esperados dentro de los rangos de su variabilidad natural y, además, dejan su huella en los datos climatológicos (Hare 1979 53; Burroughs 2007 3; Hasselmann 1997 602). Es posible detectar y atribuir el cambio en el clima a una causa específica, observada empírica y estadísticamente, a través de diferentes técnicas según sea el conjunto de datos climáticos estudiados (IPCC 2013 190).

Afirmar la existencia de un cambio climático implica la evaluación y ponderación de múltiples evidencias —empíricas, estadísticas y de modelación— que no se limitan a un solo elemento climático puesto que las condiciones promedio del sistema Tierra son resultado de una multitud de interacciones complejas de sus elementos en todas las escalas espaciales y temporales.

A medida que la ciencia climática ha mejorado sus técnicas e instrumentos y se ha ampliado la comprensión del sistema Tierra, se ha llegado a un consenso científico respecto a la existencia inequívoca en curso de un cambio climático de origen humano impulsado directamente por un aumento en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI)³ (Liverman 2007; IPCC 2007; IPCC 2013; IPCC 2021). Por tal motivo, se califica al actual cambio climático como antropogénico.⁴

Las evidencias de este cambio climático en curso provienen de los diversos elementos del sistema climático terrestre: cambio en el forzamiento radiactivo en la troposfera continuo desde 1860 con un aumento acelerado desde la década de 1960 (IPCC 2013 56); el aumento de la temperatura promedio global de la superficie terrestre de 1.07° C respecto al promedio 1850-1900 (IPCC 2021 5-7); el incremento del nivel del mar debido a su expansión térmica (IPCC 2021 5); disminución de la extensión del hielo marino en los polos (IPCC 2021 5); cambios en los niveles de precipitación en diversas regiones del planeta (IPCC 2021 8-9); acidificación de los

³ El término ‘efecto invernadero’ se utiliza para describir la capacidad de ciertos gases atmosféricos para absorber la radiación térmica, una analogía derivada de cómo las cubiertas transparentes de un invernadero permiten que se incremente la temperatura interior. Sin embargo, esta es una analogía imperfecta; en el caso de un invernadero, las cubiertas, además de absorber la radiación, impiden físicamente que el aire en el interior escape por convección hacia el exterior. En contraste, en nuestro planeta, los gases atmosféricos de efecto invernadero aumentan la temperatura del aire, que luego reemite calor por radiación hacia la superficie (Howe 2017 28).

⁴ El término ‘antropogénico’ es considerado un anglicismo que, etimológicamente, es incorrecto en relación con el uso que se le ha atribuido: “‘Anthropogenic’ es un adjetivo que se aplica a sustancias o procesos que son producidos por humanos o que resultan de actividades humanas. Estrictamente, este es un uso incorrecto de la palabra, que se deriva de ‘anthropogenesis’, que es el estudio de los orígenes humanos. La palabra proviene del griego ‘anthropos’, que significa ‘ser humano’, y ‘gen’-, que significa ‘ser producido’” (Allaby 2007 31). A pesar de su imprecisión etimológica, ‘antropogénico’ es la palabra que se utiliza en las publicaciones de los diferentes organismos de la ONU como una traducción certificada y de reconocida validez oficial internacional. La vigésima tercera edición del Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española recoge el término ‘antrópico’, un adjetivo que denota lo “producido o modificado por la actividad humana”. Por lo tanto, en castellano, ‘antrópico’ y ‘antropogénico’ son sinónimos.

océanos (IPCC 2013 60; Farmer & Cook 2013 255); cambios en la dinámica de ecosistemas, de poblaciones, de la distribución de especies y el incremento en su tasa de extinción (IPBES 2019 29-30) así como la existencia de bosques tropicales que ya emiten más CO_2 del que absorben durante la fotosíntesis tras haber alcanzado un umbral de estrés térmico (Maia et ál. 2020).

Los GEI antrópicos que están forzando al sistema climático a cambiar son el resultado de los procesos de obtención y/o producción de energía y materia para los intereses humanos. Estos procesos industriales y sociales implican la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de suelo, lo cual genera alteraciones ambientales profundas y/o irreversibles (IPBES 2019 16).

Desde el inicio de la revolución industrial,⁵ las actividades productivas humanas han incrementado la cantidad atmosférica de GEI en miles de millones de toneladas, hecho que cuenta como un forzamiento externo al sistema climático en tanto que es capaz de alterar el clima pero no ser afectado por éste (IPCC 2013 164): “La física básica implica que cuantos más de estos gases [GEI] contenga la atmósfera, más calor atrapa [...]” (Stewart 2015 222).

El gas de efecto invernadero más estable, que no es susceptible a las retroalimentaciones climáticas internas y que contribuye a impulsar los cambios de temperatura promedio de la superficie terrestre es el dióxido de carbono (CO_2).⁶ El CO_2 es un gas incoloro e inodoro, soluble en agua, con una masa molar de 44.01 g/mol, su punto de fusión es $-78.5\text{ }^\circ\text{C}$ y su punto de ebullición es $-56.6\text{ }^\circ\text{C}$ (IFA-GESTIS 2021).

⁵ Aquí, la “revolución industrial” se refiere al proceso tecnológico, económico, social y político que comenzó a mediados del siglo XVIII en los países occidentales. Se caracteriza por la obtención de la energía necesaria para impulsar varios procesos productivos a través de la quema de combustibles fósiles, un hecho que permite trascender los límites de la economía orgánica basada en ciclos naturales dependientes de la energía solar (Wrigley 2010 21).

⁶ El vapor de agua es el gas de efecto invernadero (GEI) más importante debido a las propiedades térmicas del H_2O . Sin embargo, dado que la hidrosfera es un forzamiento interno, es susceptible a las retroalimentaciones del sistema. El vapor de agua mantiene o amplifica los cambios de temperatura de la superficie terrestre, pero no los desencadena. Es un retroalimentador interno, no un impulsor externo.

Se encuentra homogéneamente mezclado en las capas bajas de la atmósfera, no se condensa ni se precipita ni se oxida (Farmer & Cook 2003 186-208; Liou 2002 69) y posee una ‘vida atmosférica’ larga, es decir, permanece en la atmósfera ~200 años antes de ser absorbido por los océanos, las plantas o los procesos geoquímicos (Archer et ál. 2009 134). Desde 1957 se han medido continuamente las cantidades de CO₂ atmosférico en el hemisferio norte (Keeling 1960) y sus cantidades presentan una tendencia sostenida al alza debido a las continuas emisiones antrópicas (IPCC 2014 3; IPCC 2021 7). Actualmente el dióxido de carbono tiene una importancia capital no porque sea el único factor que determine al clima sino porque es uno de los forzadores externos climáticos que presenta una de las mayores tasas de cambio sostenido observada en el registro geológico reciente y porque actualmente su mayor fuente de emisiones son las actividades productivas humanas (*vid.* Fig. 1).

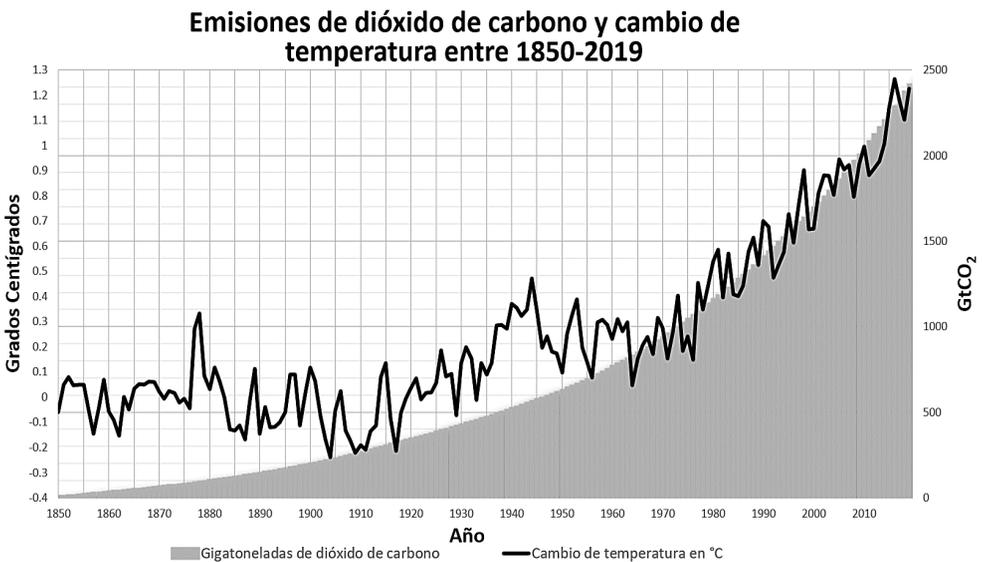


Figura 1: Emisiones antrópicas de CO₂ y cambios de temperatura entre 1850 y 2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de: (Rogelj et ál. 2021b).

Desde la segunda mitad del siglo xx, se ha incrementado exponencialmente el consumo de energía y materia por parte de las sociedades humanas. Este fenómeno planetario, denominado por algunos autores “la gran aceleración” (Steffen et ál. 2015; McNeill & Engelke 2014), ha sido impulsado principalmente por los países de mayores ingresos. Sin embargo, los efectos del cambio ambiental global han sido socialmente diferenciados ya que afectan principalmente —aunque no exclusivamente— a los sectores más desfavorecidos (IPCC 2014 6; UNDRR 2020 22; Hallegatte et ál. 2015 6-7). Por otro lado, las emisiones de GEI tanto de la población humana de mayores ingresos así como las de las fuerzas armadas de los países hegemónicos han sido históricamente superiores a las de la humanidad más pobre (Chancel 2021 19; UNEP 2020 XIV; Fort & Straub 2019 6-9; Crawford 2019 13). Por tal motivo, es imprescindible considerar los aspectos políticos y de justicia involucrados en el cambio climático antropogénico.

3. LEVIATÁN CLIMÁTICO DE GEOFF MANN Y JOEL WAINWRIGHT

En *Leviatán climático*, Geoff Mann y Joel Wainwright (2018) afirman que hasta ahora la filosofía política no ha reflexionado adecuadamente respecto a los impactos que el cambio climático tendrá sobre la configuración de la economía política. Por ello, pensar las consecuencias de la crisis climática sobre las formas de soberanía se impone como una “exigencia especulativa” a la filosofía (Mann & Wainwright 2018 46).

Mann y Wainwright aseguran que una adecuada reflexión filosófica de los impactos del clima sobre las organizaciones políticas humanas debe partir de cuatro tesis fundamentales: (1) actualmente no hay una base de legitimidad política absoluta para debatir sobre el cambio climático; (2) el cambio climático tendrá consecuencias sociales espantosas; (3) hasta ahora no hay una política climática fundada en decisiones sino sólo reacciones basadas en el temor y la incertidumbre; (4) ante la amenaza a los procesos de acumulación, a la estabilidad política y a su hegemonía, las

élites transnacionales intentarán adaptar y coordinar sus respuestas ante los desafíos climáticos (Mann & Wainwright 2018 36-37, 274).

Para desarrollar su propuesta, los autores norteamericanos parten del enfoque de la filosofía política especulativa:

[...] una teoría que puede ayudar a realizarse a sí misma. Este libro retoma el modo especulativo en una manera que está en deuda tanto con Hobbes como con Marx [...] seguimos los esfuerzos de Hobbes por entender una forma de poder o gobierno que aún no se consolida pero que existe in potencia [...] su posible emergencia ya organiza expectativas del futuro [...] (Mann & Wainwright 2018 45).

Es decir, un adecuado conocimiento de las condiciones socioeconómicas y políticas vigentes permite vislumbrar conceptualmente sus posibles desenvolvimientos futuros. En el presente, la formación social imperante es la democracia liberal capitalista amenazada por los impactos del cambio climático antropogénico. Por lo tanto, desde la filosofía especulativa es posible vislumbrar cuatro alternativas de la evolución y adaptación de las fuerzas sociopolíticas y económicas futuras (Mann & Wainwright 2018 63 y ss.):

1. *Leviatán climático*: forma de organización caracterizada por defender una soberanía planetaria y un modo de producción capitalista globalizado. Su finalidad es mantener a la sociedad bajo el dominio de las actuales élites políticas y económicas. Puede tomar una de dos trayectorias posibles: o bien (1) Estados Unidos será la única nación hegemónica, o bien (2) habrá una alianza entre Estados Unidos y otra nación (posiblemente China) o una coalición de naciones influyentes (Mann & Wainwright 2018 272-274). Su característica principal es la capacidad de declarar un estado de excepción planetario y tomar las medidas científicas, técnicas y políticas necesarias para lograr la eficiencia del mando de una élite global unificada (Mann & Wainwright 2018, 66-

- 67). Es el futuro más probable de continuar las actuales tendencias de un capitalismo global aliado de una soberanía estatal transnacional.
2. *Mao climático*: organización política que defiende una noción de soberanía planetaria pero un modo de producción anticapitalista. El soberano es un estado administrador central fuerte con el derecho de decidir quién debe cesar actividades y consumo en nombre del bien común. Su capacidad para imponer medidas efectivas ante poblaciones numerosas lo hace “[...] una ruta específicamente asiática [...]” (Mann & Wainwright 2018 85). Es un futuro probable si se impone una economía anticapitalista apoyada por un Estado hegemónico que logre una eficiencia popular incontestable en sus políticas climáticas.
 3. *Behemot climático*: conjunto de organizaciones políticas defensoras de soberanías no planetarias y un modo de producción capitalista. Se manifiesta bajo diversos tipos de populismos reaccionarios que abrazan intransigentemente las doctrinas del libre mercado y/o nacionalismos radicales y/o visiones religiosas defensoras de una teología política (Mann & Wainwright 2018 89-92, 315-317). Surge ahí donde se abraza un capitalismo proteccionista defendido por Estados soberanos localistas.
 4. *X climática*: nombre dado al conjunto diverso de organizaciones políticas o “[...] movimientos por la justicia climática que rechacen tanto al capital como el gobierno soberano [...]” (Mann & Wainwright 2018 333). Se basa en tres principios: (1) igualdad y reciprocidad anticapitalista, (2) defensa de la inclusión con dignidad a través de una democracia participativa y (3) práctica de la solidaridad. Es una posibilidad difusa y plural, un “movimiento de muchos movimientos” (Mann & Wainwright 2018 294), inspirada en las luchas de los pueblos originarios que actualmente defienden sus territorios y se oponen a la visión propietaria-terrateneante de los Estados nacionales soberanos. Es la apuesta de Mann y Wainwright.

“El ethos del leviatán es la fe en el progreso; el de Mao es la confianza en las masas; el behemot reaccionario es la integración en el aparato de seguridad del capital y el terror.” (Mann & Wainwright 2018 98). Estas tres opciones descansan en un soberano y son posibles en tanto que un estado de excepción planetario es desencadenado por la actual crisis ambiental.⁷

Ante la gran corriente voluntarista de la filosofía política que va de Thomas Hobbes hasta Carl Schmitt, Geoff Mann y Joel Wainwright se asumen partidarios de una visión política “de izquierdas”. Su propuesta de la “X climática” —o movimiento(s) por la justicia climática— retoma, entre otras ideas filosóficas, la necesaria interrelación dialéctica entre naturaleza y sociedad, que atribuyen a Antonio Gramsci (Mann & Wainwright 2018 170-173), la necesidad de un ‘verdadero estado de excepción’ que rompa las vigentes fuerzas que posibilitan la opresión, de Walter Benjamin (Mann & Wainwright 2018 97, 328),⁸ y la convergencia potencial de historia y naturaleza mediante un cambio radical en la forma de vida, de Theodor W. Adorno (Mann & Wainwright 2018 340).⁹

⁷ “La excepción es lo que no puede subordinarse a la regla [...] No existe una norma que pueda aplicarse al caos. Debe establecerse el orden [fáctico] para que el orden jurídico tenga sentido. [...] El soberano crea y garantiza en su totalidad la situación en su conjunto. En ello radica la esencia de la soberanía estatal, cuya definición jurídica correcta no es el monopolio coercitivo o de dominio, sino un monopolio de la decisión [...]” (Schmitt 2004 28).

⁸ “8. La tradición de los oprimidos nos enseña que la regla es el «estado de excepción» en el que vivimos. Hemos de llegar a un concepto de la historia que le corresponda. Tendremos entonces en mientes como cometido nuestro provocar el verdadero estado de excepción; con lo cual mejorará nuestra posición en la lucha contra el fascismo” (Benjamin 1989 182).

⁹ Para Adorno la utopía puede concebirse como la paz perpetua entre sujeto y objeto: “Ninguno entre los conceptos abstractos está tan próximo a la utopía realizada como el de la paz perpetua” (Adorno 2006 163).

4. ALGUNAS LIMITACIONES EPISTEMOLÓGICAS DE LEVIATÁN CLIMÁTICO

Leviatán climático gira en torno a la descripción conceptual de cuatro futuros posibles generados a partir de la reflexión especulativa, la cual es usual en la filosofía política:

Como *Sobre la paz perpetua* de Kant, *Filosofía del derecho* de Hegel y *El capital* de Marx —y otros esfuerzos especulativos previos y posteriores— [*Leviatán* de Hobbes] era un intento por entender las condiciones existentes al mostrar sus tendencias subyacentes y su dirección así como un análisis que buscaba explicar lo que vendría al ayudar al surgimiento de un nuevo orden (Mann & Wainwright 2018 43-44).

Las cuatro alternativas políticas que describen son el resultado de una matriz simple que combina formas de soberanía con modos de producción, que son los factores que Mann y Wainwright consideran materialmente determinantes de las opciones políticas por venir (vid. Tabla 1).

		<i>MODO DE PRODUCCIÓN</i>	
		Capitalista	Anti capitalista
<i>FORMA DE SOBERANÍA</i>	Planetaria	Leviatán climático	Mao climático
	Anti planetaria	Behemot climático	X climática

Tabla 1. Cuatro futuros político-climáticos posibles.

Fuente: Elaboración propia a partir de: (Mann & Wainwright 2018 64)

Esta matriz conceptual, sin embargo, no es la imagen más adecuada de la propuesta de los autores norteamericanos en tanto que la “X climática”, tal como lo señalan en el capítulo octavo, no es una propuesta de soberanía anti planetaria sino una lucha por la no soberanía o una construcción dinámica de una “contrasoberanía disruptiva” desde el espectro político de “izquierdas” —es decir, una anti soberanía— (Mann & Wainwright 2018 334 y ss.), (*vid.* Fig. 2).

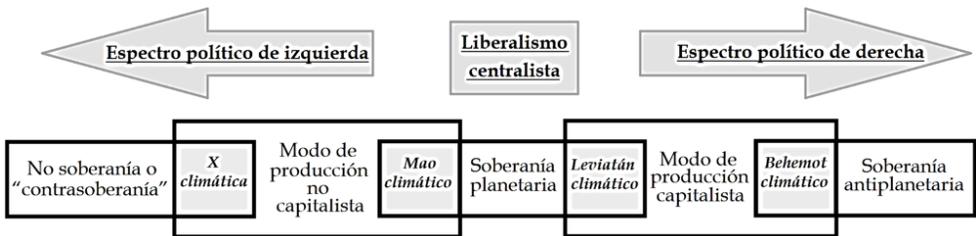


Figura 2. Cuatro futuros político-climáticos posibles teorizados por Geoff Mann y Joel Wainwright.

Fuente: Elaboración propia.

Mann y Wainwright no ahondan en las implicaciones epistemológicas derivadas de su propuesta, a pesar de que son conscientes de que el tema de la causalidad es un elemento importante para su enfoque especulativo en torno al porvenir: “No podemos simplemente evitar las aserciones causales o nuestra especulación perderá toda coherencia [...] ¿cómo podríamos especular sin recurrir a la causalidad mecánica (o a cálculos a vuelo de pájaro)?” — (Mann y Wainwright 2018 239). Los filósofos norteamericanos consideran necesario sumar dos pasos para un adecuado enfoque especulativo: (1) identificar aquellas tendencias y contradicciones socioeconómicas actuales, así como sus posibles desarrollos futuros; (2) historizar aquellos conceptos filosóficos y políticos que hacen posible el paso anterior. “La meta no es

un modelo mecánico del futuro sino un lente complejo e informado teóricamente a través del cual especular de manera coherente” (Mann & Wainwright 2018 242).

Los filósofos norteamericanos no explican en qué difieren específicamente el pensamiento causal-mecanicista de su propuesta especulativa, aunque consideran que ninguno de estos tipos de pensamiento sirve para hacer predicciones: “La meta no es predecir el futuro. No podemos hacerlo, por supuesto, ni nadie más puede” (Mann & Wainwright 2018 234). Para los autores, esta incapacidad para realizar predicciones no representa un problema:

No necesitamos hacer un modelo causal «correcto» del cambio climático y la civilización para que nuestro pensamiento y nuestra política sean coherentes y efectivos. [...] De hecho, sería más preciso hablar de nuestro objeto de análisis como el «complejo cambio climático/político». Ese complejo nunca se moldeará a partir de una simple base causal (Mann & Wainwright 2018 241).

Para los autores de *Leviatán climático* “[...] la especulación reflexiva es superior en un sentido analítico y político a todas las demás opciones actualmente disponibles [...]” (Mann & Wainwright 2018 234). Esta afirmación, sumada a la falta de un análisis comparativo entre sus estrategias analíticas para divisar el futuro y las aproximaciones científicas a los futuros climáticos potenciales, lleva a los filósofos norteamericanos a evaluar de manera inadecuada los escenarios climáticos del *Quinto Reporte de Evaluación del IPCC* (2013) —que critican en el capítulo tres de su libro—.

4.1. EL ENIGMA DEL FUTURO Y LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Existen distintas herramientas heurísticas para intentar obtener algún tipo de conocimiento útil sobre el futuro. Dichas herramientas poseen distintas características, algunas, como la modelación matemática, implican la cuantificación de variables y la

aplicación de ecuaciones para describir el comportamiento esperado de los sistemas estudiados bajo distintas condiciones, otras, sólo son narrativas coherentes basadas en argumentación. Todas, sin embargo, parten del supuesto de la existencia de un futuro abierto a múltiples trayectorias posibles y plausibles.

La idea de un futuro abierto implica ontológicamente que los eventos pueden generar trayectorias distintas a la simple suma de sus partes. En términos epistemológicos, significa que la incertidumbre es el horizonte contra el cual destacan las distintas trayectorias posibles, caminos o veredas que pueden vislumbrarse pero no predecirse con una necesidad perentoria como lo deseaba el viejo ideal causal-determinista representado por el *demonio de Laplace*.¹⁰ Es posible hacer predicciones matemáticas a pesar de ignorar las causas que rigen a un sistema y, a la vez, es posible conocer las causas de ciertos fenómenos sin que ello permita hacer predicciones (Weinert 2016 73): “La suposición que ha existido durante mucho tiempo de que «determinista» y «predecible» eran lo mismo está equivocada” (Stewart 2015 358).

Mann y Wainwright sostienen que su enfoque especulativo permite vislumbrar la utopía, mientras que los enfoques científicos, según su perspectiva, se limitan a ser meramente predictivos: “Las fortalezas del proceso del IPCC encuentran su límite al llegar al desafío de **predecir** o analizar cambios sistemáticos potenciales en nuestra economía geopolítica predominantemente liberal y capitalista” (Mann & Wainwright 2018 123, énfasis añadido). Sin embargo, en su valoración, Mann y Wainwright incurren en un error al considerar que los escenarios evaluados por el IPCC son predicciones deterministas mecánicas, cuando en realidad, su objetivo no es calcular probabilidades, sino describir estados potenciales del sistema climático terrestre, dado un conjunto de variables climáticas cuantificables.

¹⁰ El *demonio de Laplace* es un experimento mental debido a Pierre Simon de Laplace que sintetiza una visión determinista, causal y mecánica de lo real: “Una inteligencia que por un instante dado conociera todas las fuerzas que animan a la naturaleza, así como la situación respectiva de los seres que la componen; si, además, fuera lo suficientemente amplia para someter a análisis tales datos, podría abarcar en una sola fórmula los movimientos más grandes del universo y los del átomo más ligero: nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos” (Laplace 1814, citado en: Andler et ál. 2015 66-67).

El análisis y la evaluación de escenarios son las herramientas científicas seleccionadas para el estudio de los posibles futuros climáticos. El origen del análisis de escenarios se remonta a la planificación de operaciones de la fuerza aérea estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, durante las décadas de 1960 y 1970, los escenarios se convirtieron en una herramienta de análisis de negocios —logrando un notable éxito en la industria petrolera— y, finalmente, en un instrumento para abordar cuestiones de gobierno. Esto último se debe a su utilidad al evidenciar que el futuro no es una mera continuación estática del pasado y que existen múltiples futuros posibles —aunque no todos igualmente probables— a partir de cualquier punto en el tiempo (Mahmoud et ál. 2009 799).

En el ámbito científico, los escenarios pueden clasificarse según: (1) su perspectiva del futuro, que puede ser: probable, cuando se extrapolan condiciones conocidas asumiendo su estabilidad a lo largo de un cierto período de tiempo; posible, que analiza los factores externos necesarios para lograr o evitar un estado deseado o indeseado; preferible, que describen un estado deseable del sistema estudiado y las acciones que lo conducirían a ello; o mixtos, como los del IPCC (Börjeson et ál. 2006 724). Alternativamente, (2) en relación a su finalidad y base científica, los escenarios pueden ser: exploratorios, que extrapolan tendencias, proyecciones o patrones ya conocidos; o anticipatorios, que a partir de un hecho deseado o temido, trazan alternativas para lograrlo o evitarlo (Mahmoud et ál. 2009 801). Los escenarios pueden definirse como descripciones de imágenes plausibles, dinámicas, coherentes e internamente consistentes de diferentes estados futuros posibles de un sistema, que abarcan un rango significativo de posibles futuros alternativos (Mahmoud et ál. 2009 799).¹¹ No son representaciones de hechos con mayor probabilidad de ocurrir,

¹¹ *Cfr.*: “Escenario Descripción plausible y frecuentemente simplificada de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas originantes y sobre las relaciones más importantes. Los escenarios pueden estar basados en proyecciones, pero suelen basarse también en datos obtenidos de otras fuentes, acompañados en ocasiones de una descripción textual” (IPCC 2007 80).

sino descripciones de diversas alternativas que son física y humanamente posibles. Los escenarios pueden constituir tanto un modelo conceptual basado en una narrativa cualitativamente descriptiva,¹² como, aunque no siempre, un conjunto de modelos matemáticos o descripciones numéricas y cuantitativas de los cambios en un sistema.¹³

4.2. CRÍTICAS A LA EXTENSIÓN TEMPORAL DE LAS RCPS

Mann y Wainwright afirman que los escenarios climáticos, basados en RCPS, del *Quinto Reporte de Evaluación del IPCC* de 2013 son predicciones: “RCP significa Trayectorias de Concentración Representativas: escenarios de emisiones mundiales de carbono en el futuro (concentraciones relativas de carbono en la atmósfera); **efectivamente, predicciones del futuro**” (Mann & Wainwright 2018 119 N. 27, énfasis añadido). Además, critican que estas proyecciones climáticas posean un horizonte temporal relativamente corto:

¹² Las narraciones proveen sentido en la medida en que son herramientas cognitivas auto-explicativas (Simon 2018 6). Algunos filósofos de la ciencia sostienen que en disciplinas como la biología o la antropología, la única forma de explicación puede ser narrativa, debido a las relaciones causales particulares de los hechos, o porque son la única manera posible de responder a ciertas preguntas, o porque los hechos presentados no se pueden acumular mediante una simple suma o conjunción (Richards 1998; Roth 1989 y 2017).

¹³ “We distinguish three subgroups of such mathematical models: time-series analysis, explanatory modelling and optimizing modelling. The focus in these techniques is on projecting some kind of development with more or less explicit constraints. Assumptions can be simple, such as a simple extrapolation of a variable, or more complex, such as assuming causal relationships between variables. [...] a computer model [...] is more rigorous and precise than a conceptual model [...] it is logically coherent and can include and process large amounts of information [...] [and] more measures can be examined at a lower cost, or tested at all, compared to a real-world analysis” (Börjeson et ál. 2006 733).

Obsérvese también **el conservadurismo del marco temporal del IPCC, que trata el año 2100 como un punto final significativo**. [...] Sin importar que no sea intencional, establecer 2100 como el horizonte temporal de nuestro análisis tiende a sugerir que el fin de este siglo marcará una meseta, en cuyo momento habremos alcanzado alguna suerte de equilibrio, bueno o malo; sin embargo, eso, por supuesto, es falso (Mann & Wainwright 2018 123-124, énfasis añadido).

Los autores norteamericanos cometen dos errores principales. En primer lugar, consideran que los escenarios climáticos basados en las RCPs son predicciones deterministas mecánicas, en lugar de descripciones plausibles de futuros alternativos que dependen de la acción o inacción humana, incluyendo cambios políticos y económicos. En segundo lugar, y parece que no de manera intencional, realizan un juicio rigorista respecto al horizonte temporal de las RCPs. Al parecer, Mann y Wainwright no profundizaron en las características técnicas y los problemas epistemológicos que conlleva el uso de modelos climáticos —por ejemplo, la complejidad matemática elevada, un alto costo de cómputo y energético, la incertidumbre, etc.¹⁴— ni en la historia de los escenarios a los que el IPCC hizo referencia en 2013.

El origen de las Trayectorias de Concentración Representativas (*Representative Concentration Pathways*: RCPs) se remonta al proceso que siguió al *Reporte Especial de Escenarios de Emisiones* del IPCC del año 2000 y al *Cuarto Reporte de Evaluación de 2007*. El IPCC determinó que la tarea de desarrollar mejores herramientas de análisis de escenarios debía ser externa a sus procesos de evaluación y, por lo tanto, la responsabilidad debía recaer en las comunidades científicas (van Vuuren et ál. 2011 7).

Para determinar cuantitativamente el impacto del desarrollo socioeconómico y tecnológico en las futuras emisiones antrópicas de GEI, la comunidad de modeladores estableció un proceso en tres fases: (1) establecimiento de valores físicamente

¹⁴ Para el análisis de algunas implicaciones epistemológicas de los modelos climáticos cfr. Madrid 2020 y Notz 2015.

plausibles y matemáticamente consistentes para las emisiones de GEI, las concentraciones atmosféricas y los cambios en el uso del suelo; (2) modelaciones basadas en dichos valores utilizando modelos climáticos, modelos de evaluación integrada y modelos del sistema Tierra; y (3) integración final de los escenarios y disposición en un repositorio accesible para la comunidad científica (van Vuuren et ál. 2011 7).

Las Trayectorias de Concentración Representativas (RCPS) son un conjunto de escenarios basados en modelos de mediano y largo plazo que: (1) exploran cuatro valores de forzamiento radiativo positivo (2.6 W/m², 4.5 W/m², 6 W/m², 8.5 W/m²) estimados para 2100. Este forzamiento radiativo es resultado de cuatro valores de concentraciones atmosféricas de GEI (~490 ppm CO₂eq, ~650 ppm CO₂eq, ~850 ppm CO₂eq y ~1370 ppm CO₂eq). Estos valores son una muestra representativa de los distintos valores reportados en la literatura científica y tienen una separación suficiente para producir resultados contrastantes y diferenciados de los futuros posibles; (2) proporcionan toda la información climática y química necesaria para realizar las diferentes modelaciones del forzamiento radiativo con alta resolución geográfica; (3) armonizan los datos para años base, emisiones y uso de suelo entre tendencias históricas y futuras; (4) teniendo en cuenta que la escala temporal es un elemento importante para diferentes elementos que influyen en el sistema climático, cubren el periodo 1850-2100, pero también pueden extenderse hasta 2300 bajo las Trayectorias de Concentración Extendidas (*Extended Concentration Pathways*: ECPS) (van Vuuren et ál. 2011; Meinshausen et ál. 2011).

Es importante señalar que las ECPS son proyecciones más ‘simples’ del futuro porque los impulsores antrópicos son susceptibles a diversos tipos de intervenciones que pueden determinar trayectorias distintas posteriores al siglo XXI —por ejemplo, políticas socioeconómicas radicales efectivas—. Por ello, las ECPS sólo consideran la concentración atmosférica de GEI bien mezclados, el valor de las emisiones (positivas y negativas), así como el uso de suelo, a partir de la armonización de datos históricos y de los valores de las RCPS empleados como entradas (inputs) de los modelos (van Vuuren et ál. 2011 15; Meinshausen et ál. 2011 219). Las ECPS son escenarios exploratorios centrados en las posibles retroalimentaciones del sistema climático a partir

de valores armonizados que, a diferencia de las RCPS, no pretenden ser una muestra representativa de la literatura científica sobre el tema (Meinshausen et ál. 2011 226).

4.3 AUSENCIA DE FACTORES SOCIOECONÓMICOS Y POLÍTICOS EN LAS RCPS

Mann y Wainwright señalan correctamente que “Cada análisis sobre la adaptación al cambio climático no sólo presupone un estimado de futuras concentraciones atmosféricas de carbono [...] sino también una teoría de cómo es probable que se adapten las sociedades complejas a cambios complejos” (Mann & Wainwright 2018 123). Los filósofos norteamericanos concluyen acertadamente que en los escenarios estudiados por los grupos de trabajo II y III del IPCC, “[...] presentan una visión del futuro en que los riesgos fundamentales y sistemáticos para el sistema político y económico en esencia se encuentran ausentes” (Mann & Wainwright 2018 119). Los autores agregan su propia interpretación: esto da la impresión de que el IPCC defiende “La afirmación implícita —en algún punto entre supuesto y aserción— [...] que el orden liberal capitalista predominante es más fuerte que el medio ambiente mundial y se adaptará a la amenaza futura mejor que los ecosistemas de los que depende” (Mann & Wainwright 2018 122).

En cuanto a la primera objeción, se debe señalar que, si bien las RCPS se basan en ciertos supuestos políticos y económicos, cada uno de estos supuestos obedece a diferentes parámetros, pues su ponderación depende de cada equipo científico que elabora los modelos y no deben tratarse como un elemento integral de la coherencia del conjunto de escenarios representativos (van Vuuren et ál. 2011 16).

En lo que respecta a la falta de factores socioeconómicos y políticos en la evaluación de escenarios climáticos, es necesario aclarar que si las RCPS no tienen criterios socioeconómicos y políticos explícitos, no se debe a la incompetencia o la omisión de las comunidades científicas. Más bien, es porque las RCPS se enfocan en los impulsores geofísicos, químicos y biológicos del cambio climático antropogénico y sus efectos sobre el sistema Tierra.

Es oportuno mencionar, ya que Mann y Wainwright no lo abordan, que el mismo proceso que dio lugar a las RCPS también generó otra clase de escenarios: las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (*Shared Socioeconomic Pathways: SSPs*) (Kriegler et ál. 2012 809). Las SSPs se centran en factores exclusivamente socioeconómicos, entre ellos, factores demográficos, económicos y productivos (Foster 2020 3), tanto desde un punto de vista narrativo coherente, así como cuantitativo (Riahi et ál. 2017 154). Las SSPs son escenarios representativos de un amplio conjunto de modelos cuyos impulsores demográficos y económicos se despliegan en cinco narrativas —internamente consistentes— de distintas vías plausibles y posibles de desarrollo de las sociedades humanas (sustentabilidad, rivalidad regional, inequidad, desarrollo alimentado por combustibles fósiles, camino intermedio), y sus consecuentes implicaciones cuantitativas en el consumo de energía, uso de suelo y emisiones de GEI (Riahi et ál. 2017), (*vid.* Tabla 2).

SSP	Nombre	Narrativa	Población humana en 2100	Tasa de urbanización
SSP1	Sustentabilidad	Abandono global del paradigma del crecimiento y apuesta por el bienestar y la sustentabilidad.	6.9 mil millones	92%
SSP2	Camino intermedio	Pocos cambios respecto a las tendencias socioeconómicas históricas.	9 mil millones	80%
SSP3	Rivalidad regional	Alto consumo de energía y recursos para el sostenimiento de conflictos regionales.	12.6 mil millones	60%
SSP4	Inequidad	Incremento de la desigualdad. Las medidas ambientales enfocadas sólo a los sectores con altos ingresos y concentración de poder.	9.2 mil millones	92%
SSP5	Desarrollo por combustibles fósiles	A nivel global se busca alcanzar el mayor desarrollo socioeconómico posible. Pico y declive poblacional en el siglo XXI.	7.3 mil millones	92%

Tabla 2. Descripción no exhaustiva de las cinco SSPs.

Fuente: Elaboración propia a partir de: (Riahi et ál. 2017; Kc & Lutz 2017).

Las SSPs aportan un nivel de análisis importante, ya que las narrativas del futuro también dependen de lo que en el presente consideramos como económica, política y socialmente posible. Sin embargo, no son modelos prescriptivos ni predictivos. Aun así, resultan útiles para evaluar los posibles futuros climáticos cuando se combinan con las RCPs, en tanto que la diferencia en la cantidad de materia y energía consumidas por las sociedades humanas —ya sean por grandes empresas capitalistas o por pequeñas comunas anticapitalistas, impulsadas o no por ideas sociopolíticas radicales— tendría un efecto diferenciado en las emisiones de GEI antropogénicos y sus concentraciones atmosféricas (vid. Fig. 3).

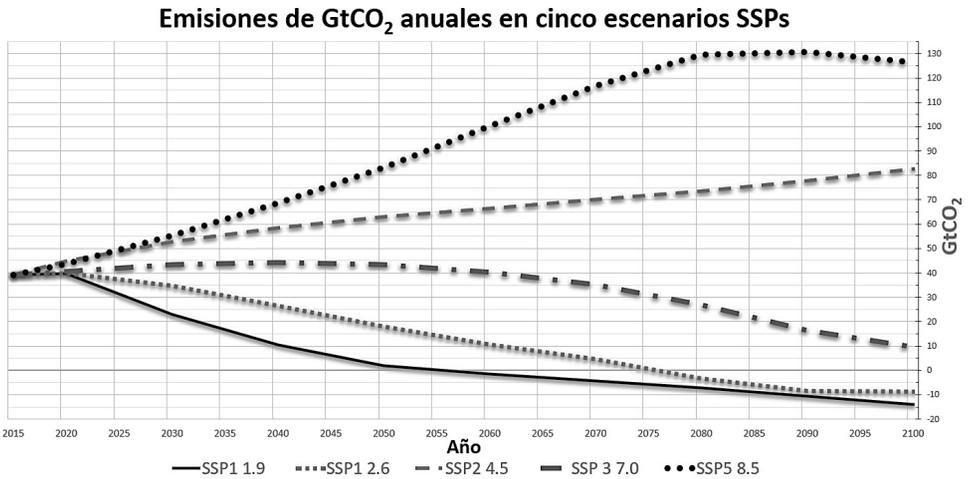


Figura 3. Emisiones antrópicas de CO₂ en cinco escenarios de forzamientos radiativos positivos (1.9 W/m², 2.6 W/m², 7.0 W/m², 4.5 W/m² y 8.5 W/m²) y distintas SSPs (1, 2, 3, 5) proyectados para 2100.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de: (Rogelj et ál. 2021a).

La conjunción de las RCPs y las SSPs constituyen una matriz de escenarios que permite evaluar los desafíos presentes y futuros de la mitigación y la adaptación cli-

máticas. La utilidad epistemológica de este marco de escenarios es indiscutible: entre 2014 y 2019, se publicaron al menos 715 estudios que combinaban las RCPS y las SSPs, la mayoría relacionados con impactos, adaptación y vulnerabilidad (O'Neill et ál. 2020 1076-1077). Además, el Sexto Reporte de Evaluación del IPCC, cuya primera versión del Grupo de Trabajo I se publicó en agosto de 2021, ya ha integrado las SSPs en la evaluación de los escenarios climáticos.¹⁵

Es importante subrayar que ni en las RCPS ni en las SSPs se evalúan los impactos de políticas climáticas explícitas. Por tal motivo, la comunidad científica ha desarrollado una tercera dimensión del análisis de escenarios: los Supuestos Compartidos de Política Climática (*Shared climate Policy Assumptions: SPAs*), los cuales pueden definirse como el vínculo político, tanto narrativo como cuantitativo, entre ciertas RCPS y algunas SSPs. Los SPAs dan cuenta del impacto de políticas estrictamente climáticas de mitigación y adaptación, como los objetivos medibles, los instrumentos y los obstáculos para su implementación. Aunque son descripciones de supuestos políticos, su finalidad no es prescriptiva sino meramente descriptiva y flexible para permitir y facilitar análisis comparativos. Existen al menos dos tipos de SPAs: (1) totales (*full SPA*), es decir, que incluyen objetivos determinados y estrictos de mitigación y adaptación, por ejemplo, no rebasar los +2 °C o las 400 ppm de CO₂ para 2100; y (2) reducidos (*reduced SPA*), que excluyen cantidades específicas en objetivos de emisiones, concentraciones, forzamientos y algunos otros aspectos fijos de adaptación, ya que no son predicciones (Kriegler et ál. 2014 404). La combinación de las tres dimensiones de las RCPS, las SSPs y los SPAs genera un marco de análisis multidimensional de escenarios que permite evaluar cualitativa y cuantitativamente los impulsores naturales y socioeconómicos del cambio climático y sus desarrollos posibles.

¹⁵ Además, incluye un atlas interactivo disponible en la página de internet: <https://interactive-atlas.ipcc.ch>.

5. EVALUACIÓN DE ALGUNAS LIMITACIONES EPISTEMOLÓGICAS DE LEVIATÁN CLIMÁTICO

La propuesta de Geoff Mann y Joel Wainwright parte de un sólido marco conceptual y filosófico-político, alimentado, además, por sus experiencias activistas en torno a la justicia climática. Sin embargo, su trabajo adolece tanto de una adecuada investigación de la generación y evaluación de escenarios climáticos —que son elaborados por comunidades científicas ajenas al IPCC— como de una detenida reflexión sobre la implicación epistemológica de esta clase de descripciones de los futuros posibles.¹⁶

Una de las mayores limitaciones epistemológicas de *Leviatán climático* es su consideración reduccionista de las aproximaciones de las ciencias climáticas al futuro solo como pronósticos mecánicos y deterministas que ignoran los factores sociopolíticos. En consecuencia, los juicios subsiguientes de Mann y Wainwright sobre los escenarios climáticos resultan tanto inexactos en relación a sus características científicas como limitados respecto al valor epistemológico que les asignan.

Los filósofos norteamericanos aciertan al señalar que después de 2100 el clima terrestre continuará existiendo, sin embargo, fallan al considerar los escenarios basados en RCPS como un punto final o meseta pronosticada por la ciencia. Algunos escenarios climáticos evaluados por el IPCC exploran la posibilidad de que las sociedades humanas reduzcan la tasa de emisiones de GEI durante lo que resta del siglo XXI, una posibilidad que sin duda cambiaría las características del sistema Tierra a largo plazo pero cuyos efectos no necesariamente se reflejarían en el planeta antes

¹⁶ En lo que respecta al aspecto político, se pueden identificar dos deficiencias en el libro de Mann y Wainwright: (1) su silencio en relación con Rusia, una potencia energética, económica y militar que además posee un importante sumidero de carbono en los bosques siberianos —bosques con una dinámica compleja que depende tanto de las condiciones climáticas como de las actividades humanas relacionadas con la explotación de hidrocarburos (Kim et ál. 2020; Moskovchenko et ál. 2020)—; (2) su ambigüedad en relación con el papel que los países del Sur global pueden desempeñar en el futuro.

de 2100 dada la inercia térmica de algunos elementos del sistema climático terrestre,¹⁷ hecho geofísico que Mann y Wainwright parecen ignorar —deliberadamente o no—. Los autores de *Leviatán climático* han omitido una comparación epistemológica detallada entre su propio enfoque y las propuestas de la comunidad científica que trabaja en escenarios climáticos y, por ello, han pasado por alto la coincidencia entre ambos tipos de aproximaciones heurísticas al futuro en al menos dos aspectos: (1) la existencia posible de trayectorias futuras capaces de evitar una catástrofe climática gracias a la adopción de medidas políticas y económicas adecuadas para tal fin, (en particular la RCP 2.6 y la SSP1-1.9);¹⁸ y (2) la evaluación y/o ponderación de las decisiones políticas y económicas no puede abordarse con el mismo enfoque que los aspectos físicos y químicos del sistema climático —aunque los filósofos norteamericanos parecen reacios a cualquier aproximación cuantitativa sobre el impacto de las decisiones políticas, radicales o no, en las emisiones concretas de GEI—.

Por otro lado, la crítica de Mann y Wainwright a las limitaciones sociopolíticas y económicas de los escenarios climáticos del Quinto Reporte de Evaluación del IPCC basados en las RCPs es parcialmente adecuada y coincide con algunos señalamientos existentes en las propias comunidades de modeladores. Sin embargo, al no profundizar en su investigación en torno a las diferentes clases de escenarios climáticos desarrollados desde 2007, algunas de sus críticas no alcanzan su objetivo y, peor aún, han perdido de vista la potencialidad de convergencia de su filosofía política

¹⁷ “**Cambio climático asegurado** Debido a la inercia térmica del océano y a ciertos procesos lentos de la *criosfera* y de las superficies terrestres, el *clima* seguiría cambiando aunque la composición de la atmósfera mantuviera fijos sus valores actuales. Los cambios en la composición de la atmósfera ya experimentados conllevan un cambio climático asegurado, que continuará en tanto persista el desequilibrio radiativo y hasta que todos los componentes del *sistema climático* se ajusten a un nuevo estado” (IPCC 2013 187).

¹⁸ “The first scenario (RCP2.6) has also been referred to as RCP3PD, a name that emphasizes the radiative forcing trajectory (first going to a peak forcing level of 3 W/m² followed by a decline (PD = Peak–Decline).” (van Vuuren et ál. 2011 11). “[...] the SSP1-1.9 scenario that reflects most closely a 1.5 °C target under the Paris Agreement.” (Meinshausen et ál. 2020 3572).

especulativa con los marcos narrativos de las matrices de escenarios, en particular las SSPs y los SPAs. Este juicio rigorista de los autores de *Leviatán climático* contrasta con la actitud de Gillian Foster, quien ha observado acertadamente que las SSPs tienen implicaciones ontológicas, metodológicas y epistemológicas importantes. Foster va aún más lejos al asegurar que tras los escenarios SSPs subyace la filosofía del realismo crítico de Roy Bhaskar y el utopismo concreto de Ernst Bloch: hay una estructura estratificada de lo real en la cual existen futuros potenciales que se actualizan en la medida en que los agentes humanos toman decisiones en el entramado de los mecanismos causales (Foster 2020 11). El afán crítico de Mann y Wainwright termina por eclipsar las vías colaborativas y de diálogo con las comunidades científicas dedicadas a la elaboración de narrativas y modelos cuantitativos de los futuros climáticos, políticos y socioeconómicos posibles, un área de potencial convergencia interdisciplinaria que podría enriquecer mutuamente a la filosofía y a las ciencias climáticas.

6. CONCLUSIONES

Los impactos climáticos futuros son una incógnita que despierta el interés y la preocupación científica y filosófica. Ya sea desde la reflexión conceptual y especulativa o bien desde la evaluación narrativa y cuantitativa de escenarios, se pueden esbozar algunas de las trayectorias socioeconómicas, políticas y ambientales que son posibles desde el presente.

La obra *Leviatán climático* de Geoff Mann y Joel Wainwright es un intento desde la filosofía política de evaluar el desenvolvimiento futuro de las sociedades humanas ante la vulnerabilidad climática de las democracias liberales capitalistas. Los filósofos norteamericanos realizan esbozos especulativos de cuatro grandes formaciones socioambientales futuras que son el posible resultado de la combinación de dos formas de producción (capitalista y anticapitalista) con tres formas de soberanía (soberanía planetaria, soberanía antiplanetaria y contrasoberanía). La mayor limitación de Mann y Wainwright al bosquejar el futuro de esta manera radica en su estrecha visión de los escenarios climáticos elaborados por las comunidades científicas, a pe-

sar de que parten de supuestos epistémicos y ontológicos parecidos: incertidumbre y no determinismo.

La propuesta de Geoff Mann y Joel Wainwright adolece de una adecuada descripción de los escenarios climáticos basados en las Trayectorias de Concentración Representativa (RCPS) debido tanto a una inadecuada investigación sobre el origen de dicho marco de escenarios, así como un juicio erróneo que los lleva a reducir y a calificar como predicciones causales mecanicistas a toda aproximación científica cuantitativa a los futuros climáticos posibles. Puede concluirse que la mayor falla de *Leviatán climático* es su falta de un enfoque de filosofía de la ciencia. Esta carencia aleja a Mann y Wainwright de otros marcos de escenarios climáticos que sí toman en consideración los factores socioeconómicos (las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas —SSPS—) y políticas (los Supuestos Compartidos de Política Climática —SPAS—), distancia que no es necesariamente la única relación posible entre profesionales de la filosofía y las comunidades de modeladores climáticos.

El cambio climático antropogénico es un problema multidimensional que exige la complejización de la reflexión filosófica para fomentar la colaboración multidisciplinaria tanto para estudiar dicho problema socioambiental, así como para poder generar respuestas adecuadas a los impactos climáticos presentes y futuros.

REFERENCIAS

- Adorno, Theodor W. *Minima moralia*. Reflexiones desde la vida dañada. Madrid: Akal, 2006.
- Ahrens, C. Donald y Robert Henson. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. Boston: Cengage Learning, 2016.
- Allaby, Michael. *Encyclopedia of Weather and Climate. Revised Edition. Volume I: A-O, 2nd ed.* Nueva York: Facts On File, 2007.
- Andler, Daniel et ál. *Filosofía de las ciencias*. México: Fondo de Cultura Económica, 2015.

- Archer, David et ál. “Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide”. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37.1 (2009): 117–134. <<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100206>>.
- Benjamin, Walter. *Discursos Interrumpidos I. Filosofía del arte y de la historia*. Buenos Aires: Taurus, 1989.
- Börjeson, Lena et ál. “Scenario Types and Techniques: Towards a User’s Guide”. *Futures* 38.7 (2006): 723–739. <<https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>>.
- Burroughs, William James. *Climate Change: A Multidisciplinary Approach 2nd ed.* Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press, 2007.
- Chancel, Lucas. *Climate Change and the Global Inequality of Carbon Emissions. 1990-2020*. París: World Inequality Lab, 2021.
- Crawford, Neta C. *Pentagon Fuel Use, Climate Change, and the Costs of War*. Rhode Island: Watson Institute/Brown University, 2019.
- Farmer, G. Thomas. *Modern Climate Change Science: An Overview of Today’s Climate Change Science*. Cham, Suiza: Springer, 2015.
- Farmer, G. Thomas y John Cook. *Climate Change Science: A Modern Synthesis. Volume 1 - The Physical Climate. Vol. 1*. Dordrecht: Springer, 2013.
- Fort, Jessica y Philipp Straub. *IPB Information Paper. Military and Environment: The ‘Carbon Boot-Print’. The United States and European Military’s Impact on Climate Change*. Berlín: International Peace Bureau, 2019.
- Foster, Gillian. “Concrete Utopianism in Integrated Assessment Models: Discovering the Philosophy of the Shared Socioeconomic Pathways”. *Energy Research & Social Science* 68.101533 (2020): online. <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101533>>.
- Fragnière, Augustin. “Climate Change and Individual Duties”. *WIREs Climate Change* 7.6 (2016): 798–814. <<https://doi.org/10.1002/wcc.422>>.
- Garduño, René. *El veleidoso clima*. México: Fondo de Cultura Económica, 2018.
- Hallegatte, Stephane et ál. *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington, D.C.: The World Bank, 2015. <<https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0673-5>>.

- Hare, F. Kenneth. "Climatic Variation and Variability: Empirical Evidence from Meteorological and Other Sources". *Proceedings of the World Climate Conference: A Conference of Experts on Climate and Mankind*. WMO No. 537. Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization, 1979. 51–87.
- Hasselmann, Klaus. "Multi-Pattern Fingerprint Method for Detection and Attribution of Climate Change". *Climate Dynamics*. 13.9 (1997): 601–611. <<https://doi.org/10.1007/s003820050185>>.
- Hourdequin, Marion. "Climate, Collective Action and Individual Ethical Obligations". *Environmental Values* 19.4 (2010): 443-464. <<https://doi.org/10.3197/096327110X531552>>.
- Howe, Joshua P., (Ed.). *Making Climate Change History: Documents from Global Warming's Past*. Seattle y Londres: University of Washington Press, 2017.
- IFA-GESTIS. "Carbon Dioxide." *Gefahrstoffinformationssystem-Stoffdatenbank*. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2021.
- IPBES. *El Informe de La Evaluación Mundial Sobre La Diversidad Biológica y Los Servicios de Los Ecosistemas. Resumen Para Los Encargados de La Formulación de Políticas*. Bonn: IPBES secretariat, 2019.
- IPCC. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press, 1996.
- _____. *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis. Contribución de Los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: IPCC, 2007.
- _____. *Cambio Climático 2013. Bases Físicas. Resumen Para Responsables de Políticas, Resumen Técnico y Preguntas Frecuentes, Parte de La Contribución Del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: IPCC, 2013.
- _____. *Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Resúmenes, Preguntas Frecuentes y Recuadros Multicapítulos. Contribución Del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de*

Expertos Sobre El Cambio Climático. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 2014.

_____. 2021: *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

Kc, Samir y Wolfgang Lutz, “The Human Core of the Shared Socioeconomic Pathways: Population Scenarios by Age, Sex and Level of Education for All Countries to 2100”. *Global Environmental Change* 42 (2017): 181-192. <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004>>.

Keeling, Charles D. “The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere”. *Tellus* 12.2 (1960): 200-203. <<https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1960.tb01300.x>>.

Kim, Jin-Soo et ál. “Extensive Fires in Southeastern Siberian Permafrost Linked to Preceding Arctic Oscillation”. *Science Advances* 6.2 (2020) : *online*. <<https://doi.org/10.1126/sciadv.aax3308>>.

Kriegler, Elmar et ál. “The Need for and Use of Socio-Economic Scenarios for Climate Change Analysis: A New Approach Based on Shared Socio-Economic Pathways”. *Global Environmental Change* 22.4 (2012): 807-822. <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.05.005>>.

_____. et ál. “A New Scenario Framework for Climate Change Research: The Concept of Shared Climate Policy Assumptions”. *Climatic Change* 122.3 (2014): 401–414. <<https://doi.org/10.1007/s10584-013-0971-5>>.

Latour, Bruno. *Cara a Cara Con El Planeta. Una Nueva Mirada Sobre El Cambio Climático Alejada de Las Posiciones Apocalípticas*. Buenos Aires: Siglo XXI, 2017.

_____. *Dónde Aterrizar. Cómo Orientarse En Política*. Barcelona: Taurus, 2019.

Liou, K. N. *An Introduction to Atmospheric Radiation*. San Diego, California y Londres: Academic Press, 2002.

Liverman, Diana. “From Uncertain to Unequivocal”. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. 49.8 (2007): 28–32. <<https://doi.org/10.3200/ENVT.49.8.28-32>>.

- 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/rcfc.v20i41.3193>>.
- Mahmoud, Mohammed et ál. “A Formal Framework for Scenario Development in Support of Environmental Decision-Making”. *Environmental Modelling & Software* 24.7 (2009): 798–808. <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.010>>.
- Maia, Vinícius Andrade et ál. “The Carbon Sink of Tropical Seasonal Forests in Southeastern Brazil Can Be under Threat”. *Science Advances* 6.51 (2020): online. <<https://doi.org/10.1126/sciadv.abd4548>>.
- Mann, Geoff y Joel Wainwright. *Leviatán climático. Una teoría sobre nuestro futuro planetario*. Madrid: Biblioteca Nueva, 2018.
- Mathez, Edmond A. y Jason E. Smerdon. *Climate Change: The Science of Global Warming and Our Energy Future*. Nueva York: Columbia University Press, 2018.
- McNeill, John R. y Peter Engelke. *The Great Acceleration. An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge, MA y Londres: Harvard University Press, 2014.
- Meinshausen, Malte et ál. “The RCP Greenhouse Gas Concentrations and Their Extensions from 1765 to 2300”. *Climatic Change* 109.1 (2011): 213-241. <<https://doi.org/10.1007/s10584-011-0156-z>>.
- _____. et ál. “The Shared Socio-Economic Pathway (ssp) Greenhouse Gas Concentrations and Their Extensions to 2500”. *Geoscientific Model Development* 13.8 (2020): 3571-3605. <<https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>>.
- Monin, Andrei Sergeevic. *An Introduction to the Theory of Climate*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1986.
- Moskovchenko, D. V. et ál. “Spatiotemporal Analysis of Wildfires in the Forest Tundra of Western Siberia”. *Contemporary Problems of Ecology* 13.2 (2020): 193–203. <<https://doi.org/10.1134/S1995425520020092>>.

- Nightingale, Andrea Joslyn et ál. “Beyond Technical Fixes: Climate Solutions and the Great Derangement”. *Climate and Development* 12.4 (2019): 343–352. <<https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1624495>>.
- Notz, Dirk. “How Well Must Climate Models Agree with Observations?”. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 373.2052 (2015). <<https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0164>>.
- O’Neill, Brian C. et ál. “Achievements and Needs for the Climate Change Scenario Framework”. *Nature Climate Change* 10.12 (2020): 1074–1084. <<https://doi.org/10.1038/s41558-020-00952-0>>.
- Riahi, Keywan et ál. “The Shared Socioeconomic Pathways and Their Energy, Land Use, and Greenhouse Gas Emissions Implications: An Overview”. *Global Environmental Change* 42.1 (2017): 153–168. <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>>.
- Richards, Robert J. “La estructura de la explicación narrativa en historia y biología”. *Historia y explicación en biología*. Comps. Sergio Martínez y Ana Barahona. México: UNAM/FCE, 1998. 212–246.
- Ripple, William J. et ál. “World Scientists’ Warning of a Climate Emergency”. *BioScience*. 70.1 (2020): 8–12. <<https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>>.
- Rogelj, Joeri et ál. “Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report - data for Figure SPM.4 (v20210809)”. *NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2021a. <<http://dx.doi.org/10.5285/bd65331b1d344ccca44852e495d3a049>>.
- _____. et ál. “Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report - data for Figure SPM.10 (v20210809)”. *NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

- on Climate Change*. IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2021b. <<http://dx.doi.org/10.5285/cfe938e70f8f4e98b0622296743f7913>>.
- Roth, Paul A. “How Narratives Explain”. *Social Research* 56.2 (1989): 449–478.
- _____. “Essentially Narrative Explanations”. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*. 62 (2017): 42–50. <<https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2017.03.008>>.
- Ruddiman, William F. *Earth's Climate: Past and Future*. Nueva York: Freeman and Company, 2008.
- Schmitt, Carl. “El concepto de lo político [1939]”. *Carl Schmitt, teólogo de la política*. Comp. Héctor Orestes Aguilar. México: Fondo de Cultura Económica, 2004. 167–223.
- Simon, Zoltán Boldizsár. “The Limits of Anthropocene Narratives”. *European Journal of Social Theory* 23.2 (2018): 184–199. <<https://doi.org/10.1177/1368431018799256>>.
- Spratt, David e Ian Dunlop. *Existential Climate-Related Security Risk: A Scenario Approach*. Melbourne: Breakthrough/National Center for Climate Restoration, 2019.
- Steffen, Will et ál. “The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration”. *The Anthropocene Review*. 2.1 (2015): 81–98. <<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>>.
- Stewart, Ian. *17 ecuaciones que cambiaron el mundo*. México: Crítica, 2015.
- UNDRR. *Human Cost of Disasters. An Overview of the Last 20 Years: 2000-2019*. Ginebra, Suiza: UNDRR/Centre for Research on the Epidemiology Disasters, 2020.
- UNEP. *Informe Sobre La Brecha En Las Emisiones Del 2020. Resumen*. Nairobi, Kenia: UNEP, 2020.
- Vanderheiden, Steve. *Political Theory and Global Climate Change*. Cambridge, MA y Londres: The MIT Press, 2008a.
- _____. *Atmospheric Justice: A Political Theory of Climate Change*. Oxford y Nueva York: Oxford University Press, 2008b.
- van Vuuren, Detlef P. et ál. “The Representative Concentration Pathways: An Overview”. *Climatic Change*. 109.1 (2011): 5–31. <<https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>>.

- Warner, Jeroen e Ingrid Boas. “Securitization of Climate Change: How Involving Global Dangers for Instrumental Ends Can Backfire”. *Environment and Planning C: Politics and Space* 37.8 (2019): 1471–1488. < <https://doi.org/10.1177/2399654419834018>>.
- Weinert, Friedel. *The Demons of Science. What They Can and Cannot Tell Us About Our World*. Suiza: Springer International Publishing, 2016.
- Wrigley, Edward Anthony. *Energy and The English Industrial Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

CIBER-SERES EN LA LITERATURA: EL ESPEJO DE NUESTRO PROPIO FUTURO EN LA FICCIÓN DE ASIMOV Y DICK*

CYBER-BEINGS IN LITERATURE: THE MIRROR OF OUR OWN FUTURE IN THE FICTION OF ASIMOV AND DICK

DAVID SEBASTIÁN LOZANO TORRES
Universidad Santo Tomás
Bogotá, Colombia.
sebastianainsof@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3550-4933>



RESUMEN

El propósito de este texto es abordar la problemática de las inteligencias artificiales y su incidencia en la sociedad contemporánea. Para ello, se realizan lecturas paralelas de las sociedades distópicas creadas por Isaac Asimov y Philip K. Dick. A partir de estas, se identifican algunos rasgos existentes en nuestro contexto inmediato, enfocándonos en tres ejes principales: la sociedad de vigilancia y control tecnológico, el problema de lo natural en los ciber-seres, y la visión del siglo XXI en la ciencia ficción para analizar si esta es ilusoria o, por el contrario, forma parte de nuestra realidad inmediata. Todo esto con el fin de definir al género como un espejo de nuestro futuro, basándonos en la lectura de nuestro presente para interpretar los mundos posibles y el futuro como fuente de reflexión filosófica y tecnológica.

* Este artículo se debe citar: Lozano Torres, David Sebastián. "Ciber-seres en la literatura: el espejo de nuestro propio futuro en la ficción de Asimov y Dick". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 117-133. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4073>

En este artículo, analizaremos a grandes rasgos los elementos de la ciencia ficción de Isaac Asimov y Philip K. Dick, enfocándonos en aspectos como la naturalidad de los individuos, las sociedades de control y las líneas que separan lo humano de lo artificial como bases para la reflexión filosófica. A través de este ejercicio, examinaremos diversas obras de ambos autores, tales como *El hombre bicentenario* (Asimov 2019b), *Satisfacción Garantizada* (Asimov 2019a), *La última pregunta* (Asimov 2019a), *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (Dick 2017) y *El hombre en el castillo* (Dick 2021). El objetivo es identificar elementos que nos permitan interpretar el siglo XXI como una obra de ciencia ficción en constante desarrollo.

Palabras clave: Ciencia ficción; hipertecnificación; naturalidad; siglo XXI; futuros distantes; futuros cercanos; realidad inmediata.

ABSTRACT

The purpose of this text is to address the issue of artificial intelligences and their impact on contemporary society. To do this, we will conduct parallel readings of the dystopian societies created by Isaac Asimov and Philip K. Dick. From these, we will identify some features present in our immediate context, focusing on three main axes: the society of surveillance and technological control, the problem of the natural in cyber-beings, and the vision of the 21st century in science fiction to analyze whether it is illusory or, on the contrary, part of our immediate reality. All this with the aim of defining the genre as a mirror of our future, based on the reading of our present to interpret possible worlds and the future as a source of philosophical and technological reflection.

In this article, we will broadly analyze the elements of science fiction by Isaac Asimov and Philip K. Dick, focusing on aspects such as the naturalness of individuals, societies of control, and the lines that separate the human from the artificial as bases for philosophical reflection. Through this exercise, we will examine various works by both authors, such as *The Bicentennial Man* (Asimov 2019a), *Satisfaction Guaranteed* (Asimov 2029b), *The Last Question* (Asimov 2019b), *Do Androids Dream of Electric*

Sheep? (Dick 2017), and *The Man in the High Castle* (Dick 2021). The objective is to identify elements that allow us to interpret the 21st century as a work of science fiction in constant development.

Keywords: Science fiction; hyper-technification; naturalness; 21st century; distant futures; near futures; immediate reality.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo xx, la ciencia ficción encontró un lugar en el arte literario, pictórico y cinematográfico. Desde Julio Verne y su viaje de la Tierra a la Luna hasta George Lucas y sus duelos con sables luminosos en una galaxia muy, muy lejana, el género se estableció en un amplio espectro, resonando fuertemente en la cultura popular.

En medio de este gran espectro, veíamos distantes las fechas dibujadas para el siglo xxi. Sin darnos cuenta, ya hemos superado el 2019 de *Blade Runner* (1982) y estamos a tan solo catorce años del 2035 de *Yo, Robot* (2004), obras basadas en los trabajos de Philip K. Dick e Isaac Asimov, respectivamente. En este espacio común encontramos problemas como la naturaleza de los personajes y la reducción del valor humano debido a la hiper-tecnificación de las sociedades retratadas. Ejemplos de esto son la lucha de Andrew en *El Hombre Bicentenario* (2000) por el reconocimiento de su humanidad, o la delgada línea que separa a los replicantes de Deckard en *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (Dick 2017). Sin embargo, estos no son los únicos problemas abordados por estos autores; existen muchos elementos que, aunque en el siglo xx parecían lejanos o imposibles, hoy en día forman parte de nuestra realidad cotidiana, a menudo sin que nos percatemos de su impacto.

Cuando hablamos de ciencia ficción, hay muchas categorías que es necesario discriminar; sin embargo, un aspecto que ha caracterizado profundamente a esta corriente artística es el problema de los robots, entendidos como sujetos autónomos

al servicio de la humanidad. Han existido numerosas visiones sobre estos, pero las propuestas de Asimov y Dick van mucho más allá, ya que buscan ejemplificar el papel que desempeñan dentro de nuestra sociedad, ofreciendo a su vez visiones que son antagónicas y complementarias entre sí.

El propósito de este artículo es ejemplificar, a partir de estas líneas comunes, cómo la ficción de estos dos autores nos acerca a una lectura de nuestra realidad inmediata y el espacio que ocupan estas discusiones hoy en día. Haciendo uso de las semejanzas y diferencias de los robots presentes en las obras de ambos autores, intentamos dibujar una imagen compuesta de lo que podríamos llamar un ciber-ser, yendo más allá de lo programático y de lo lógico.

2. EL MUNDO DE LOS ANDROIDES Y LAS OVEJAS ELÉCTRICAS

Cuando hablamos de la ciencia ficción de Isaac Asimov y Philip K. Dick, nos damos cuenta de que siempre hay elementos que los conectan, no solo entre ellos sino también con todo el género, situándolos en una línea común. Aunque los elementos pueden ser variados, en este caso particular, un tema predominante es nuestro espacio social de convivencia compartida; en estos mundos, no somos los únicos habitantes en la esfera de la sociedad.

Los androides desempeñan un papel fundamental en las obras de estos dos autores. Estas dimensiones también plantean un profundo dilema entre lo natural y lo artificial, ya que no solo observamos lo humano y lo no humano, sino también puntos intermedios entre el hombre y la máquina. Sin embargo, más allá de los avances tecnológicos y de las utopías o distopías presentadas, existe un problema subyacente: el de una sociedad hipertecnificada en términos de regulación.

2.1 EYES UPON US, LA VIGILANCIA Y LA REGULACIÓN MEDIÁTICA

Llámesese utopía o distopía, un elemento que caracteriza estos diversos mundos es la vigilancia y el control, entendidos no solo como la mera punibilidad de los actos, sino también como el seguimiento de los mismos. Al hablar de estos ‘ojos’ que nos vigilan, podemos pensar en algo que nos observa constantemente en nuestra vida diaria, pero que no vela por nuestra seguridad, sino para asegurarse de que todo lo que hacemos está dentro de lo permitido. Esta visión toma mucho de la teoría foucaultiana, evidenciada en *Vigilar y castigar* (2013), y aplicada a nuestra realidad. Sin embargo, en las obras de Dick y Asimov, se nos presentan visiones bastante diversas. Si hablamos del ‘ojo que todo lo ve’ en la obra de Asimov, encontramos múltiples perspectivas: en algunos casos, el encargado puede ser un hombre; en otros, una máquina; y en uno particular, algo que trasciende ambos. Pero la premisa sigue allí: un ente que vigila, y nuestro actuar cotidiano siempre estará mediado por el temor de ser castigado o, peor aún, juzgado. La visión de Dick es mucho más explosiva y directa: ‘cumple o serás castigado’, utilizando como principal referente la violencia y la represión. Para el autor de *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (2017), ese ‘ojo que todo lo ve’ es, de alguna manera, la sociedad misma, ya que todos se aborrecen unos a otros. Por lo tanto, el dilema se extiende al problema de qué es mejor: ser tratado como un marginado o aceptar abiertamente lo que uno es.

Bajo estos preceptos, resulta difícil darle una forma concreta a ese ‘ojo’, ya que no se trata simplemente del sujeto que nos observa detrás de las cámaras esperando a que actuemos. Más bien, se define en la labor de crear conciencia sobre el lugar de cada uno en la sociedad. Al final, en ambas visiones, se reduce a lo mismo: los hombres son hombres, las máquinas seguirán siendo máquinas, y cambiar esta realidad parece imposible. ¿Acaso no hay una manera de lograrlo?

2.2 HOMBRES, CYBORGS Y ROBOTS, EL PROBLEMA DE LO NATURAL

Hemos hablado sobre la ‘naturalidad’ de los sujetos en estas obras, pero ¿qué significa realmente la palabra ‘naturaleza’ y por qué importa tanto en estos mundos ficticios? La respuesta se deriva de ese ‘ojo que todo lo ve’. Podríamos pensar que en estos vastos mundos, las sociedades tienen líneas tan definidas que, si algo intentara cruzarlas, podría pagar el precio de una u otra forma. Sin embargo, estas líneas no están dibujadas de modo que las veamos literalmente plasmadas; más bien, son trazadas entre los propios sujetos que participan en la acción de relacionarse entre ellos.

A partir de los estudios transhumanistas, podemos reconocer ciertas características que diferencian a cada individuo según su naturaleza propia, siendo tres las categorías fundamentales a tener en cuenta en la obra de estos autores.

Humano: La más simple y, a su vez, la más conflictiva de todas, la entendemos como aquellos sujetos completamente biológicos que nacen, crecen y mueren, siguiendo un ciclo vital del cual no pueden escapar. También podemos definirlos como aquellos que poseen capacidad de raciocinio, lo que los convierte en sujetos éticos y conscientes. Además, en muchos casos —lo cual, desde mi punto de vista, es erróneo— se considera que son los únicos seres que poseen un alma.

Androide: Seres artificiales surgidos de la mano del hombre tienden a caracterizarse por poseer características humanas básicas, pero carecen de personalidad e individualidad. El término ‘robot’, proveniente de ‘robota’, tiene una connotación servil, ya que está diseñado para obedecer todo lo que se le ordene. A diferencia de los humanos, este no es susceptible al raciocinio ético, y mucho menos se le considera poseedor de un alma.

Cyborg: Es el humano que por medio de un proceso de mejora obtiene partes artificiales, por lo que es considerado “mitad hombre, mitad máquina”. Normalmente se entiende como mejora una prótesis que reemplaza una extremidad o una parte del cuerpo específica.

Es a partir de estas tres definiciones donde surge el principal problema ético que nos presentan ambas visiones. Normalmente, sólo considerábamos uno u otro factor, sin tener en cuenta un tercer elemento que juega un papel imperante: ¿qué tan humano es un humano frente a una máquina y, a su vez, qué tan cercano a la máquina es un humano? No sabemos cuál es la respuesta correcta y cuál la errónea.

El problema de la naturalidad se reduce a lo siguiente: ¿Es acaso lo orgánico a lo que se le da el nombre de 'natural'? ¿O es posible que exista más de una naturaleza? Si pensamos en los rasgos que caracterizan la naturaleza humana, esta se expande a la naturaleza animal. Tal como lo dicta la biología, pertenecemos a un reino que se compone de otros seres; por lo tanto, es probable que los demás animales con los que compartimos rasgos también sean poseedores de una conciencia e incluso de un alma.

El tema se complica aún más cuando consideramos la artificialidad de los androides. No es posible verlos como animales, ya que no poseen características básicas de estos: no están hechos de carne y no son susceptibles al hambre, enfermedades u otros padecimientos de los seres vivos. Su naturaleza artificial surge de los humanos que intentan, en un proceso de tecnificación, crear réplicas de ellos mismos con capacidades similares a las nuestras. De alguna manera, podríamos decir que la naturaleza artificial de estos androides proviene de la misma humanidad que los discrimina como distintos.

Esta visión se debe a un profundo dilema sobre lo artificial como derivación de lo humano. Se entiende el uso de herramientas como una extensión de la humanidad misma, ya que estas buscan suplir la incapacidad del hombre para realizar ciertas acciones por sí mismo. Por lo tanto, es necesario recurrir a una extensión que le permita alcanzar su cometido. Es por ello que, aunque los androides sean seres propios nacidos de una naturaleza distinta, siguen formando parte del carácter humano que busca perfeccionarse de la mejor forma posible.

Sin embargo, no todos los procesos de mejora buscan crear nuevas herramientas para mejorar la calidad de vida. A menudo, la mejor forma de impulsar un avance más radical es mediante un proceso de simbiosis. Aquí es donde surge el problema de la naturalidad del cyborg. Si lo analizamos desde lo ya mencionado, el cyborg se presenta como un puente entre esa línea invisible que hace difuso el comprender su

lugar. Este dilema genera un conflicto de intereses entre lo que reconocemos como ‘natural’ y ‘artificial’. Dado que este sujeto tiene características particulares, ubicarlo en un lado u otro puede ser conflictivo. Nos encontramos, por lo tanto, ante un problema de categorías complejas, ya que esta ambigüedad permite que los cyborgs tengan cierta flexibilidad a la hora de definir su naturaleza.

Por otro lado, el problema del cyborg también se puede explicar mediante la popular paradoja del barco de Teseo. Su principal premisa es que, si todas las piezas de un barco son reemplazadas de manera gradual, ¿hasta qué punto ese barco sigue siendo el original? En el caso de los cyborgs, se puede entender de la misma manera: fácilmente podemos reemplazar un brazo con otro, más adelante un ojo, después una pierna, y al final no podremos reconocer qué estaba allí originalmente. Pero su naturaleza también queda en duda: ¿ha pasado de ser humano a máquina, o seguirá siendo humano sin importar cuánto intente separarse de su naturaleza?

Este dilema de absolutos entre humanos y robots se aborda de manera opuesta por Asimov en *El hombre bicentenario* (2019a). En esta obra, un androide lucha por ser reconocido como un ser humano y, para lograrlo, se somete a un proceso de adaptación y auto-cuestionamiento. Este androide busca definir qué es lo que hace que los hombres sean humanos y, a su vez, qué es lo que le falta a él para alcanzarlo. Entonces, el problema se convierte en: ¿qué es lo que define la naturaleza, lo que es, lo que fue o lo que puede ser?

Este problema también puede abordarse desde la tradición *metafísica* en relación con la naturaleza misma de las cosas. Si pensamos en el ser como las características que definen a los sujetos, entonces tendríamos que considerar el problema de la potencia o la capacidad de llegar a ser como el verdadero dilema. La obra de Philip K. Dick, *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (2017), presenta este problema a lo largo de su relato. El problema no solo radica en los cazadores de recompensas que persiguen a estos sujetos artificiales, sino en qué significa ser y/o poder llegar a ser otra cosa. Esto nos lleva a preguntarnos: ¿acaso importa en definir quiénes somos?

Cuando pensamos en el problema de la naturalidad, podemos decir que la línea entre lo que identificamos como natural y lo que definimos como artificial se vuelve cada vez más difícil de percibir. Nos acercamos gradualmente al tan sonado

metaverso digital, que busca sumergirnos en la realidad virtual, alejándonos cada vez más de nuestro contexto y minimizando nuestra interacción física. En algún momento, la importancia de lo natural podría desdibujarse hasta el punto de que no podamos distinguir entre un humano y una inteligencia artificial dentro de los espacios de relación virtual, reduciendo así nuestro ámbito de relaciones interpersonales a un simple foro de opiniones en línea.

Es por ello que una de las grandes características que define a ambos autores es que las líneas que separan cada una de estas 'especies' son intrascendentes para los análisis éticos. Detrás de cada uno hay problemas igualmente complejos, y todo se reduce a un problema de identidad. Esta se entiende como el espacio que cada uno ocupa, así como cuál es el papel específico de cada uno dentro de la sociedad que les asigna un lugar específico.

Si volvemos a pensar en *El Hombre Bicentenario* (Asimov 2019a), observamos que más allá de las líneas establecidas hay una búsqueda de una identidad reconocible. Esta se entiende como la visión del sujeto dentro de un entorno social que valide su individualidad a partir de la convivencia con otros individuos en la esfera social. Asimov aborda este problema desde el reconocimiento como un derecho fundamental que define al individuo como un integrante en igualdad de condiciones frente a la sociedad. En el caso de Dick, todo tiende a ser mucho más crudo. Muchas veces, esta validación de la existencia se resume en ser reconocidos sin importar las consecuencias. El conflicto entre lo humano y lo artificial se aborda desde una perspectiva disruptiva y, a menudo, violenta, como lo muestra el conflicto entre replicantes y humanos. Estos últimos buscan vivir en paz en una sociedad que los margina y elimina sin piedad, por lo que no les queda otra opción más que luchar por sobrevivir.

A partir de estas visiones alternativas, cabe preguntarnos qué tan posible es que lo que define a lo natural y lo artificial desaparezca. Somos conscientes de la existencia de humanos, androides y hasta cyborgs entre nosotros, pero ¿es posible que en unos años nos encontremos en la situación presentada en estas obras? Y de ser así, ¿nos llevará esto a enfrentarnos unos a otros para validar nuestra existencia en estos espacios comunes?

3. LA CIENCIA FICCIÓN COMO UN “WHAT IF...?” DEL SIGLO XX

La ciencia ficción, desde su concepción, se ha caracterizado por pensar fuera de la caja y nos sitúa en escenarios que normalmente pueden resultar incómodos cuando intentamos interpretar qué nos depara el futuro. Dada su propia naturaleza, nos permite explorar de manera más amplia esos mundos posibles siempre orientados hacia nuestro futuro, tanto inmediato como lejano. Este concepto ha sido denominado ‘*What if...?*’ o ‘¿*Qué pasaría si...?*’. Tal como su nombre lo indica, se trata de pensar en posibilidades alternas basadas en cambios básicos de la historia.

Un ejemplo de esto sería imaginar una historia alterna de la historia universal en la que Adolf Hitler hubiera sido aceptado en su academia de artes. Podríamos preguntarnos si acaso la Segunda Guerra Mundial se hubiera desarrollado tal como lo hizo, o si esta hubiera estado bajo el mando de alguien más. De hecho, Philip K. Dick en su obra *El hombre en el castillo* (2021) propone un mundo gobernado por los nazis, en el cual podemos ver un presente alterno al nuestro y en el que somos capaces de reflexionar a partir de la imaginación de realidades posibles.

Este tipo de historias han existido durante muchos años, pero no ha sido hasta hace poco que el término se popularizó gracias a la franquicia de Marvel Comics, que lleva el mismo título. En ella, sus superhéroes se enfrentan a situaciones que normalmente no vivirían; además, estas se han expandido al plano literario y audiovisual, llegando incluso a crear mundos totalmente distópicos a partir de estas ideas.

Para muchos, la ciencia ficción siempre ha sido presentada como un manual de instrucciones que define qué nos depara el futuro; sin embargo, estas visiones, ya sean utópicas o distópicas, se nos presentan como meras especulaciones por parte de alguien que sencillamente quiere presentar su visión alternativa de los hechos. Llegamos a comprender que no solo se trata de adivinar al azar qué puede pasarnos en un futuro hipotético, sino de saber cómo actuar desde el presente para evitarlo o hacerlo realidad.

Las obras de Asimov normalmente nos muestran un futuro lejano que varía según la situación. Algunas de estas historias transcurren dentro de un par de años

y otras pueden ubicarse a siglos de diferencia, lo que hace que estas lecturas nos muestren varios contextos diferentes entre una y otra. Al lector no le debe importar el año del que se está hablando, solo que será un mundo posible al que tendremos que enfrentarnos tarde o temprano. Muchas de estas obras nos dibujan como base la idea de nuestro mundo como una utopía teóricamente perfecta, en la que todo está en orden y que lleva décadas siendo una potencia ideal.

Por consiguiente, la disrupción en estas obras radica en el ‘¿qué pasaría si alguien no está conforme con aquella perfección utópica en la que se vive?’ Uno de los elementos de Asimov que más ejemplifica este problema (y que a su vez critica ampliamente el problema de la libertad) son los relatos que involucran a Multivac, como *La última pregunta* (2019a) o *Sufragio universal* (2019a). Estos consisten en varias subhistorias que se conectan para así crear un macrorelato que, al unir sus partes, podemos comprender como una historia completa. En las obras de Asimov, Multivac es un sistema operativo que rige a toda la sociedad en conjunto; es autónomo, eficaz y, por consiguiente, perfecto.

En los relatos de esta máquina, se nos presenta como la solución definitiva a todos los problemas que aquejan al mundo, pues a partir de soluciones concretas y específicas, puede trabajar por su cuenta para así lograr la sociedad perfecta. Pero Asimov es muy crítico con este problema, pues no solo se trata de proporcionar toda la información del mundo a una máquina autosuficiente, sino que el problema radica en cómo utiliza todos esos saberes.

En el cuento “Sufragio Universal” (2019), Norman Müller, un ciudadano estadounidense, es el único encargado de tomar la decisión de quién será el próximo presidente de los Estados Unidos. El motivo es que Multivac escoge a una sola persona para el proceso, ya que a partir del resultado discrimina la información del resto del país y así valida la información para escoger al candidato que más beneficie a todos.

Esta historia, más allá de presentarnos un dilema entre la libertad de expresión y la privacidad, también destaca por la presencia de un ente encargado de tomar todas las decisiones importantes sin consultarlo con nosotros. Es como ir en un barco sin saber el rumbo que va a tomar. La antología de Asimov tiene como objetivo

último mostrar los resultados de la hiper-tecnificación y lo perjudiciales que pueden ser para todos. No solo se concibe a Multivac como un superordenador capaz de catalogar toda la información existente, sino que también hace uso de ella.

Es por ello que el destino de Multivac nos presenta dos posibles finales para sí misma, los cuales llevan consigo una carga sumamente pragmática en cuanto al resultado. En el primer final, mostrado en el cuento “Todos los males del mundo” (2019a), Asimov habla de cómo Multivac, en su proceso de estudio y análisis de la información, llega a la conclusión de que la humanidad es la causante de todos los daños en el planeta. Pero a su vez, encuentra en esta respuesta una oportunidad de solucionar todos los problemas que aquejan su ambiente. De manera inesperada, Multivac opta por crear un plan para morir y llevarse consigo todos los males del mundo.

El otro posible final, que es a su vez el más complejo, se nos presenta en el cuento “La última pregunta” (2019a). En este, se muestra cómo Multivac, tras evolucionar y derivar en múltiples subconsciencias a lo largo de millones de años, busca responder la última pregunta que le quedaba a la humanidad: ¿es posible revertir el proceso de entropía universal? La historia transcurre desde la premisa de una conversación entre dos ingenieros borrachos hasta la extinción del último ser pensante. Todo culmina con la simple respuesta del descendiente de Multivac al proclamar: “Hágase la luz”, aludiendo a que fue posible solucionar la última pregunta.

Por el momento, no sabemos qué tan acertada sea esta visión del futuro. Sin embargo, allí reside el propósito de estos escritos específicos: que a partir de nosotros mismos juzguemos ambas posibilidades y su factibilidad en nuestro contexto inmediato. Es a través de nuestro ejercicio reflexivo que debemos interpretar estas historias como posibles realidades.

La visión de Dick es, quizá, igualmente compleja. En su perspectiva, la sociedad, por naturaleza, tiende a deshumanizarse. Los humanos se encuentran inmersos en metrópolis holográficas tan abrumadoras que la tecnología, en lugar de ser un beneficio, se transforma en armas letales. Estos mundos de superhumanos nos presentan una tecnología que deshumaniza, donde la única clave para sobrevivir es ser el más fuerte en un mundo en declive. Problemas como los viajes espaciales, la migración, el medio ambiente y la supervivencia son ejes fundamentales en la obra del

autor norteamericano. Influenciado por múltiples fenómenos de la posguerra, Dick propone la necesidad de cambiar de dogma para coexistir y sobrevivir.

¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas? (Dick 2017) centra su argumento en el dilema entre lo natural y lo artificial. Representa a los androides como simples máquinas destinadas a ser eliminadas y explora el conflicto interno de alguien que, creyendo tener valor humano, descubre que no es más que un conjunto de números programados para creer en su propia valía. En este contexto, Philip K. Dick reflexiona sobre la identidad y el alma como validadores de la existencia de los individuos, así como sobre el valor intrínseco que cada uno posee. No es lo mismo tener una oveja real como mascota que una oveja eléctrica; bajo los preceptos de la obra, la segunda carece del valor de estar viva, relegándola a un mero objeto de estatus.

La visión de Dick es, quizá, igualmente compleja. En su perspectiva, la sociedad, por naturaleza, tiende a deshumanizarse. Los humanos se encuentran inmersos en metrópolis holográficas tan abrumadoras que la tecnología, en lugar de ser un beneficio, se transforma en armas letales. Estos mundos de superhumanos nos presentan una tecnología que deshumaniza, donde la única clave para sobrevivir es ser el más fuerte en un mundo en declive. Problemas como los viajes espaciales, la migración, el medio ambiente y la supervivencia son ejes fundamentales en la obra del autor norteamericano. Influenciado por múltiples fenómenos de la posguerra, Dick propone la necesidad de cambiar de dogma para coexistir y sobrevivir.

¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas? (Dick 2017) centra su argumento en el dilema entre lo natural y lo artificial. Representa a los androides como simples máquinas destinadas a ser eliminadas y explora el conflicto interno de alguien que, creyendo tener valor humano, descubre que no es más que un conjunto de números programados para creer en su propia valía. En este contexto, Philip K. Dick reflexiona sobre la identidad y el alma como validadores de la existencia de los individuos, así como sobre el valor intrínseco que cada uno posee. No es lo mismo tener una oveja real como mascota que una oveja eléctrica; bajo los preceptos de la obra, la segunda carece del valor de estar viva, relegándola a un mero objeto de estatus.

Si pensamos en los elementos comunes, podemos decir que la ciencia ficción, en su base, contempla estas situaciones hipotéticas que solo el futuro dirá si

son ciertas o no. Pero no se trata simplemente de ver la ciencia ficción como algo imaginativo y descabellado. El futuro no es solo pensar en autos voladores o viajeros del tiempo que vienen a revelarnos la verdad última sobre cómo será el futuro; para hablar de este, es necesario hacer una lectura rigurosa de nuestro presente, ya que no podemos pensar en lo que será si no tenemos en cuenta lo que ya es.

Pero leer el presente implica comprender las problemáticas actuales y su desarrollo mediante la reflexión. Entender estos fenómenos puede llevarnos a desarrollar ideas que nos ayuden a alcanzar o evitar futuros no deseados. Depende de todos nosotros comprender los alcances de estos avances, así como entender su impacto en nuestro futuro a corto y largo plazo. Por lo tanto, interpretar el presente también significa considerar los posibles futuros que este conlleva.

4. ¿EL SIGLO XXI COMO UNA OBRA DE CIENCIA FICCIÓN?

Como último punto a tratar en este artículo, quiero enfatizar que, al entender esta dinámica de mundos posibles, los dos autores abordados en esta reflexión tienen un denominador común: la crítica a las prácticas económicas y sociales del momento en que escribieron sus obras. Ambos autores se sitúan en un siglo XX revolucionario en todos los aspectos de la esfera social, tanto positiva como negativamente.

Por un lado, Asimov, proveniente de una corriente más tradicional, ve el futuro inminente como una oportunidad para encontrar en la ciencia soluciones a muchos de los problemas que afligen a nuestro planeta y especie. Sin embargo, no ignora prácticas de su época con un enfoque distópico. Argumenta que no es posible imaginar un futuro perfecto si no escuchamos y aceptamos a todos por igual, criticando en ocasiones el geocentrismo estadounidense en el avance científico.

Sin embargo, Philip K. Dick adopta un enfoque mucho más contemporáneo y, quizá, más crudo de ese futuro posible. Su corriente, que retoma ese carácter crítico de Asimov y sus contemporáneos, se centra intensamente en el contexto de su época. La obra de este autor estadounidense resuena y refleja el descontento social de la generación Beat, que, en desacuerdo con muchas decisiones de los gobernantes

de su tiempo, denuncia actos de represión social, clasismo, racismo, censura y, en particular, la decadencia moral de la humanidad.

A partir de lo plasmado en las obras de estos autores, nos percatamos de que, más allá de ser un ejercicio literario, los mensajes de ambos encuentran su espacio en la ciencia ficción, buscando respuestas a las cuestiones que nos inquietan en el presente. Para muchos, la idea de viajar a otros mundos se torna posible gracias a la carrera espacial entre la Unión Soviética y los Estados Unidos, dando origen a relatos que imaginan desde colonias en la Vía Láctea hasta la colonización de Andrómeda y más allá. Mientras que para Verne parecía más viable llegar a la Luna, para Dick, Marte no era más que una colonia humana en deterioro constante. Así, observamos cómo el discurso varía según el contexto inmediato de la obra.

En su cuento “El bardo inmortal” (2019a), Asimov nos presenta una sátira crítica sobre lo que sucedería si pudiéramos conversar con William Shakespeare acerca de la universalidad de su obra. En el relato, sugiere que es probable que las obras de Shakespeare desaparezcan porque no se crearon con esa intención universal. Esta idea lleva a Shakespeare a un trauma tal que decide no escribir sus obras, lo que nos lleva a reflexionar sobre si Asimov, de haber sido un viajero en el tiempo, hubiera optado por hacer algo diferente a escribir lo que ya sabía.

En cuanto a la precognición, un ejemplo destacado es el cuento *El informe de la minoría* (2008) de Philip K. Dick. En esta historia, la policía del futuro utiliza un sistema en el que tres clarividentes pueden prever crímenes antes de que sucedan, convirtiendo este método en prácticamente infalible y salvando vidas sin exponerlas al peligro inicialmente. Sin embargo, a medida que avanza el relato, nos damos cuenta de que el futuro es incierto. Es posible alterarlo si somos conscientes de lo que está por suceder. El cuento destaca este dilema de las probabilidades: de tres posibles escenarios, solo uno resultará ser el correcto, lo que sugiere que no se puede determinar un único resultado con certeza.

Aunque estas ideas puedan parecer desconectadas entre sí, lo cierto es que encierran problemas que, desde la perspectiva de la ciencia ficción, se pueden abordar críticamente. Existe la creencia de que, cuanto mayor control tengamos sobre los acontecimientos, más perfecta será nuestra realidad.

Estas ideas, más allá de ser simples conjeturas, nos llevan a reflexionar sobre un futuro no tan distante en el que esos inventos, que hoy parecen inverosímiles, podrían estar más cerca de lo que muchos imaginan. Para Verne, llegar a la Luna parecía poco probable, pero en un futuro cercano, esto se realizará comercialmente gracias a compañías como Space-X. Hoy llevamos computadoras en nuestros bolsillos y, pronto, quizás en nuestros cerebros. Es en este punto cuando nos percatamos de que el siglo XXI en el que vivimos se asemeja cada vez más a una narrativa de ciencia ficción que se desarrolla día tras día, y en la que, en este preciso momento, nosotros somos los protagonistas.

CONCLUSIÓN

Este recorrido nos ha permitido observar que una característica particular del espectro de la ciencia ficción es la interpretación del presente a través de los avances tecnológicos y sociales que contextualizan la obra. Sería simplista y superficial considerar este género como mera especulación tecnológica, ya que cada vez más autores y lectores toman en cuenta su contexto inmediato para realizar una lectura enriquecedora de nuestro futuro cercano mediante la imaginación.

Asimov y Dick, siendo los autores que fueron, concebían el futuro de manera distinta. A través de ejemplos hiperbólicos, planteaban relatos desgarradores que nos llevan a reflexionar no solo sobre nuestro papel en el mundo, sino también sobre las consecuencias de nuestros actos. Estas obras sirven como advertencias sobre lo que podría depararnos el futuro, instándonos a ser mejores personas, a respetar la naturaleza y los recursos naturales, y a ser más empáticos entre nosotros. Las naves espaciales ya no son un invento distante, y tampoco serán nuestra salvación como especie. Actualmente, también enfrentamos un nuevo problema conocido como ‘basura espacial’, un tema que probablemente se reflejará en futuras discusiones sobre estos asuntos.

A partir de este análisis, nos encontramos en una realidad repleta de ciber-seres, viajes espaciales y vigilancia total, entre otros elementos. Podríamos decir que

nuestro siglo XXI se está perfilando como la mejor obra de ciencia ficción existente. Aún tenemos la oportunidad de darle al guión el giro argumental que necesita. Por ello, es crucial pensar en el futuro ahora, antes de que sea demasiado tarde y nos enfrentemos a los declives que anticiparon aquellos que, desde su presente, buscaban crear conciencia. Al final del día, todo esto es literatura, y lo que hagamos con ella depende de quienes la interpretamos. Es muy probable que el siglo XXII esté siendo escrito en este momento, y debemos estar preparados para actuar de manera acertada.

REFERENCIAS

- Asimov, Isaac. *The Bicentennial Man*. Gollancz, 2000. Print.
- _____. *Cuentos completos I*. Trad. Gardini, Carlos. Barcelona: Debolsillo, 2019a.
- _____. *Cuentos completos II*. Barcelona: Debolsillo, 2019b.
- _____. *La Última Pregunta (Flash Relatos)*. FLASH, 2013. Print.
- Blade Runner*. Directed by Ridley Scott. The Ladd Company Shaw Brothers Blade Runner Partnership, 1982. <https://www.imdb.com/title/tt0083658/?ref_=ext_shr_lnk>
- Dick, Philip K. *Cuentos Completos IV*. Trad. Gardini, Carlos. Barcelona: Minotauro, 2008.
- _____. *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* Trad. Antón, Miguel. Barcelona: Minotauro, 2017.
- _____. *El hombre en el Castillo*. Trad. Manuel Figueroa. Barcelona: Minotauro, 2021.
- Foucault, Michelle. *Vigilar Y Castigar. El nacimiento de la prisión*. Trad. Garzón, Aurelio. 1ed. Siglo Veintiuno, 2013.
- I. Robot*. Directed by Peter Proyas. 20th Century Studios, 2004. <https://www.imdb.com/title/tt0343818/?ref_=ext_shr_lnk>

EVALUACIÓN CRÍTICA DE LOS COMPROMISOS EPISTEMOLÓGICOS, IDEOLÓGICOS Y POLÍTICOS DE LA NEUROECONOMÍA APLICADA A POLÍTICAS PÚBLICAS*

CRITICAL ASSESSMENT OF EPISTEMOLOGICAL, IDEOLOGICAL AND POLITICAL COMMITMENTS OF NEUROECONOMICS APPLIED TO PUBLIC POLICY

LEONARDO BLOISE

Grupo de Filosofía de la Biología, Universidad de Buenos Aires.

Haedo, Argentina.

leo.bloise@hotmail.com.ar

<https://orcid.org/0000-0002-1909-2764>

CARLOS ARIAS GRANDIO

Centro de Investigaciones Psicológicas, Facultad de Psicología,

Universidad Nacional de Córdoba. CONICET

Ciudad de Córdoba, Argentina.

carlosargr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5880-4552>

Guillermo Folguera

Grupo de Filosofía de la Biología, Universidad de Buenos Aires. CONICET.

Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

guillefolguera@yahoo.com.ar

<https://orcid.org/0000-0002-4990-7039>



* Este artículo se debe citar: Bloise Leonardo, Arias Grandio Carlos y Folguera Guillermo. "Evaluación crítica de los compromisos epistemológicos, ideológicos y políticos de la neuroeconomía aplicada a políticas públicas". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47(2023): 135-162. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4194>

RESUMEN

En este artículo, mostramos ciertos supuestos no explicitados en la noción de individuo humano en la que se basan los enfoques teóricos de la neuroeconomía y la economía conductual para desarrollar sus programas de investigación e intervención. También abordamos los compromisos epistemológicos, ideológicos y políticos desde los cuales conciben, estudian e intervienen en la conducta humana. En lugar de un individuo producto de un proceso de socialización, lo que se presenta es un cerebro aislado con numerosas funciones cognitivas atribuidas, cuya conducta puede ser alterada debido a “accidentes” en su evolución como órgano rector del comportamiento. Este enfoque permite la construcción de propuestas de políticas públicas basadas en el llamado “paternalismo libertario”. Se destaca un potencial mecanismo de control cuyo objetivo es configurar los distintos espacios de la vida cotidiana de los individuos de manera que sus conductas agregadas se alineen lo más posible con los entes racionales ideales del modelo económico neoclásico.

Palabras clave: neurociencias; neuroeconomía; neoliberalismo; filosofía de la ciencia; psicología; ciencias cognitivas; políticas públicas.

ABSTRACT

In this article, we highlight certain assumptions not made explicit in the notion of the human individual upon which the theoretical approaches of neuroeconomics and behavioral economics rely to develop their research and intervention programs. We also address the epistemological, ideological, and political commitments from which they conceive, study, and intervene in human behavior. Instead of an individual resulting from a socialization process, what is presented is an isolated brain with numerous attributed cognitive functions, whose behavior can be altered due to “accidents” in its evolution as the governing organ of behavior. This approach allows for the construction of public policy proposals based on the so-called “libertarian paternalism.” A potential

control mechanism is highlighted, aiming to shape the various spaces of individuals' daily lives so that their aggregate behaviors align as closely as possible with the ideal rational entities of the neoclassical economic model.

Keywords: neurosciences; neuroeconomics; neoliberalism; philosophy of science; psychology; cognitive science; public policy.

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, en Argentina, se presentó la nueva Unidad de Ciencias del Comportamiento y Políticas Públicas, coordinada por la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación (Consejo Económico y Social 2021). Este proyecto se inscribe en una iniciativa global que, institucionalmente, comenzó hace aproximadamente una década con la creación del Behavioural Insights Team por el Estado británico y la posterior publicación de un informe del Banco Mundial. Tanto este organismo como otras iniciativas asociadas proponen recomendaciones para el uso de estrategias basadas en evidencias de las ciencias del comportamiento, con el objetivo de promover cambios de conductas deseables en la población, desde el ámbito de la salud hasta las decisiones financieras (World Bank 2014; Van der Linden & Weber 2021; Osman et ál. 2020; Dolan et ál. 2012). Según el comunicado de prensa del gobierno argentino, una definición general de este marco interdisciplinario sería la siguiente:

Se trata de un conjunto de disciplinas que estudian el modo en que las personas toman decisiones y actúan. La psicología, las neurociencias, la economía, las ciencias sociales y el derecho son algunas de las áreas de estudio que se entrelazan de forma interdisciplinaria en este nuevo campo de conocimientos aplicados (Consejo Económico y Social 2021 online).

Este campo se presenta como un espacio colaborativo entre distintas disciplinas, algunas de ellas pertenecientes a ciencias empíricas o experimentales, como la psicología cognitiva y las neurociencias, basado en el estudio del comportamiento de decisión humana. Se asume que dicho comportamiento posee una definición que puede ser intercambiada o, al menos, traducida entre las diferentes disciplinas involucradas, independientemente de los marcos teóricos y modos de conocimiento que las distinguen. En el siguiente párrafo del comunicado, se resalta el supuesto desarrollo de este campo interdisciplinario, que es relevante para el diseño de políticas públicas:

El resultado de muchas políticas públicas depende del comportamiento de las personas. Los modelos clásicos de la economía y el derecho consideran que se decide analizando toda la información disponible, de manera sistemática y buscando el interés individual, pero la investigación muestra que la mayoría de las veces las personas actúan de manera rápida, intuitiva e influida por su contexto social (Consejo Económico y Social 2021 Online).

Si bien tanto en el comunicado de prensa del Estado argentino como en el informe del Banco Mundial se menciona una lista aparentemente amplia y diversa de disciplinas involucradas, “como la neurociencia, la ciencia cognitiva, la psicología, la economía del comportamiento, la sociología, la ciencia política y la antropología” (World Bank 2014 2), no se reconocen los debates internos de cada disciplina respecto a la pluralidad de enfoques, marcos teóricos y metodologías. El objetivo de este artículo es mostrar que el marco teórico predominante invocado para justificar las intervenciones estatales en la sociedad proviene de desarrollos en programas de investigación específicos de disciplinas particulares, como la economía conductual y la neuroeconomía, y no de un programa interdisciplinario integrador entre ciencias naturales y humanísticas/sociales. Pondremos en evidencia ciertos supuestos no explicitados sobre la concepción del individuo humano en la que se basan estos enfoques teóricos para desarrollar sus programas de investigación y cómo esa concepción conlleva compromisos epistemológicos sobre cómo concebir y estudiar la conducta

humana, así como compromisos ideológicos y políticos sobre cómo intervenir en ella. En la sección 2, contrastamos concepciones del término “comportamiento” en distintos paradigmas explicativos. En la sección 3, examinamos la caracterización teórica de la conducta humana del informe “Mente, Sociedad y Conducta” de 2015 del Banco Mundial, identificando sus raíces en la disciplina neuroeconómica y los supuestos no explicitados que la acompañan. En la sección 4, analizamos las propuestas de intervención política de los principales referentes neuroeconómicos y los compromisos ideológicos subyacentes, presentando perspectivas críticas de los estudios filosóficos y sociales de la ciencia que utilizan el término “neurogobierno” para contextualizar y responder críticamente a estas propuestas, viéndolas como parte de un discurso que convierte problemas sociales en aflicciones individuales. Finalmente, en la sección 5, ofrecemos reflexiones y conclusiones basadas en el contenido del artículo.

2. DISTINTAS CONCEPTUALIZACIONES DEL TÉRMINO “COMPORTAMIENTO”

‘Comportamiento’ es un término que pertenece a nuestro lenguaje ordinario y que usamos principalmente para referirnos de manera abstracta a la manera de actuar de una persona. Explicar en términos comportamentales a una persona no es lo mismo que describir sus movimientos. Podemos observar y describir la acción de alguien en un contexto, pero no estamos observando su comportamiento, ya que este término alude de forma abstracta a sus acciones circunstanciadas y a las consecuencias de estas en un contexto (Ryle 1967; Ribes-Iñesta 2004). Por ejemplo, podemos decir que el comportamiento de alguien fue ejemplar, agresivo o errático en una situación específica, pero eso no especifica qué acciones realizó la persona o las personas involucradas. Es crucial entender que no es un término técnico o teórico y que, por lo tanto, su uso en un contexto técnico o teórico estará sujeto a restricciones y limitaciones derivadas de los supuestos de la teoría correspondiente (Ribes-Iñesta 2019). En general, en ciencia, se usa para referirse de manera abstracta a la actividad de distintas entidades. Así, los científicos hablan del comportamiento de una partícula,

de una célula, de un individuo o de un grupo de individuos. Por estas razones, “ciencias del comportamiento” no es una noción clara que permita identificar qué se está investigando ni con qué propósito, ya que diferentes teorías pueden tener distintas concepciones sobre el ser humano, lo que implica investigar su comportamiento y cómo y por qué se realiza dicha investigación.

Para ilustrar el punto anterior, nos referimos a un estudio donde se identificaron varios tipos o paradigmas de formulación del objeto de conocimiento desarrollados a lo largo del tiempo en distintas perspectivas psicológicas. Estos paradigmas se diferencian en las definiciones y relaciones que proponen entre los conceptos asociados a las palabras: mundo, cuerpo, mente, cerebro y conducta. Esta diferenciación actúa en dos niveles. En primer lugar, en el nivel de definición de los fenómenos empíricos que constituyen el objeto psicológico, lo que significa que cada paradigma asume un compromiso ontológico específico sobre las dimensiones biológicas, psicológica y social. En segundo lugar, en el nivel de identificación y enumeración de las propiedades analizables de dicho objeto, definiendo el proceso de conocimiento adecuado para él, es decir, un compromiso epistemológico. A continuación, presentamos el paradigma cerebro-mente-mundo:

En este paradigma se concibe a los fenómenos psicológicos como un conjunto de relaciones múltiples entre el mundo, el cerebro y la mente, estos dos contextualizados por el cuerpo, pero sin que el cuerpo, como tal, asuma una representación conceptual importante más allá de un papel mediador débil o subordinado en la reacción y acción ante el mundo. En este paradigma la interacción fundamental se da entre el cerebro y la mente. La mente es concebida en el cuerpo, aunque no como una estructura material. Regularmente, se considera que la mente es una función del cerebro transformada en experiencia. El mundo actúa sobre el cuerpo y a través de él sobre el cerebro. El cerebro a su vez actúa sobre el mundo siempre de manera mediada, ya sea por el cuerpo, ya sea por la mente. La mente solo es afectada directamente por el cerebro (Ribes-Iñesta 2000 375-377).

En este paradigma se destaca la escisión entre los fenómenos mentales, que son puramente internos al individuo y definidos únicamente en relación con la actividad cerebral, sin considerarlos como parte de la actividad de un organismo completo. Generalmente, las teorías y discursos de la psicología cognitiva se encuadran en este enfoque, donde los fenómenos de interés son las operaciones computacionales realizadas sobre las representaciones mentales. El input de estas operaciones proviene de la información captada por los sentidos, y el output es el comportamiento de respuesta, tras el procesamiento de la información codificada en las representaciones. Se concibe a la mente como instanciada y, en última instancia, causalmente definida por el cerebro. Reconocer al cerebro como soporte material delimita las interpretaciones posibles del funcionamiento mental (Yin 2020). A continuación, abordamos el paradigma cerebro-mundo:

Este paradigma sustituye a la mente por el cerebro, manteniendo al cuerpo como mediador necesario para alguna de las relaciones previstas. En esta formulación, el cerebro constituye una entidad del cuerpo, pero supraordinada a sus funciones biológicas y físicas ordinarias. [...] El cerebro se convierte de este modo en un homúnculo dentro del propio cuerpo, que conoce al mundo y dirige las acciones del cuerpo. [...] En este paradigma, se da la paradoja lógica de que el cuerpo constituye un órgano del cerebro. El individuo es su cerebro y el comportamiento es reducido a hechos corporales (Ribes-Iñesta 2000 377-378).

A diferencia del paradigma anterior, esta concepción “neurocéntrica” elimina directamente lo mental como concepto funcional con valor explicativo y enfatiza la interacción y activación diferencial de ciertas estructuras cerebrales, ya sean áreas corticales o circuitos neuronales, asociadas a conjuntos específicos de funciones cognitivas, como la atención consciente, el cálculo abstracto o el procesamiento de estímulos con valencia emocional o afectiva. En este enfoque, el objeto de interés es el sistema nervioso, y más específicamente, el cerebro (Bickle 2006; Churchland 2002).

Por último, presentamos un paradigma que presenta categorías contrapuestas a las anteriores, el paradigma del *organismo en el mundo*:

El organismo, en este paradigma, está en el mundo del cual forma parte. El organismo no es considerado como una entidad aislada del mundo que tiene contactos intermitentes con sus objetos a través de las acciones de uno o del otro. EL organismo no es él y el mundo, como ocurre en los otros paradigmas en los que el mundo lo está rodeando sin incorporarlo, ya sea como cosmos indiferenciado o como ambiente estimulante. [...] El medio no es un “transmisor” entre el organismo aislado y los objetos del mundo. El medio es una condición del mundo que posibilita ciertas relaciones y no otras entre el organismo y objetos de ese mundo (Ribes-Iñesta 2000 381-382).

En contraste con los paradigmas mencionados, este enfoque no establece una división clara entre mente/cerebro y el exterior, que interactúan mediante estímulos y respuestas. Aquí, los factores relevantes para explicar el comportamiento no se hallan exclusivamente en el ámbito interno, ya sea en términos puramente neurofisiológicos o en combinación con términos mentales. Este paradigma implica una descentralización de lo cerebral, en favor de una unidad explicativa organismo-en-el-medio (Gallagher 2018). Los hechos psicológicos son aquí relaciones entre un organismo y su mundo, posibilitadas por las condiciones de un medio particular, y no procesos internos puramente dependientes de la arquitectura cerebral. Este entorno se compone de diversos medios que interactúan entre sí, desde el medio físico-químico hasta el medio ecológico, que, si bien varía según la especie, es compartido por todas como un espacio de posibilidad para diferentes comportamientos. Esto contrasta con el medio convencional, exclusivo del ser humano, definido por el uso del lenguaje y el desarrollo cultural. Las propuestas de la psicología ecológica (Gibson 2000), el interconductismo (Ribes-Iñesta 2018) y diversas corrientes del enactivismo (Gallagher 2018) se fundamentan en estos supuestos, en oposición a las posturas tradicionales de la psicología cognitiva y las neurociencias cognitivo-computacionales.

Surge un problema significativo al reconocer que, dentro de las diversas disciplinas que abordan el estudio del comportamiento humano, existen múltiples teorías que proponen diferentes conceptos de “comportamiento”. Estos conceptos, a su vez, se vinculan con variadas perspectivas sobre el ser humano, cómo entenderlo y cómo y por qué estudiarlo. A continuación, veremos cómo la noción de comportamiento en las iniciativas relacionadas con las “ciencias del comportamiento” se alinea con los primeros paradigmas mencionados y las implicaciones de esta elección en cuanto a las formas adecuadas de conceptualizar y gobernar al ser humano en sociedad.

3. SESGOS COGNITIVOS Y FENOMENOLOGÍA MENTAL

Para explorar con mayor detalle el uso del término “comportamiento” en esta iniciativa específica, consultamos el documento institucional que le dio origen, tanto en su versión argentina como en otros países. A fines del 2014, el Banco Mundial publicó un informe titulado “Mente, Sociedad y Conducta”, el cual fue elaborado como sustento legitimador del desarrollo de intervenciones en políticas públicas fundamentadas en las evidencias de las denominadas ciencias del comportamiento. Según el prólogo, el informe “busca integrar los hallazgos recientes sobre las bases psicológicas y sociales de la conducta, para que tanto investigadores como profesionales del desarrollo puedan aplicarlos de forma más sistemática” (World Bank 2014 2). El documento se basa en un marco teórico específico para explicar el proceso de toma de decisiones humanas, derivado de la psicología cognitiva y comúnmente conocido como sistema de procesamiento dual. La versión de este sistema adoptada en el informe proviene de Kahneman (2003) y colaboradores. De acuerdo con esta perspectiva, el ser humano tiene dos sistemas de pensamiento, que difieren en cómo procesan e interpretan los estímulos externos para generar uno o más resultados, ya sean representaciones mentales que se pueden combinar y procesar de manera más compleja, o respuestas conductuales de algún tipo. El sistema 1, etiquetado como “automático”, se asocia con respuestas intuitivas de asociación rápida y bajo consumo de recursos cognitivos. Por otro lado, el sistema 2, “deliberativo”, se vincula con

respuestas más pausadas basadas en el razonamiento y la consideración detallada de los factores contextuales pertinentes al problema, con un uso intensivo de recursos cognitivos. Evans (2008) diferencian entre teorías de procesamiento dual que aluden a “sistemas” 1 y 2 y otras que se refieren a “tipos” 1 y 2. Según este autor, las teorías de “sistemas” describen, en líneas generales, dos conjuntos de procesos que no solo varían en funcionalidad sino también en localización cerebral, mientras que las teorías de “tipos” no presuponen que los procesos diferenciados (intuitivos versus racionales) correspondan a la actividad de áreas cerebrales específicas; en ambos “tipos” de procesamiento, las mismas áreas podrían estar involucradas. En relación con la interacción de ambos sistemas en la vida diaria, el documento indica lo siguiente:

Los sistemas automático y deliberativo interactúan. El sistema automático genera sin esfuerzo impresiones y sentimientos que son las fuentes principales de las creencias explícitas y elecciones reflexivas del sistema deliberativo. En situaciones rutinarias, usamos el sistema automático sin mucha supervisión por parte del sistema deliberativo, a menos que se lo provoque para que realice un chequeo. Normalmente pensamos sobre nosotros en términos del sistema deliberativo – el yo consciente racional- pero sin embargo operaciones automáticas generan patrones complejos de ideas que influyen casi todos nuestros juicios y decisiones (World Bank 2014 26-27).

A partir del establecimiento de esta diferenciación, a lo largo del informe se consideran ejemplos en la literatura de los llamados *sesgos cognitivos*, que se definen como errores sistemáticos en la toma de decisiones en contextos experimentales en los cuáles las respuestas de los sujetos se alejan de la respuesta lógica racional esperada al problema. La categorización de estos sesgos en la respuesta, observados mayoritariamente en preparaciones experimentales de juegos económicos, fue el punto de partida para el desarrollo de la disciplina conocida como *economía conductual*. Esta área de investigación se funda con el objetivo de contraponerse y superar las limitaciones de la concepción del sujeto inherente a la teoría económica clásica, el *Homo Economicus* (Kahneman 2003; Camerer 2013; Dolan et ál. 2012). Este supuesto

agente racional se comporta de forma tal de tomar decisiones en el ámbito social y económico con el objetivo de maximizar sus utilidades, asumiendo una capacidad de cálculo y acceso a la información relevante ilimitados. En base a la construcción de una taxonomía de sesgos cognitivos sistemáticos, se desarrolla un modelo de la estructura mental humana mediante el cual se pretende explicar las anomalías y desviaciones observadas experimentalmente, con el fin de corregir y actualizar el modelo del *Homo Economicus*. Se propone, entonces, la existencia de dos sistemas de procesamiento de información para la toma de decisión y acción consecuente: el Sistema 1, de ejecución rápida y automática, que toma decisiones en base a consideraciones intuitivas predeterminadas, muchas veces de forma no consciente al individuo; y el Sistema 2, que requiere un proceso de reflexión y deliberación activa por parte del individuo. A este modelo explicativo y sus variantes se los conoce como “teorías de procesamiento dual” (Evans 2008; Melnikoff & Bargh 2018).

Esta caracterización asume como saldado el debate respecto a la conceptualización adecuada tanto de la fenomenología de lo mental como de la metodología apropiada para su estudio. Cuando en estos artículos se utiliza la palabra “psicología”, en realidad se refieren específicamente a un enfoque, el (neuro)cognitivo, que busca explicar los fenómenos psicológicos a través de operaciones computacionales de representaciones mentales, manifestadas o llevadas a cabo en las interacciones de diferentes áreas cerebrales o circuitos neuronales (Marshall 2009; Hutto 2013; Ward et ál. 2017; Gallagher 2018). Por ejemplo, Camerer (2013), uno de los principales promotores del desarrollo del programa de investigación neuroeconómico, localiza las causas fundamentales de toda conducta, ya sea simple o compleja, a la actividad cerebral, tanto a nivel explicativo como de intervención:

Cada decisión individual -bajar una palanca de votación, firmar una hipoteca, pasar una tarjeta de crédito, planificar tener un hijo- es realizada por la actividad cerebral. Como economistas, acordamos en el objetivo de querer conocer las causas de las decisiones bajo condiciones de escasez y restricción institucional. Los cerebros toman esas decisiones. Por lo tanto, estudiar como el cerebro toma decisiones podría concebiblemente mejorar a las ciencias económicas

en sus propios términos. No hay tampoco dudas de que las tecnologías para entender la biología y actividad cerebral están mejorando y abaratándose; deberíamos adoptar su uso para entender a las decisiones, en algún grado. Más aún, el entendimiento más profundo posible sobre la biología de la decisión permitirá desarrollar las mejores políticas (Camerer 2013 426) (T. del A.).

Se presupone la existencia de una única psicología, sin mencionar los compromisos ontológicos y epistemológicos específicos sobre los objetos de conocimiento pertinentes a la disciplina. Las posiciones dominantes varían entre un cognitivismo funcional, que reconoce a los fenómenos mentales como objetos relevantes, pertenecientes a un nivel explicativo emergente con base neuronal, y un posible eliminativismo, como el observado en el ejemplo de Camerer, según el cual un entendimiento completo de la conducta se determinará finalmente por la neurobiología. Esto significa que se ve la conducta del individuo, especialmente su conducta de decisión preferencial, como la expresión final de un proceso esencialmente “interno”, en el que el ambiente y, por extensión, lo “social” están subordinados en su jerarquía explicativa, actuando simplemente como proveedores de estímulos o inputs a ser representados e interpretados. En algunos casos, también se consideran como moduladores del procesamiento de los outputs subsiguientes, generalmente a través de las emociones. El hipotético “cerebro en una tina” descrito por Searle es un ejemplo representativo de esta concepción. Según este escenario hipotético, dado que es en el cerebro donde reside la maquinaria biológica necesaria para representar el mundo exterior y los “mensajes” del mundo solo llegan a través de impactos fisicoquímicos en el sistema nervioso, seríamos esencialmente un cerebro en una “tina” formada por el cráneo (Gallagher 2018).

Las descripciones presentadas sobre los fenómenos de toma de decisiones económicas tienen similitudes con casos estudiados anteriormente, como un artículo que problematiza el uso del término “terrorismo” en investigaciones neurocognitivas sobre conductas violentas (Bloise, Arias & Folguera 2020). En ese estudio, se referían al “comportamiento terrorista” como un fenómeno abordable desde una perspectiva individual y neurocognitiva, basándose en la identificación de diferencias estadísticas

en las respuestas a tareas psicométricas entre individuos asociados a grupos guerrilleros y poblaciones de control, y hallando similitudes con poblaciones diagnosticadas con psicopatías (Baez et ál. 2017). Se dice, por ejemplo, que “el juicio moral parece comparable, en cierto grado, entre terroristas y sujetos con daños en regiones frontales y temporales involucradas en la cognición moral” (Baez et ál. 2017 5) y luego se agrega: “Esta comparación sugiere la necesidad de más investigaciones sobre los correlatos cerebrales del juicio moral en terroristas” (Baez et ál. 2017 5). La acción de predicar que un comportamiento es “terrorista” no se hace en base a la observación de nada que tenga que ver con alteraciones en la fisiología de la persona, como se sugiere en el artículo, sino con el contexto social, político e histórico, y es un predicado que atribuyen ciertos grupos de poder a las acciones de ciertos otros grupos. Pero no hay nada en el comportamiento en sí, morfológica o topográficamente, que pueda identificarlo con el terrorismo, porque la misma morfología se encuentra en acciones de otros grupos no considerados terroristas. Sin embargo, se considera que estos datos son informativos para tener un mayor conocimiento del supuesto fenómeno del “terrorismo”, como si el término identificara un fenómeno neurocognitivo discreto y generalizable que se expresaría en forma de ciertas conductas o patrones de respuesta específicos como *output*. Aquí se evidencia un proceso de simplificación, ya que se ha despojado al concepto de “terrorismo” de toda su complejidad sociológica, cultural y geopolítica para convertirlo en un conjunto particular de parámetros neurocognitivos y comportamentales. Este proceso de simplificación de la complejidad consiste en tomar términos asociados a uno a varios usos particulares, ya sea en el lenguaje técnico de otras disciplinas o en el lenguaje ordinario, distorsionando o ignorando los matices y límites conceptuales de uso que dichos términos tienen en su contexto original. Es decir, al término se lo “desnuda” de su significado en otras áreas para utilizarlo como parte de la formulación o descripción del objeto de estudio en una disciplina diferente, sin reconocer dicha apropiación. Al igual que ocurre con el uso del término “terrorismo” en el estudio mencionado, los enfoques basados en el procesamiento dual conciben a la conducta de decisión económica como un fenómeno computacional, cuyos factores causales relevantes corresponden al ámbito del funcionamiento cerebral interno.

Aun así, vale marcar algunas discrepancias y matices hacia dentro de las propias disciplinas neurocientíficas, aun cuando comparten metodologías y supuestos fundamentales sobre la relación mente-cerebro-conducta. A lo largo de su análisis Dow Schull y Zaloom (2011) muestran los desacuerdos de algunos investigadores importantes en el área respecto al modelo de procesamiento dual, particularmente por parte de aquellos provenientes de las ciencias biológicas. Desde aquel lado de la discusión, se niega la posibilidad de dividir a los procesos cognitivos en términos de las operaciones de dos sistemas opuestos y competitivos, y se hace énfasis en la unicidad del cerebro. Distintas regiones y circuitos pueden actuar asociados entre sí en mayor o menor medida, correlacionándose con ciertos tipos de acciones, pero existe una integración permanente entre todas las partes del órgano que es fundamental para su funcionamiento en cualquier situación. Se habilita a hablar de los sistemas de procesamiento dual como un constructo explicativo y predictivo útil a nivel de posibles alteraciones de la conducta, teniendo en cuenta su carácter de epifenómeno respecto a lo neural. La discusión se plantea entonces en términos de qué nivel explicativo es más adecuado a la hora de plantear descripciones y posibles soluciones a problemáticas relacionadas con la conducta de decisión. El procesamiento dual descrito en términos mentales toma un lugar frontal en la presentación de iniciativas de mejoramiento de la conducta, mientras que las explicaciones en términos neurobiológicos quedan “de fondo” como referencias obligadas. Es decir, toman el rol de sustento teórico con carácter de autoridad científica para proyectos de intervención política y concepciones ideológicas particulares sobre el individuo, la sociedad, y su interrelación.

4. LA SEMILLA DEL NEUROGOBIERNO

Siguiendo un patrón de creciente interés y penetración del discurso neurocientífico en la vida cotidiana, las teorías de la economía conductual ganaron notoriedad en la esfera pública, principalmente a partir de la publicación, en 2008, del libro *Nudge: Improving decisions about health, wealth and happiness* de Richard Thaler y Cass Sun-

tein. Este libro sería usado posteriormente como una referencia principal en el informe del Banco Mundial, siendo Sunstein miembro del grupo asesor en la elaboración del documento. Basándose en la versión de los sistemas de procesamiento dual de Kahneman, los autores distinguen entre los “econs”, aquellos agentes racionales utilitarios de la teoría económica clásica, y los humanos tal como existen en el mundo real. A diferencia de los econs, los humanos se ven sometidos a una serie de sesgos sistemáticos que impiden que tomen decisiones óptimas de manera consistente, ya que su juicio racional se ve muchas veces limitado por entrar en conflicto con el sistema automático/intuitivo. Este “cortocircuito” sería el responsable de tendencias impulsivas en el consumo, la sobrevaloración de recompensas inmediatas frente a beneficios a largo plazo, y la inconsistencia en la decisión al valorar la misma información de manera diferente según cómo se presenta, entre otros sesgos que los autores consideran relevantes para explicar las desviaciones y crisis de mercado. Sin embargo, la solución a estas problemáticas también se encontraría en su propia causa, ya que la estrategia propuesta por los autores consiste en aprovechar la existencia de este sistema cognitivo automático/intuitivo para influir sutilmente en la conducta de los ciudadanos, basándose en modificaciones de lo que llaman la “arquitectura de decisión”. Con este término, se refieren a los espacios físicos combinados con distintas señales y normas “sociales” donde las personas actúan y toman decisiones en su vida cotidiana. Llamamos nudges (empujones) a las distintas modificaciones posibles de las arquitecturas que guían a las personas hacia conductas y decisiones de vida deseables.

A partir de la apelación a las evidencias neuroeconómicas sobre la teoría de procesamiento dual, los autores construyen un modelo del individuo humano y su relación con el entorno:

La imagen que emerge es una de gente ocupada intentando afrontar un mundo complejo en el que no pueden darse el lujo de pensar en profundidad cada decisión a tomar. Las personas adoptan reglas sensatas que a veces los llevan por mal camino. Porque están ocupados y su atención es limitada, aceptan las preguntas como vienen en lugar de intentar determinar si sus respuestas cambiarían si se las formularan de otra manera. El resultado final es, desde nuestro

punto de vista, que las personas son “empujables”. Sus elecciones, incluso en las decisiones más importantes de la vida, se ven influenciadas de formas que no pueden ser anticipadas en el marco económico estándar (Thaler & Sunstein 2009 7) (T. del A.)

Entonces, según este relato, la investigación neurocognitiva habría revelado al ser humano como una criatura con dos sistemas de pensamiento adaptados a distintas situaciones. Por un lado, tenemos decisiones rápidas basadas en información limitada, generadas en áreas de la corteza profunda, útiles para reaccionar ante los peligros de un ambiente hostil. Por otro lado, están las decisiones reflexivas que involucran áreas prefrontales de desarrollo más reciente y que permiten niveles más elevados de abstracción. Sin embargo, dado que el mundo actual es exponencialmente más complejo en cantidad y sofisticación de estímulos, depositar una confianza excesiva en el sistema automático/intuitivo por parte de la mayoría de individuos podría causar problemas socioeconómicos a nivel poblacional. Una vez presentado este modelo de un ser humano cognitivamente fallido, los autores introducen su propuesta de intervención social. Se proponen como una “tercera vía” intermedia entre la intervención estatal mediante regulaciones, leyes o incentivos directos y un liberalismo puro, donde el Estado se abstiene de cualquier tipo de intromisión sobre las elecciones de vida de los miembros de la sociedad (Leggett 2014).

Ciertos críticos, provenientes de los estudios filosóficos y sociales de la ciencia, advierten sobre la expansión de la lógica del llamado “neurogobierno”, y en particular sobre la idea de sujeto que subyace a las promesas del discurso “neuro”. Desde esta perspectiva, las problemáticas sociales a resolver no son más que el agregado de decisiones de actores individuales. Estos ya no son idealmente racionales, como en la visión clásica, sino que poseen un potencial de racionalidad que se ve disminuido y sesgado por componentes emocionales y heurísticas de conducta intuitiva. Estas últimas tuvieron beneficios evolutivos en un ambiente primitivo, pero resultan perjudiciales al tomar decisiones en la vida moderna. Para Dow Schull y Zaloom, esto representa un mero enmascaramiento del concepto de actor racional:

El afán de la neuroeconomía por ir más allá del actor racional de la economía y la filosofía política clásicas languidece en tanto que su modelo de sistemas duales recupera el sujeto humano al que siempre se han referido la gobernanza liberal y sus técnicos políticos. Aunque los defensores de los sistemas duales remodelan este sujeto como neurológico en lugar de moral, y como un actor racional incipiente, en lugar de consistente, preservan intacta su capacidad esencial de racionalidad -y, por tanto, de gobernabilidad dentro de un marco liberal. En otras palabras, aunque relegan esta capacidad desde una “voluntad” irreductible y abstracta del *Homo economicus* hacia los mecanismos materiales y químicos de un “homúnculo económico” en el cerebro, permiten, sin embargo, que siga prevaleciendo el actor racional al timón de la gobernanza liberal (Dow Schull & Zaloom 2011 18) (T. del A.).

Es decir, lo que se observa es un intento aparente de alejarse de la concepción del actor racional, propia de la economía clásica y la filosofía política liberal, mediante la consideración de los factores irracionales y emocionales del sujeto humano. Sin embargo, el *Homo economicus* racional sigue siendo el referente que guía los objetivos de las intervenciones. La intención ahora es moldear al incipiente actor racional que reside dentro del sujeto, pero que está impedido por sus limitaciones neurobiológicas. Jones et ál. (2011) sitúan al surgimiento del “paternalismo libertario” en un contexto histórico de debilidad del modelo económico neoliberal, donde fue necesario construir una explicación que revelara por qué los humanos actúan de maneras que no son coherentes para los economistas. Desde esta perspectiva, los autores argumentan que uno de los factores principales del surgimiento de esta forma incipiente de “neurogobierno” no se debe a un cambio ideológico dentro de la racionalidad del gobierno liberal. Es la capacidad tecnológica de generar y analizar conjuntos de datos sobre la conducta de decisión personal y cotidiana a nivel poblacional lo que permite gobernar la irracionalidad ya implícita del sujeto humano. Leggett (2014) lo ubica explícitamente en un marco de readaptación del discurso neoliberal, donde “el nudge se sitúa a la vanguardia de la fase de despliegue del neoliberalismo: la irra-

cionalidad humana y la complejidad emocional no se ven como una refutación de la teoría económica neoliberal, sino como el medio de relegitarla” (Leggett 2014 9).

De manera similar, Whitehead et ál. (2019) emplean el concepto de neoliberalismo para contextualizar la neuroeconomía como una respuesta pretendidamente científica a los postulados de la teoría liberal clásica y como práctica de gobierno. Según su análisis, el rechazo al pensamiento liberal es solo aparente, y lo que realmente se observa es un intento de adaptación creativa en respuesta a una crisis de legitimidad de los modelos neoliberales. Un aspecto clave de esta adaptación es cómo se conceptualizan el contexto temporal y espacial en las explicaciones y propuestas neuroeconómicas. Al considerar los aspectos temporales, notan que el enfoque se centra en la rutina diaria como una serie de hábitos y rutinas, objetivos de las intervenciones conductuales, sin reconocer que estos patrones emergen de contextos intergeneracionales y de historias de vida. Similarmente, en cuanto a los aspectos espaciales, el foco se sitúa en el espacio de las prácticas individuales (como el lugar de trabajo específico o los distintos lugares de consumo) como entidades aisladas, sin considerar sus interconexiones ni su relación con otros espacios, no solo físicos sino también institucionales. Para estos autores, este énfasis en factores contextuales superficiales indica que las indagaciones de la neuroeconomía no tienen un objetivo epistemológico de generar un modelo de comportamiento más completo o más cercano a la complejidad humana real que el *Homo economicus*, sino que persiguen una lógica de mera generación de herramientas y dispositivos para modificar la conducta.

En una lectura relacionada, Nikolas Rose y sus colaboradores introducen el concepto de “individualidad somática” para aludir a una transformación generalizada de lo que entendemos por “persona”, donde se establecen nuevas interacciones entre el cuerpo y el yo. Esta transformación no solo implica un cambio en las ideas y discursos científicos, sino también una alteración en las presuposiciones sobre el ser humano integradas en diversas prácticas (Novas & Rose 2000). Inicialmente, se describe al cuerpo configurado desde una perspectiva clínica, herencia de finales del siglo XIX. Este cuerpo, concebido como un sistema de sistemas y órganos interrelacionados, se situó también en un cuerpo social, igualmente compuesto por

sistemas interconectados mediante flujos. Esta visión fue esencial para el desarrollo de las estrategias eugenicistas de la primera mitad del siglo XX, que aspiraban a sanar al “cuerpo social”. La subsiguiente revolución molecular conllevó un cambio en el nivel de enfoque sobre la vida, y, por lo tanto, sobre el cuerpo (Rose 2001). La vida fue entonces imaginada y explicada en términos de sus componentes y procesos moleculares y las intervenciones sobre el cuerpo viviente comenzaron a plantearse en términos de las composiciones moleculares de productos farmacológicos. Este giro fue acompañado por una modificación en la percepción de la relación entre Estados e individuos en relación con la búsqueda de una vida saludable:

Hoy, sin embargo, la justificación del interés político en la salud de la población ya no se enmarca en términos de las consecuencias de la discapacidad de la población como un todo orgánico en la pugna entre naciones. En su lugar, se presenta en términos económicos (los costos de la mala salud en términos de días de trabajo perdido o problemas de seguros) o morales (el imperativo de reducir las desigualdades en salud) (Rose 2001 5) (T. del A.).

Según Rose, en esta concepción del yo contemporáneo, al individuo libre le corresponde hacerse responsable de su estrategia de vida mediante actos de decisión informados, no solo en lo relacionado con la salud, sino también en todos los demás aspectos de la vida social que lo consoliden como un miembro productivo de la sociedad. Aunque inicialmente este “individuo somático” se planteó en el contexto del análisis del concepto de “riesgo genético” asociado a las nuevas tecnologías de secuenciación que permitían asignar probabilidades de padecer ciertas enfermedades o trastornos, la explosión del discurso “neuro” también puede verse como parte de ese proceso. En particular, según Rose, durante el siglo xx se consolidó un estilo de pensamiento denominado “mirada neuromolecular” (Abi-Rached & Rose 2010; Rose & Abi-Rached 2013). Lo que antes pertenecía exclusivamente a la psiquis y a las disciplinas enfocadas en su estudio, empezó a fundamentarse y mapearse en el espacio corporal del cerebro. Este cerebro se concibió como un sistema biológico complejo, sujeto a ser diseccionado y estudiado en diversos niveles de análisis: mo-

lecular, celular, morfológico, fisiológico, conductual, entre otros. Esto implicó una transformación del objeto de estudio: por un lado, estaba el cerebro y sus “productos” (como la memoria, las emociones, o, en el caso abordado en este artículo, las conductas de decisión económica) y, por otro, el sujeto, el organismo que ahora se considera divisible, reducible a rasgos, comportamientos, células, genes y procesos cerebrales (como la visión o la conciencia), hasta llegar a elementos atómicos: partes neuromoleculares que podían ser “diseccionadas” y analizadas de manera independiente del conjunto. Así, afirma Rose:

la conciencia, el aprendizaje, el comportamiento, la memoria y todos los aspectos de la neurobiología podían ahora investigarse mediante un enfoque que, por un lado, simplificaba radicalmente el problema a estudiar y, por otra parte, se basaba en un diálogo interdisciplinario caracterizado por una perspectiva molecular compartida (Abi-Rached & Rose 2010 23) (T. del A.)

Dentro de este contexto, se destaca especialmente la capacidad de plasticidad del órgano cerebral, que es susceptible a ser alterado mediante diversas intervenciones. Estas pueden ser químicas, como en el caso de la proliferación de trastornos mentales y sus tratamientos, o de tipo conductual que ofrecen la posibilidad de reformar el soma mediante decisiones conscientes y reflexivas, corrigiendo así los denominados sesgos mentales. Rose lo describe de la siguiente manera:

Las pedagogías de la “conciencia cerebral” y el auge de las prácticas y dispositivos para trabajar sobre el cerebro al servicio de la mejora de uno mismo encajan cómodamente con un conjunto más general de técnicas para trabajar sobre el yo somático con el fin de maximizar nuestro bienestar. En nombre de mejorar el bienestar de nuestras sociedades, cada uno de nosotros es instado a aprender las técnicas para gestionar nuestros cerebros plásticos, abiertos y mutables para vivir una vida responsable. Las tecnologías del del yo neurobiológico encajan cómodamente con las creencias contemporáneas de que podemos mejorarnos a nosotros mismos conociendo y gestionando nuestro yo somático, corporal, cerebralizado (Rose 2001 17) (T. del A.)

Esta descripción concuerda con los esfuerzos de gestión de la conducta discutidos en este artículo. El rol de los expertos incluidos en las “ciencias del comportamiento” en estas iniciativas es proporcionar fundamento y justificación científica a un discurso específico sobre la naturaleza y del individuo humano y su relación con la sociedad. Este discurso, a su vez, facilita y promueve la construcción de propuestas de políticas públicas alineadas con una corriente político-ideológica específica. Se revela como un potencial dispositivo de control cuyo objetivo es estructurar los distintos espacios de la vida cotidiana de los individuos de manera que sus comportamientos colectivos se alineen lo más posible con los entes racionales ideales del modelo tradicional. El aspecto social, cuando es mencionado, queda limitado a ambiguas referencias a la cultura o a las costumbres y hábitos de las comunidades, cuyo rol es formar parte del “contexto” superficial e inmediato donde cada decisión de interés es tomada por el individuo.

5. CONCLUSIÓN

A modo de cierre de este recorrido, recuperamos una serie de preguntas a modo de resumen de lo trabajado en el artículo, tratando de esbozar posibles respuestas o al menos clarificaciones a cada una de ellas, articulando aspectos de lo visto en las secciones anteriores.

¿Desde qué ciencias y marcos teóricos específicos se está argumentando? Según nuestras investigaciones, las iniciativas basadas en las “ciencias del comportamiento” se nutren de teorías y conceptos de un tipo específico de psicología: la cognitiva. Esto omite el hecho de que la psicología no es una disciplina unificada sino un campo en disputa, donde se ponen en juego teorías y prácticas que ofrecen diferentes definiciones de su objeto de estudio, fenómenos de interés y metodologías adecuadas. El paradigma predominante es internalista, donde las explicaciones causales relevantes de las distintas conductas se atribuyen a las operaciones mentales de las representaciones formadas a partir de estímulos sensoriales. Además, la versión de la psicología cognitiva referenciada en el documento del Banco Mundial, siguiendo

a autores como Kahneman y Camerer, parece haber perdido su autonomía, siendo progresivamente subsumida por justificaciones y terminología predominantemente neurobiológicas y hasta evolutivas. En los discursos examinados, los sistemas de procesamiento dual utilizados como modelo explicativo son, en última instancia, manifestaciones funcionales de la arquitectura cerebral, adaptada evolutivamente para abordar desafíos típicos del entorno primitivo, lo que explicaría los sesgos y dificultades de funcionamiento que persisten hoy en día.

El análisis anterior nos provee de una arista para abordar la segunda cuestión: ¿qué noción de “comportamiento” aparece en estas iniciativas y qué compromisos epistemológicos implica? El comportamiento de los organismos, incluida la toma de decisiones en los seres humanos, se interpreta en estas propuestas como el paso final exteriorizado de una cadena causal lineal que comienza con la recepción de inputs sensoriales del entorno inmediato, continúa con la elaboración y manipulación de representaciones mentales con base neuronal, y culmina en la ejecución de alguna acción conductual (Yin 2020). Hay aquí dos tipos de hechos: los mentales/neurales que suceden en el cerebro y funcionalmente en la mente, y los eventos corporales que son las acciones y respuestas conductuales ante el mundo. Los hechos corporales son subsidiarios a los hechos mentales/neurales, teniendo carácter de epifenómenos respecto al agente neural (Ribes-Iñesta 2000). El comportamiento cumple aquí un doble rol, siendo el indicador de la ocurrencia de los procesos mentales/neurales y a su vez el objeto que se explica a partir de esos procesos. El “ambiente/contexto” se configura como un ámbito externo de modulación para los sistemas cognitivos internos, mientras que la “conducta de decisión” se configura como un indicador del adecuado o inadecuado funcionamiento de los sistemas de procesamiento, en función de su correlación con indicadores de actividad en áreas cerebrales específicas.

Se define una esfera superficial de estímulos cercanos al individuo, que, al sucederse o alterarse constantemente, pueden favorecer la formación de hábitos por parte de los sistemas cognitivos. Falta la noción de una evolución o desarrollo integral del perfil conductual, o la construcción de una historia de vida que no sea simplemente la acumulación de momentos aislados. En este contexto, el “ambiente/contexto” se equipara a una “arquitectura de decisión”, donde la importancia de los

estímulos es determinada por el observador, basándose en investigaciones y suposiciones sobre las posibles preferencias de los individuos, siempre desde una perspectiva estadística. En contraposición, el “comportamiento” se transforma en “conducta de decisión”, que se manifiesta en respuestas generalmente binarias, como “consumir/no consumir cierto producto” entre varias opciones o “aceptar/no aceptar cierta transacción” bajo determinadas condiciones. En el núcleo de este enfoque se halla el objeto de estudio de estas “ciencias del comportamiento”: el sistema cognitivo dual, compuesto por operaciones mentales que se manifiestan y se explican a través de mecanismos neurales. El protagonista en este esquema es el cerebro, que dirige al cuerpo y lleva a cabo acciones mediante los sistemas cognitivos. Aunque se destaca la plasticidad cerebral y la capacidad de generar y modificar diferentes conductas, se considera que su alcance está limitado por las condiciones evolutivas en un ambiente primitivo específico, muy diferente a las actuales “arquitecturas de decisión”. Los “sesgos cognitivos” surgen como manifestaciones de deficiencias en la dinámica del proceso cognitivo, pero que son corregibles desde el exterior.

Llegamos entonces a la tercera pregunta: ¿qué ideas sobre la naturaleza del ser humano y su lugar en el entramado social subyacen a este tipo de propuestas? Como hemos visto, ya desde su origen los estudios cognitivos de las decisiones económicas tuvieron entre sus objetivos corregir y actualizar la noción de agente racional prevalente en los modelos económicos clásicos, el *Homo economicus*. La identificación de desviaciones consistentes en las respuestas a diferentes configuraciones experimentales (los “sesgos cognitivos”) proporcionó la base empírica para redefinir un modelo del ser humano en su contexto decisional, presumiblemente más alineado con la realidad diaria y con mayor capacidad predictiva. La habilidad conductual ya no se basa únicamente en procesos de razonamiento reflexivo, orientado a fines de maximización de utilidades, sino que también se ven influenciados por procesos intuitivos con marcados elementos emocionales, alejados del control consciente. A diferencia del *Homo economicus*, el sujeto humano actualizado arrastraría una inherente irracionalidad, producto de la configuración de sus estructuras cognitivas. No obstante, más que una refutación del paradigma tradicional, lo que observamos es una transición dentro de un mismo marco esencial, donde el *Homo economicus* evoluciona de ser el

sujeto operacionalizado en el modelo a un constructo ideal para comparación. En resumen, el sujeto humano se conceptualiza como un potencial *Homo economicus*, condicionado y limitado por los aspectos irracionales de su sistema de pensamiento. Esencialmente, esta transición conserva la noción del comportamiento como expresión final de un proceso interno individual, basado en la representación de objetos de un mundo que está “ahí afuera”, ya dado. Se retiene lo que, según Sampson (1981), es un enfoque central de la psicología cognitiva y, sostenemos nosotros, de las disciplinas que han adoptado elementos de su marco teórico, como la economía conductual y la neuroeconomía:

El énfasis cognitivista en el que mucha de la psicología contemporánea participa presente un retrato de la humanidad en el que los eventos mentales, las actividades mentales, las operaciones mentales, la organización mental, y las transformaciones mentales son de mayor importancia que los eventos, actividades, operaciones, la organización, o la transformación del mundo exterior. Más aún, no solo se aíslan a estas operaciones mentales de sus raíces objetivas en la práctica social e histórica, pero además, al localizarse en la mente del individuo, aíslan a las personas de poder actuar efectivamente para cambiar sus circunstancias en vez de su entendimiento subjetivo de dichas circunstancias (Sampson 1981 733) (T. del A.).

En el marco propuesto por estas teorías el individuo no emerge como producto de un proceso de socialización, donde los procesos de toma de decisiones en diversos contextos y circunstancias de la vida social se interpretan como interacciones únicas entre el desarrollo psicológico individual y las características de las comunidades en las que se integra (Ribes-Iñesta 2018). Aquello sobre lo que se pretende actuar es un cuerpo, y más particularmente un cerebro con numerosas funciones cognitivas asignadas, cuyo comportamiento puede ser influenciado, modificado o reforzado según particularidades o “accidentes” de su evolución como órgano rector del comportamiento. Nos encontramos con un individuo que es, o se aspira a que sea, simultáneamente activo y pasivo. Activo porque, retomando la “individualidad

somática” de Rose, se pretende que cada individuo se reconozca a sí mismo como portador de una irracionalidad determinada neurobiológicamente, llevándola a supervisar y “entrenar” sus propios sistemas cognitivos con el apoyo de los expertos en ciencias del comportamiento; pasivo porque, refiriéndonos nuevamente a Sampson, el objetivo es modificar las percepciones y racionalizaciones internas del mundo exterior por parte de un sujeto aislado, cuya relación con dicho mundo no es constructiva, sino fundamentalmente reactiva.

REFERENCIAS

- Abi-Rached., Joelle M., and Nikolas Rose. “The Birth of the Neuromolecular Gaze.” *History of the Human Sciences* 23.1 (2010): 11-36. <<https://doi.org/10.1177/0952695109352407>>
- Baez, Sandra et ál. “Outcome-Oriented Moral Evaluation in Terrorists”. *Nature Human Behaviour* 1.6 (2017): 0118. <<https://doi.org/10.1038/s41562-017-0118>>
- Bickle, John. “Reducing Mind to Molecular Pathways: Explicating the Reductionism Implicit in Current Cellular and Molecular Neuroscience”. *Synthese* 151.3 (2006): 411-434. <<https://doi.org/10.1007/s11229-006-9015-2>>
- Bloise, Leonardo., Arias, Carlos., y Guillermo Folguera. “Omisiones y simplificaciones en el estudio de la cognición moral. Análisis de casos paradigmáticos desde la Filosofía de la Biología”. *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur: Selección de Trabajos del XI Encuentro AFHIC*. Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur (2020): 109-122. <<http://hdl.handle.net/11336/166815>>
- Camerer, Colin F. “Goals, Methods, and Progress in Neuroeconomics”. *Annual Review of Economics* 5.1 (2013): 425-455. <<https://doi.org/10.1146/annurev-economics-082012-123040>>
- Churchland, Paul M. “Eliminative Materialism and the Prepositional Attitudes”. *Contemporary Materialism*. Routledge, 2002. 166-185.

- Consejo Económico y Social. “El presidente Alberto Fernández anunció la creación de la Unidad de Ciencias del Comportamiento y Políticas Públicas”. *Argentina.gob.ar*. N.p., 20 jul. 2021. Web. <<https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-presidente-alberto-fernandez-anuncio-la-creacion-de-la-unidad-de-ciencias-del>>
- Dolan, P. et ál. “Influencing Behaviour: The Mindspace Way”. *Journal of Economic Psychology* 33.1 (2012): 264-277. <<https://doi.org/10.1016/j.joep.2011.10.009>>
- Dow Schüll, Natasha, y Caitlin Zaloom. “The Shortsighted Brain: Neuroeconomics and the Governance of Choice in Time”. *Social Studies of Science* 41.4 (2011): 515-538. <<https://doi.org/10.1177/0306312710397689>>
- Evans, Jonathan St. B. T. “Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgment, and Social Cognition”. *Annual Review of Psychology* 59.1 (2008): 255-278. <<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629>>
- Gallagher, Shaun. “Decentering the Brain: Embodied Cognition and the Critique of Neurocentrism and Narrow-minded Philosophy of Mind”. *Faculty of Law, Humanities and the Arts-Papers*. 14.1 (2018): 8-21. <<https://ro.uow.edu.au/lhapapers/3784>>
- Gibson, Eleanor Jack., y Anne D. Pick. *An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development*. USA: Oxford University Press, 2000.
- Hutto, Daniel D. “Psychology Unified: from Folk Psychology to Radical Enactivism”. *Review of General Psychology* 17.2 (2013): 174-178. <<https://doi.org/10.1037/a0032930>>
- Jones, Rhys., Jessica Pykett., y Mark Whitehead. “Governing Temptation: Changing Behaviour in an Age of Libertarian Paternalism”. *Progress in Human Geography* 35.4 (2011): 483-501. <<https://doi.org/10.1177/0309132510385741>>
- Kahneman, Daniel. “Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics”. *American Economic Review* 93.5 (2003): 1449-1475. <<https://www.doi.org/10.1257/000282803322655392>>
- Leggett, Will. “The Politics of Behaviour Change: Nudge, Neoliberalism and the State”. *Policy & Politics* 42.1 (2014): 3-19. <<https://doi.org/10.1332/030557312X655576>>

- Marshall, Peter J. “Relating Psychology and Neuroscience: Taking up the Challenges”. *Perspectives on Psychological Science* 4.2 (2009): 113-125. <<https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2009.01111.x>>
- Melnikoff, David E., y John A. Bargh. “The Mythical Number Two”. *Trends in Cognitive Sciences* 22.4 (2018): 280-293. <<https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.02.001>>
- Novas, Carlos, y Nikolas Rose. “Genetic Risk and the Birth of the Somatic Individual”. *Economy and Society* 29.4 (2000): 485-513. <<https://doi.org/10.1080/03085140050174750>>
- Osman, Magda et ál. “Learning from Behavioural Changes That Fail”. *Trends in Cognitive Sciences* 24.12 (2020): 969-980. <<https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.09.009>>
- Ribes Iñesta, Emilio. “Las psicologías y la definición de sus objetos de conocimiento”. *Revista Mexicana de análisis de la conducta* 26.3 (2000): 367-383. <<https://doi.org/10.5514/RMAC.V26.I3.23502>>
- _____. “Behavior Is Abstraction, Not Ostension: Conceptual and Historical Remarks on the Nature of Psychology”. *Behavior and Philosophy* 32.1 (2004): 55-68. <<http://www.jstor.org/stable/27759471>>
- _____. *El estudio científico de la conducta individual: Una introducción a la teoría de la psicología*. Ed. Morales Saavedra, José. México: El Manual Moderno, 2018.
- _____. “El objeto de la psicología como ciencia: relación sin ‘cuerpo-substancia’”. *Acta Comportamental: Revista Latina De Análisis Del Comportamiento* 27.4 (2019): 463-480. <<https://revistas.unam.mx/index.php/acom/article/view/72026>>
- Rose, Nikolas S., y Joelle M. Abi-Rached. *Neuro: The New Brain Sciences and the Management of the Mind*. Princeton, N.J: Princeton University Press, 2013.
- Rose, Nikolas. “The Politics of Life Itself”. *Theory, Culture & Society* 18.6 (2001): 1-30. <<https://doi.org/10.1177/02632760122052020>>
- Ryle, Gilbert. *El concepto de lo mental*. Argentina: Paidós, 1967.

- Sampson, Edward E. "Cognitive Psychology as Ideology". *American psychologist* 36.7 (1981): 730-743. <<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.36.7.730>>
- Thaler, Richard H., y Sunstein, Cass R. *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Penguin, 2009.
- van der Linden, Sander, y Elke U Weber. "Editorial Overview: Can Behavioral Science Solve the Climate Crisis?" *Current Opinion in Behavioral Sciences* 42.1 (2021): iii-viii. <<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.09.001>>
- Ward, Dave., Silverman, David., y Villalobos, Mario. "Introduction: The Varieties of Enactivism". *Topoi* 36.3 (2017): 365-375. <<https://doi.org/10.1007/s11245-017-9484-6>>
- Whitehead, Mark. "Neuroliberalism: Cognition, Context, and the Geographical Bounding of Rationality". *Progress in Human Geography* 43.4 (2019): 632-649. <<https://doi.org/10.1177/0309132518777624>>
- World Bank. "World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior." *International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank*. Washington D.C., 2014. <<https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Publications/WDR/WDR%202015/WDR-2015-Full-Report.pdf>>
- Yin, Henry. "The Crisis in Neuroscience". *The Interdisciplinary Handbook of Perceptual Control Theory*. Elsevier, 2020. 23-48. <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818948-1.00003-4>>

EL CONCEPTO DE OBSERVACIÓN EN LUDWIK FLECK. APORTES PARA UNA EPISTEMOLOGÍA SOCIO-HISTÓRICA*

THE CONCEPT OF OBSERVATION IN LUDWIK FLECK. CONTRIBUTIONS TO A SOCIO-HISTORICAL EPISTEMOLOGY

JOSÉ ALEJANDRO LÓPEZ JIMENÉZ
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Ciudad de México, México.
alejandrolopezjimenezuno@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9438-1964>



RESUMEN

El presente artículo busca recuperar la noción de observación científica en la teoría epistemológica de Ludwik Fleck. Mediante el análisis de este concepto, así como de otros como estilos de pensamiento y colectivos de pensamiento, se busca describir las bases socio-históricas presentes en la perspectiva de Fleck para entender la evolución del pensamiento científico más allá de los elementos tradicionales del realismo clásico. El estudio de los aspectos históricos y culturales en la formación de los estilos de pensamiento permite un acercamiento al trabajo científico no desde una perspectiva abstracta y distante de las condiciones sociales, sino desde el interior de los colectivos y sus dinámicas de producción de conocimiento. La propuesta de Fleck se relaciona con teorías y corrientes contemporáneas de la sociología de la ciencia y de la epistemología de las

* Este artículo se debe citar: López Jiménez, José Alejandro. “El concepto de observación en Ludwik Fleck. Aportes para una epistemología socio-histórica”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 163-183. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4253>

ciencias sociales; por ello, revisar su pensamiento amplía el ámbito de aplicación de una epistemología socio-histórica.

Palabras clave: Ludwik Fleck; epistemología; sociología de la ciencia; observación científica; Gestalt.

ABSTRACT

The present article seeks to recover the notion of scientific observation in Ludwik Fleck's epistemological theory. Through the analysis of this concept, as well as others such as styles of thought and thought collectives, the aim is to describe the socio-historical foundations present in Fleck's perspective to understand the evolution of scientific thought beyond the traditional elements of classical realism. The study of historical and cultural aspects in the formation of thought styles allows an approach to scientific work not from an abstract perspective distant from social conditions, but from within the collectives and their knowledge production dynamics. Fleck's proposal relates to contemporary theories and currents of the sociology of science and the epistemology of the social sciences; therefore, reviewing his thought broadens the scope of application of a socio-historical epistemology.

Keywords: Ludwik Fleck; epistemology; sociology of science; scientific observation; Gestalt.

1. INTRODUCCIÓN

El pensamiento epistemológico de Ludwik Fleck permaneció desconocido durante décadas y prácticamente en el olvido, debido principalmente a causas históricas. Los aspectos biográficos de este médico polaco son por demás coyunturales a eventos socio-históricos de gran magnitud que posiblemente tuvieron un efecto decisivo en su posterior pensamiento. Fleck padeció primero la invasión soviética a Polonia y, posteriormente, la invasión nazi. Durante la Segunda Guerra Mundial, estuvo cautivo en el gueto de Lwow, trabajando en experimentos médicos al servicio de la Alemania nazi. Luego fue trasladado al campo de concentración de Auschwitz y, posteriormente, al de Buchenwald. Privilegio concedido especialmente a bacteriólogos y biólogos ya que el plan de los nazis era convertir el campo de Buchenwald en un equivalente del Instituto Pasteur de Paris (Weindling 2001 92). En 1948, participó en los procesos de Núremberg, donde declaró, en calidad de especialista, sobre los experimentos nazis relacionados con la creación de vacunas. Con el tiempo, Fleck logró recuperar su prestigio y posición en Polonia, donde trabajó incansablemente en sus investigaciones médicas hasta su fallecimiento en 1961.

Estos hechos histórico-biográficos le impidieron, entre otras cosas, exiliarse como muchos otros intelectuales y científicos de su época, quienes eran sus interlocutores naturales. Entre ellos se encontraban los filósofos del Círculo de Viena y figuras como Karl Popper, Rudolf Carnap y Carl Hempel, quienes pudieron continuar con sus investigaciones fuera de Europa. Esta situación influyó en el destino de su obra principal, *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* (Fleck 1986), publicada en 1935. Un año antes, en 1934, Karl Popper había publicado otro importante libro sobre epistemología, *La lógica de la investigación científica* (Popper 1980). Sin embargo, el libro de Fleck no alcanzó la repercusión mundial que sí logró el de Popper.

Existen varias razones por las que el libro de Fleck sucumbió a los factores externos de su tiempo que él tanto enfatizó en su epistemología. Por ejemplo, Schäfer y Schnelle argumentan:

El libro parecía tener todas las cualidades para estar predestinado al éxito; sin embargo, no tuvo ninguna repercusión. Para explicar este fracaso no basta decir que todo libro tiene su propio destino, o que el libro de Fleck se adelantaba a su época. Tampoco se puede atribuir su suerte a la oscuridad de algunos de sus pasajes. El destino del libro estuvo indisolublemente unido al de su autor y al de su época. Fueron precisamente esos condicionantes externos de la ciencia que Fleck había examinado en su libro los que apenas permitieron su recepción (Schäfer & Schnelle, citados en Pérez Marín 2010 131).

Otros autores sostienen que gran parte del olvido se debe, por un lado, a que Fleck fue contemporáneo de Popper y, por otro, a su enfrentamiento con el Círculo de Viena (Pérez Marín 2010 132). No es coincidencia que los libros de Popper y Fleck se publicaran en años similares. Ambas obras responden a las teorías dominantes del positivismo lógico y buscaban abrir nuevos caminos para el desarrollo de la investigación científica, más allá de los fundamentos empíricos inductivistas y atomistas del positivismo clásico. Sin embargo, la propuesta de Fleck no solo desafía los presupuestos del positivismo, sino que su enfoque se adelanta varias décadas. Para ser exactos, hasta los años 60, cuando se publica otro libro fundamental para la historia de la ciencia: *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn, en 1962. Es con la teoría de Kuhn donde las ideas de Fleck encuentran resonancia y establecen conexiones sobre la influencia de la historia y lo social en la estructuración del pensamiento científico.

Así pues, la tesis de este artículo es recuperar el concepto de observación científica de Fleck y sus implicaciones para la configuración de una epistemología socio-histórica diferente a la propuesta por Kuhn, pero con suficiente solidez como para constituirse en un enfoque autónomo. La argumentación descriptiva de los conceptos fundamentales de Fleck, en particular el de observación, del cual se deriva la constitución de un hecho científico, nos permite esclarecer sus contribuciones a la concepción tradicional de la ciencia y, simultáneamente, vislumbrar las rutas socio-históricas que su epistemología inauguró. Dicho de otro modo, aunque a Fleck se le considere un precursor de Kuhn en ciertos aspectos, desde la perspectiva aquí

presentada, es un autor original cuyas ideas deben ser analizadas en los términos propios de Fleck, y no en comparación con teorías posteriores que siguieron el camino que él delineó.

2. LA OBSERVACIÓN COMO UNA *GESTALT*

Existen dos presupuestos de la concepción estándar sobre la observación científica: uno es que la ciencia comienza con la observación; el otro es que la observación comienza con la teoría (Chalmers 2008 39).

Chalmers denomina al primero como *inductivismo ingenuo*, el cual sostiene que la ciencia es producto de una cantidad suficiente de observaciones. Estas, al repetirse de forma reiterada, proporcionan la base para construir nuevo conocimiento. “Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación; la observación proporciona una base segura sobre la que se puede construir el conocimiento científico, y el conocimiento científico se deriva, mediante la inducción, de los enunciados observacionales” (Chalmers 2008 27).

El segundo presupuesto de la concepción heredada sostiene que la teoría precede al conocimiento científico. Chalmers lo denomina *inductivismo sofisticado*. Aunque el inductivista sofisticado reconoce que no existen observaciones puras y que simplemente acumular observaciones no constituye un hecho científico, y acepta que toda observación está influenciada por ideas previas, experiencias y expectativas enmarcadas en una teoría, no logra percibir que dichas experiencias o preconcepciones no son meramente individuales. Estas se sitúan en contextos socio-históricos más amplios, lo que implica que su observación *no es estrictamente personal*.

Esta supuesta rigurosidad en la observación, ya sea ingenua o sofisticada, sobre los objetos y el conocimiento posterior derivado de esas observaciones, constituye el núcleo de la epistemología positivista, también denominada concepción heredada. En ella, el sujeto cognoscente es visto como un conquistador, es decir, un individuo aislado y poderoso que adquiere su conocimiento siguiendo el lema *veni-vidi-vinci* (Fleck 1986 131). Fleck ironiza al respecto, señalando que incluso investigadores

experimentados creen, de forma ingenua, que tras la tercera o cuarta observación, los hechos “se ajustan”. Sin embargo, Fleck aclara que, si bien en campos simples y limitados como la mecánica es posible realizar este tipo de observaciones, no sucede lo mismo en campos más complejos y dinámicos como la física o la medicina.

En este sentido, Fleck propone una observación gestáltica (*Gestaltsehen*), es decir, un ver formativo en la que “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, hasta que la respuesta está preformada en gran parte en la pregunta y se tiene que decidir solamente entre sí o no o un constatar numérico” (Fleck 1986 131). Estamos lejos de la observación de tipo empirista o incluso de la concepción de Popper de una observación basada en hipótesis audaces; para Fleck, no hay teoría previa excepto la que dicta el estilo de pensamiento en el que se halla inmerso el investigador.

Las observaciones y los experimentos subsiguientes son “arrastrados por el sistema de experimentos y decisiones anteriores” (Fleck 1986 133). Esto implica que, en la observación gestáltica, no hay lugar para experimentos cruciales ni para la falsación de hipótesis, ya que todas las pruebas y teorías están preformadas dentro de un estilo de pensamiento que se ha constituido histórica y colectivamente.

Según Fleck, el sujeto cognoscente no es libre para generar teorías o hipótesis, ya que su conocimiento se ha adaptado a lo previamente conocido, asegurando así que se armonice con una visión dominante del objeto en cuestión. Por ejemplo, cuando Fleck aborda la historia del concepto de sífilis en el siglo XVI, argumenta que era imposible que la percepción mística-ética de esta enfermedad se transformara en una visión natural-patógena. Esto no se debía a la falta de hipótesis de ese tipo, sino a que el estilo de pensamiento del siglo XVI estaba profundamente arraigado en un colectivo que favorecía explicaciones místicas-humorales por encima de otras. Como señala Fleck, “pues lo que realmente piensa en la persona no es de ninguna manera el individuo mismo, sino su comunidad social” (Fleck 1986 93).

El establecimiento de un hecho científico es, por lo tanto, el resultado de una comunidad dominante y no de relaciones lógicas o hechos verificables. Los hechos

científicos son, en términos de Fleck, producto de una “armonía de las ilusiones” que emerge del consenso de una comunidad científica históricamente constituida y que está profundamente vinculada con los elementos culturales de una época determinada:

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 critica las epistemologías racionalistas, incluyendo la de Popper (1980), que conciben la investigación científica como una red de relaciones lógicas sujetas únicamente a una coherencia interna. En su lugar, propone una epistemología centrada en colectivos que dirigen el pensamiento científico, ya sea buscando armonizar discrepancias o rechazándolas por completo. La “armonía de las ilusiones” sirve para asegurar la consistencia del estilo de pensamiento y la unidad del grupo. Así, aquellos que intenten “avanzar” la ciencia fuera de los parámetros establecidos por el colectivo enfrentarán formas de coerción de diversa intensidad. “Fleck 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, ya que garantizan la coerción del pensamiento” (García Sánchez 2020 159).

Sin embargo, es poco probable que dentro de un estilo de pensamiento surjan discrepancias significativas que puedan afectar el núcleo del colectivo. Esto se debe a la naturaleza formativa de la observación gestáltica. Este tipo de observación se diferencia tanto del ver supuestamente libre de supuestos, que en realidad no existe, como del ver hipotético del racionalismo crítico. Es decir, el ver formativo no permite percibir algo que contradiga la forma interiorizada:

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 unidad 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 surge de una extensa y rigurosa “iniciación” dentro de un colectivo científico. Es el resultado de una coerción sistemática que busca maximizar la cohesión del pensamiento y minimizar las desviaciones del estilo dominante. Esta perspectiva tiene grandes implicaciones para la formación científica, ya que Fleck, desde 1935 y mucho antes que Feyerabend, postuló que hay un componente irracional e iniciático en la estructuración de un campo científico. La adaptación de los individuos a un estilo de pensamiento proviene de prolongados procesos educativos donde se intenta internalizar una forma que no es necesariamente la más lógica o falsable, sino la que mejor cohesiona al colectivo. “La habilidad para la percepción científica no surge automáticamente, sino que se desarrolla a través de un lento proceso de aprendizaje” (Fleck 1986 94).

En este sentido, Fleck identifica tres momentos en el ver formativo:

1. *El ver confuso y la primera observación inadecuada.* La primera observación suele estar llena de errores, confusiones, mezcla de teorías, fragmentos de estilos distintos amontonados, caos y contradicciones. Aunque no existe una observación pura en tabula rasa, ello no implica que la primera observación contenga ya una teoría explícita y coherente; más bien, suele ser inestable y en constante conflicto con otros supuestos.
2. *El estado de experiencia irracional, formador de conceptos y transformador de estilo.* En esta etapa ocurren los procesos “iniciáticos”, que introducen al nuevo campo. Son irracionales porque no solo inculcan concep-

tos, sino también valores y prácticas. Aquí se interioriza el estilo de la disciplina que se desea aprender, y es el momento de mayor coerción y arbitrariedad, ya que se busca que el aprendiz no perciba las contradicciones y anomalías. Se superan las resistencias para establecer el “suelo firme” donde se arraigará el nuevo estilo.

3. *El ver formativo desarrollado, reproducible y acorde al estilo.* La etapa final de la formación de un estilo se da cuando el individuo logra ver únicamente lo que el estilo de pensamiento permite y conforme a las reglas del colectivo de pensamiento. El investigador es capaz de observar la forma (Gestalt) directamente y de reproducirla para el colectivo. En esta etapa, el “ver formativo” está totalmente interiorizado tanto en la teoría como en la práctica y es capaz de formar a otros nuevos aspirantes al entrar en el campo disciplinar. El estilo de pensamiento es una entidad cerrada.

El ciclo de la observación formativa se completa cuando un nuevo elemento se integra al colectivo, reproduciendo el estilo y la forma (Gestalt) de pensamiento que refuerza la cohesión y unidad del mismo. Para Fleck, la idea de forma es esencial, pues con ella no solo se explican los contenidos científicos de una época, sino también los procesos formativos mediante los cuales se constituyen los colectivos de pensamiento.

3. LA OBSERVACIÓN ESTÁ DETERMINADA POR EL ESTILO DE PENSAMIENTO

Fleck sostiene que las explicaciones científicas no emergen de observaciones directas sobre la realidad ni de hipótesis y conjeturas progresivamente audaces resistentes al falsacionismo. En cambio, son forjadas por comunidades que comparten presupuestos, tradiciones y prácticas, conformando un colectivo de pensamiento. Los hechos científicos no provienen del contacto individual con la realidad, sino que están me-

diados por una visión formativa que dirige y orienta lo observado. De esta manera, para Fleck, todo conocimiento es fruto de una socialización coercitiva dentro de un campo disciplinar. Además, Fleck considera que no solo el pensamiento científico es una actividad social, sino que el acto de pensar trasciende los confines del individuo. Con esta perspectiva, Fleck se alinea con la fenomenología y el pensamiento socialmente situado (Condé 2016).

Ahora bien, Fleck define el estilo de pensamiento como: “un percibir dirigido con la correspondiente elaboración intelectual y objetiva de lo percibido” (Fleck 1986 145). Este se distingue por los rasgos comunes que captan el interés de un colectivo, entendido tanto como una comunidad epistémica como un sistema discursivo delimitado a una época específica. Dicho en palabras del autor, “este ver es lo que uno tiene que aprender en primer lugar, lo cual establece el progreso de cualquier ciencia, el progreso que recibe una y otra vez la impronta social” (Fleck 1994 252). Periodos históricos enteros están sometidos a esta coerción social, de modo que “los herejes que no comparten esta actitud colectiva serán tachados de criminales y echados a la hoguera hasta que una nueva actitud origine otro estilo de pensamiento y otra valoración” (Fleck 1986 146).

Aclarando lo anterior, Fleck sugiere que aquellos que no se alineen con el estilo de pensamiento dominante, o que posean ideas contrarias al colectivo, serán descartados sin ser verificados o analizados racionalmente. Esto implica que “la verdad”, más que un argumento racional verificable, es, desde esta perspectiva, un *suceso histórico*.

Cabe precisar que lo anterior no sugiere un concepto de verdad “relativo” o “subjetivo” como algunas epistemologías contemporáneas interpretan estos términos. Fleck no sostiene que la verdad carezca de racionalidad; más bien, subraya que esa verdad está condicionada por un estilo de pensamiento surgido de ciertas circunstancias históricas. Fleck tampoco concuerda con la idea de que la verdad sea meramente una convención o un tipo de acuerdo social. En su visión, la verdad no es algo que un individuo pueda presentar ante un colectivo; emerge de las interacciones socio-históricas del propio colectivo, descartando la posibilidad de que las cosas pudieran ser de *otra forma*.

Los pensamientos circulan de individuo a individuo, transformándose cada vez un poco, pues cada individuo establece diferentes relaciones con ellos. En sentido estricto, el receptor no entiende nunca el pensamiento en la misma manera en que el emisor intentaba que lo entendiera. Después de una serie de tales transformaciones no queda prácticamente nada del contenido original. ¿De quién es el pensamiento que sigue circulando? Obviamente, de ningún individuo concreto, sino de un colectivo (Fleck 1986 89).

La pregunta que plantea Fleck sobre quién es el dueño del pensamiento que circula dentro de un colectivo bien podría haber sido formulada por Michel Foucault en la década de 1960. Es decir, la cuestión sobre la autoría de un pensamiento, una idea o un discurso se torna ambigua cuando se aborda desde perspectivas socio-históricas. Los estilos de pensamiento establecen el marco interpretativo que los individuos adoptan frente a los hechos; la forma (Gestalt) está condicionada por la formación dentro del colectivo, por lo que es difícil ver otra cosa.

El ver gestáltico o formativo es un constructo que no solo requiere de una disposición a aprehender lo que aparece ante los ojos cubierto de significado profundo y misterioso que no puede descifrarse conociendo solo sus propiedades, sino, además a vivir su sentido interno, que determina lo que no puede pensarse de manera distinta (Gómez 2000 60).

Ahora bien, ¿cómo se dan entonces los cambios en el pensamiento científico si el estilo coacciona la observación? ¿Cómo se puede *ver de otra forma*? Fleck ofrece una de sus ideas más sugerentes al respecto, vinculándola con Wittgenstein y las teorías del lenguaje. Todo científico, además de pertenecer a su colectivo de pensamiento, es miembro de otros colectivos del mundo de la vida diaria, denominados *colectivos exotéricos*. Estas influencias no quedan al margen del trabajo científico, sino que convergen en su elaboración y en la comunicación *interna* del colectivo. Esto genera cambios y sutiles transformaciones en el estilo de pensamiento dominante: “toda circulación intercolectiva de ideas tiene por consecuencia un desplazamiento

o transformación de los valores de los pensamientos” (Fleck 1986 155). Es decir, el lenguaje, que facilita la reproducción de un estilo de pensamiento, también posibilita su cambio a través de la interpretación de los significados por parte de cada miembro del colectivo. Esto desplaza los significados originales, generando nuevos y ampliando los “malentendidos” entre estilos de pensamiento. Estos malentendidos pueden llegar a tal punto que un estilo desplace a otro, estableciéndose como el nuevo estilo y, por ende, instaurando el cambio científico

Esto no significa que estemos ante lo que Kuhn (2002) llamó la “inconmensurabilidad” de paradigmas o formas de pensamiento. Según Fleck, siempre persiste algo del estilo de pensamiento previo. De hecho, diferentes estilos de pensamiento pueden coexistir durante un largo periodo hasta que emerge un nuevo estilo. No obstante, esta emergencia no es absoluta y es posible que ciertos temas o aspectos de un fenómeno queden en suspenso, resolviéndose años más tarde.

En este sentido, no es adecuado hablar de un cambio de paradigma o de una revolución en las estructuras científicas. Según la teoría de los estilos de pensamiento, hay una dependencia histórica entre los estilos, lo que dificulta identificar tanto una línea continua de evolución científica como una revolución que anule el paradigma previo. Como señala Fleck:

En el desarrollo de las ideas se encuentran procesos que con frecuencia conducen, sin solución de continuidad, desde las preideas primitivas hasta las concepciones científicas modernas. Puesto que tales procesos evolutivos de las ideas se anudan entre sí en formas muy variadas y están siempre en relación con el estado del saber total del colectivo de pensamiento, su expresión en cada caso particular adquiere el carácter de unicidad propio de un suceso histórico (Fleck 1986 146).

Aunque Fleck comparte con Kuhn la perspectiva histórica del pensamiento científico, ambos autores difieren en cómo se manifiestan los cambios dentro de los colectivos. Kuhn argumenta que estos cambios surgen debido a anomalías en el paradigma que la ciencia normal no puede explicar, y que eventualmente se convier-

ten en los cimientos de una nueva configuración paradigmática. Por otro lado, para Fleck, nunca hay un cambio total ni se descartan completamente las ideas de un estilo de pensamiento. Más bien, se trata de un cierto “aflojamiento” de la coerción del colectivo. Esto sucede cuando los significados de las ideas y conceptos cambian, al surgir otros posibles significados en el intercambio comunicativo dentro de un colectivo de pensamiento. De esta manera, los desplazamientos de significados generan nuevas interpretaciones, pero al mismo tiempo ocultan otras que pueden quedar en el olvido o resurgir en tiempos futuros como fragmentos de epistemes anteriores. Estos fragmentos, que no fueron valorados adecuadamente en su momento, pueden posteriormente ser reconocidos como conocimiento relevante. En síntesis, “los conceptos se reelaboran constantemente, nada se pierde, todo se transforma” (Horacio Ruiz 2003 392).

Ahora bien, Fleck identifica tres etapas en la constitución de un estilo de pensamiento:

1. Instauración del estilo de pensamiento.
2. Extensión del estilo de pensamiento.
3. Transformación del estilo de pensamiento.

La instauración de un estilo de pensamiento es, como mencionábamos, el resultado de la actividad colectiva. Según Fleck, las condiciones históricas y culturales de una época específica constituyen la base sobre la cual los científicos edifican el estilo de pensamiento. No existen relatos heroicos en los que figuras geniales determinen el curso del desarrollo científico. En cambio, son los propios colectivos, mediante la comunicación con grupos exotéricos, quienes introducen los cambios. “Fleck 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” (García Sánchez 2020 8).

Ahora bien, la estructura social ejerce presión sobre los colectivos, ya sea para mantener un estilo de pensamiento o cuando existen elementos suficientes para in-

ducir una transformación en dicho estilo. En contraposición, las individualidades, en lugar de ser contribuyentes, pueden actuar como factores de resistencia. Lo que se percibe como un logro o ruptura realizada por un único científico es, en la mayoría de los casos, el resultado de una “reorganización” social que ocurre dentro del proceso investigativo y de la circulación de información en el colectivo de científicos.

Un ejemplo de esto se da cuando dos o más científicos contemporáneos publican investigaciones similares casi simultáneamente, sin que haya habido influencia o intercambio de ideas entre ellos o sus respectivos colectivos. Esto puede entenderse porque las “ideas” que estos científicos identificaron ya estaban presentes en el ambiente social”. Por lo tanto, si ellos no las hubieran presentado, otros lo habrían hecho. A veces el mérito o la adjudicación de una idea revolucionaria o de una investigación vanguardista es solo una arbitrariedad histórica.

En resumen, las etapas en el estilo de pensamiento propuestas por Fleck solo pueden identificarse a través de una perspectiva socio-histórica y mediante una investigación comparativa que facilite la reconstrucción epistémica (Gestalt) de dicho estilo. Así, se evidencia que la evolución de una idea o concepto, como Fleck ejemplifica con el caso de la sífilis, no sigue una trayectoria lineal, sino que se asemeja a un “zigzag”, donde los individuos interactúan con sus circunstancias socio-históricas.

4. EL COLECTIVO DE PENSAMIENTO

Los estilos de pensamiento son formas de ver los hechos científicos y estos están determinados por los colectivos de pensamiento que se producen dentro de una época específica. Los colectivos son los “portadores comunitarios” de un tipo de observación epistémica que sólo puede darse bajo específicas condiciones socio-históricas. Es importante señalar que los colectivos no deben confundirse con una clase social o con un grupo establecido. Los colectivos de pensamiento son comunidades funcionales que llevan a cabo actividades específicas, entre las cuales se incluyen la construcción y aplicación del pensamiento científico característico de su periodo histórico.

De esta manera, la astronomía ptolomeica era tan “científica” como la copernicana, al igual que la teoría de los humores y los temperamentos lo era en comparación con las actuales teorías psicológicas y el psicoanálisis. En otras palabras, los colectivos de pensamiento definen los parámetros de lo que se considera científico y establecen los criterios que demarcan entre lo que “puede pensarse” y lo que no. “Un colectivo bien organizado es el portador de un saber que supera con mucho la capacidad de cualquier individuo” (Fleck 1986 89).

Un colectivo de pensamiento surge siempre que dos o más personas intercambian ideas. Estos colectivos son casuales y efímeros, formándose y desvaneciéndose constantemente. Lo interesante de este planteamiento es que dentro de ese colectivo se asumen ideas y actitudes que de manera individual no se logran. Es decir, los miembros de un colectivo adquieren el estilo y la práctica de acuerdo al grupo en el que se encuentren, como en una especie de campo de fuerza que reacomoda los elementos para que funcione de *esa forma* y no de otra.

También hay colectivos que son estables o al menos relativamente estables, como los que se conforman en entidades institucionalizadas, tales como universidades y centros de investigación. Si estos colectivos perduran el tiempo suficiente, desarrollan un estilo de pensamiento que se convierte en la manera predominante de interpretar los hechos. Se establece una especie de disciplina, una coerción “suave”, un cierto dogmatismo y discrecionalidad, creando un ambiente de “iniciación” similar al de una comunidad esotérica. A esta comunidad solo pueden acceder aquellos que han superado las fases formativas del estilo de pensamiento del colectivo en cuestión:

Esta estructura general del colectivo de pensamiento consiste en la formación de un pequeño círculo esotérico y de un gran círculo exotérico formado por los componentes del colectivo de pensamiento en torno a una determinada creación de pensamiento, sea este un dogma de fe, una idea científica o un pensamiento artístico (Fleck 1986 152).

La relación de los miembros de un colectivo de pensamiento con las producciones intelectuales internas se fundamenta en la confianza otorgada a los “iniciados”

(Fleck 1986 152). Ahora bien, los miembros que se integran a un colectivo son, en esencia, guiados, ya sea mediante una coerción “suave” o “dura”, hacia los conocimientos específicos generados dentro de ese colectivo. La iniciación en un estilo de pensamiento es formativa en dos dimensiones: como un proceso cognitivo que orienta al iniciado a percibir los hechos de la manera que el colectivo desea, y como un proceso ético donde se inculcan valores y prácticas alineados con dicho estilo. En este contexto, la formación trasciende el ámbito meramente epistemológico para convertirse en un acto de fe:

La iniciación en un estilo de pensamiento y, por tanto, también la introducción en una ciencia, es epistemológicamente análoga a esas iniciaciones que conocemos a través de la etnología y la historia de las culturas. Su efecto no es meramente formal, ya que es como si el espíritu Santo descendiera sobre el novicio lo que hasta entonces había sido invisible (Fleck 1986 151).

Kuhn (2002) retoma esta idea de Fleck acerca de la adquisición de un nuevo estilo de pensamiento y lo describe como una *conversión*. “Los científicos de un paradigma en crisis aceptan el nuevo orden de ideas por varias razones, algunas fuera de la esfera de lo estrictamente científico” (Kuhn 2002 236), por lo que la aceptación o resistencia a un diferente estilo de pensamiento no se resuelve enteramente en los aspectos epistemológicos sino en los políticos. Una vez que los colectivos de pensamiento han establecido un nuevo estilo, inician una fase de reclutamiento y formación de jóvenes científicos en ese estilo recién instaurado: “Si la entrada en un colectivo de pensamiento se produce durante los años de formación de la niñez o, mejor todavía, si esta entrada se produjo varias generaciones atrás, la unión con el colectivo de pensamiento se vuelve indisoluble” (Fleck 1986 154). Se trataría, así, de una *política científica* en la que la persuasión y el convencimiento son las estrategias del colectivo para allegarse nuevos iniciados.

La fuerza de un colectivo de pensamiento radica en la confianza de sus miembros hacia los mecanismos de interiorización formativa, es decir, lo que Fleck denomina *comunicación intracolectiva*. A medida que un individuo adopta el estilo

de pensamiento de un colectivo y se comunica con el lenguaje característico de ese estilo, el fortalecimiento de los lazos puede alcanzar niveles de dogmas o axiomas que resultan difíciles de cuestionar. La palabra se erige como el factor decisivo para que un colectivo de pensamiento alcance la influencia social necesaria para su continuidad, siendo esta entendida como un objeto de circulación interna que consolida y otorga una identidad esotérica al grupo. Cuando los significados se alteran debido a influencias externas de la comunicación intercolectiva, los desplazamientos de significados pueden ser sutiles, como un cambio de tono o ritmo, o pueden llevar a transformaciones profundas e incluso a la eliminación de conceptos completos.

A cada círculo esotérico le corresponde un círculo exotérico, es decir, hay una relación entre élite y masa: “si la masa tiene una posición más fuerte, entonces esta relación se impregna de un carácter democrático; la élite adula, en cierto modo a la opinión pública y aspira a conservar la confianza de la masa” (Fleck 1986 153). Es decir, que a mayor influencia de factores externos en el círculo esotérico, se corre el riesgo de que cambien los estilos de pensamiento dentro de un colectivo, y que se enfrenten dos o más teorías: “Cuanto mayor es la diferencia de dos estilos de pensamiento, menor es la circulación intercolectiva de ideas”. (Fleck 1986 155).

Como se mencionó anteriormente, la comunicación de los colectivos de pensamiento con grupos exotéricos se realiza a través de los científicos que, al estar socialmente ubicados, pertenecen a varios grupos simultáneamente. Cada investigador transita entre colectivos que pueden tener estilos de pensamiento opuestos al colectivo predominante. Por ejemplo, Newton o Kepler fusionaban el pensamiento científico con el religioso. Esta particularidad, inherente a las sociedades modernas diferenciadas, propicia la incorporación de elementos externos a los estilos de pensamiento establecidos, generando eventualmente cambios dentro del colectivo. Estos cambios son lo que Kuhn, de manera polémica, denomina revoluciones científicas (Bourdieu 2003).

5. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este artículo fue explorar las fuentes sociales de la observación científica en la teoría de Ludwik Fleck y, a partir de ellas, establecer las bases para una epistemología socio-histórica y la constitución de un hecho científico. Aunque en la actualidad la teoría de Fleck ya no es desconocida y ha sido revalorizada por diversas corrientes sociológicas y epistemológicas, todavía persiste cierta ambigüedad en cuanto al verdadero valor de su obra. A menudo, se le reconoce principalmente como un precursor; sin embargo, creo que Fleck posee suficiente originalidad y, sobre todo, un margen temporal significativo entre su obra y la de Kuhn, lo que le otorga el mérito de ser un innovador en el ámbito de la epistemología de las ciencias sociales.

Sus conceptos de estilo de pensamiento, colectivos de pensamiento, observación formativa, su definición de hecho científico, su planteamiento del desarrollo histórico de la ciencia, entre muchos otros, conllevan una riqueza semántica y epistemológica que pueden ser utilizados en el análisis empírico o en modelos teóricos más recientes como la transferencia del conocimiento (Barbosa & Pereira 2017).

Así bien, la recuperación y análisis de algunos de los aspectos de su teoría, tiene como propósito contribuir a los estudios sobre Fleck en sus propios términos y a la aplicación de su epistemología en trabajos de investigación social.

Los factores socio-históricos que Fleck enfatiza como fundamentales para una forma de pensamiento científico se deriva más de la tradición, la educación y la dinámica de los grupos sociales que de la lógica o la argumentación. Su enfoque teórico, innovador en su época, desafía la concepción clásica de la ciencia y el núcleo positivista, universalista, progresivo y distante de las fluctuaciones históricas. Fleck resalta las influencias sociales que moldean la perspectiva del investigador, no para refutar el hecho científico, sino para entenderlo más profundamente en su origen y evolución posterior.

El ver de cierta forma un hecho es producto de un adiestramiento intenso dentro de un estilo de pensamiento dado, es producto de la interacción dentro de un colectivo y es delimitado por unas coordenadas históricas que están por encima del individuo. De lo anterior se sigue que los hechos científicos son hechos sociales que

deben ser analizados desde el interior de los colectivos. La influencia de Durkheim es evidente cuando Fleck sostiene que, sin un cierto nivel de coerción, no puede existir formación científica ni consolidación de un colectivo de pensamiento. La relación del sujeto epistémico con los hechos, y entre las cogniciones y la realidad, no es estática. Ambos se configuran en una interacción en la que es complicado distinguir la causa del efecto. Fleck también contribuye al constructivismo epistemológico al relativizar el concepto de realidad, describiéndolo como una “armonía de ilusiones” en la que vivimos. Los consensos sobre lo que se considera verdad en un período determinado, o sobre lo que es válido o legítimo, no surgen de procesos de verificación de hechos, sino de esta armonía ilusoria que garantiza la estabilidad del colectivo. Esta armonía solo se altera cuando una nueva “ilusión” reemplaza a la anterior.

El argumento anterior resulta interesante en referencia a un artículo algo reciente (Von Sass 2016) en el que se plantea una lectura “trascendental” de Fleck, que el autor denomina “pragmatismo trascendental”. Llama la atención que el autor del mencionado artículo busca relacionar dos conceptos que parecen incompatibles: pragmatismo y trascendental. Es difícil comprender una combinación de esta índole, asumiendo que el pragmatismo se opone, por definición, a cualquier tipo de trascendencia más allá de lo concreto y situacional. La epistemología histórica de Fleck busca precisamente acotar el trascendentalismo y el universalismo de las epistemologías positivistas. Sin embargo, en la lectura de Von Sass, la epistemología de Fleck tiene algunos universales, como el concepto de verdad, ciencia e historia, pero ello no implica necesariamente un tipo de trascendentalismo.

Así, la epistemología de Fleck no busca destruir el concepto tradicional de ciencia ni el de verdad, sino relativizarlos a sus condiciones socio-históricas. Esto permite que el avance científico se base en las condiciones sociales inherentes a toda creación humana. Tampoco busca reducir el conocimiento científico al nivel de un discurso ordinario, sin diferencias cualitativas respecto a cualquier otro; Fleck mantiene el prestigio del saber científico y lo considera de difícil acceso para la mayoría de los individuos. Sin embargo, el estudio de los colectivos de pensamiento demuestra que los procesos cognitivos de los científicos no están aislados de lo social; al contrario, dependen en gran medida de condicionamientos socio-históricos para

surgir y perdurar. Por lo tanto, no solo se trataría, como sugería Kuhn, de incorporar la historia en el pensamiento científico, sino de reintegrarle su base social, proporcionando un fundamento más sólido.

REFERENCIAS

- Barbosa, Leticia y Pereira Neto, André. “Ludwik Fleck e a translação do conhecimento: considerações sobre a genealogia de um conceito”. *Saúde debate* 41.1 (2017): 317-329. <<https://doi.org/10.1590/0103-11042017S23>>
- Bourdieu, Pierre. *El oficio de científico*. Barcelona: Anagrama, 2003.
- Condé, Mauro Lucio. “Between Normal and Pathological: Ludwik Fleck, Georges Canguilhem and the Genesis of Historical Epistemology”. *Intelligere* 2.1 (2016): 51-67. <<https://doi.org/10.11606/issn.2447-9020.intelligere.2016.114460>>
- Chalmers, Alan. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* México: Siglo XXI, 2008.
- Fleck, Ludwik. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- _____. “Sobre la crisis de la Realidad”. *REIS: Revista Española de Investigaciones Sociológicas* 67.1 (1994): 251-264. <<https://doi.org/10.2307/40183744>>
- 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* 20.4 (2020): 147-167. <<https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.1985>>
- Gómez, Alina. “La teoría de la forma como punto de encuentro entre Ludwik Fleck y Tomás Kuhn”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 1.3 (2000): 55-66. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41400305>>
- Horacio Ruiz, Alfredo. “Redescubriendo a Ludwik Fleck”. *Epistemología e historia de la ciencia: selección de trabajos de las XIII jornadas* Vol. 9.9. Eds. Rodríguez, Víctor y Salvático, Luis. Universidad Nacional de Córdoba, 2003. 386-393. <<http://hdl.handle.net/11086/3700>>

- Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 2002.
- Pérez Marín, Mónica. “Ludwik Fleck: precursor del pensamiento de Thomas Kuhn”. *Eidos: Revista de Filosofía de la Universidad del Norte* (13) (2010): 130-149. <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85418392007>>
- Popper, Karl. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Técnos, 1980.
- Sass, Hartmut. “For Your Eyes Only: Transcendental Pragmatism in Ludwik Fleck”. *Transversal: International Journal for the Historiography of Science* 72. (2016): <<https://www.doi.org/10.24117/2526-2270.2016.i1.09>>
- Weindling, Paul. “The scientist as survivor: Ludwik Fleck and the Holocaust”. *La Lettre de la Maison Française d'Oxford*. N.13. (2001): 85-96. <<https://hal.science/hal-02538351>>

LA RAZÓN NATURALIZADA (UNA JUSTIFICACIÓN EMPÍRICA DE LA LÓGICA)*¹

REASON NATURALIZED (AN EMPIRICAL JUSTIFICATION OF LOGIC)

MARÍA ALICIA PAZOS
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
México D.F., México.
alicia.pazos@uacm.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4209-4036>



RESUMEN

Se aborda la cuestión de la racionalidad desde la justificación de la lógica, considerando la existencia de sistemas alternativos. Delimito este tema a la justificación de nuestros criterios de racionalidad, centrándome en la racionalidad inferencial. Ante esto, sugiero una solución *a posteriori* para reconocer sistemas lógicos como razonables, dada la inexistencia de una noción infalible de racionalidad. Esta propuesta es pluralista, reconociendo múltiples sistemas válidos, y normativa, estableciendo que no todos tienen el mismo valor: algunos son más aptos para inferencias que otros.

Palabras clave: racionalidad; pluralismo lógico; lógica; normatividad; lógica *a posteriori*.

* Este artículo se debe citar: Pazos, María Alicia. “La razón naturalizada (Una justificación empírica de la lógica)”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 185-219. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v23i47.4236>

¹ Este trabajo se concluyó con el apoyo del Proyecto de Investigación UACM-CHyCS Folio 151, 2003. Agradezco los comentarios de sus miembros, especialmente de David Gaytán Cabrera. Agradezco los comentarios de los dictaminadores anónimos de este artículo, que lo mejoraron substancialmente.

ABSTRACT

The question of rationality is approached from the justification of logic, considering the existence of alternative systems. I delimit this topic to the justification of our criteria for rationality, focusing on inferential rationality. In light of this, I suggest *a posteriori* solution to recognize logical systems as reasonable, given the absence of an infallible notion of rationality. This proposal is pluralistic, acknowledging multiple valid systems, and normative, establishing that not all have the same value: some are more suited for inferences than others.

Keywords: rationality; logical pluralism; logic; normativity; logic a posteriori.

1. EL PROBLEMA DE LA JUSTIFICACIÓN DE LA RAZÓN

...si separamos todo el conocimiento que hemos de obtener de los objetos y reflexionamos acerca del uso del entendimiento en general, entonces descubrimos aquellas reglas del mismo que son necesarias por antonomasia para cualquier propósito y con independencia de todos los objetos particulares del pensar, porque sin ellas no pensaríamos en absoluto. De ahí que esas reglas pueden ser comprendidas a priori (...) Esa ciencia de las leyes necesarias del entendimiento y de la razón en general... la denominamos, pues, lógica (Kant 2000 79-80).²

² *Lógica. Un manual de Lecciones*, es el nombre, en su versión en español, que recibe la obra que, producto de las notas de las clases del mismo Kant, editó G.B. Jäsche, bajo el rótulo de *Lógica de Kant*, por encargo de éste.

Eso decía Inmanuel Kant en el año 1800. La lógica, como ciencia de las leyes del pensamiento, era considerada necesaria y a priori.

El apriorismo de la lógica le permitía mantener para ella la certeza que Kant cuestionaría para la metafísica. La lógica era, por lo tanto, considerada una fuente segura de saber. Esa certeza, a su vez, tenía como consecuencia la normatividad de la lógica, concebida como la ciencia del pensamiento “correcto”.

La lógica es...una ciencia a priori de las leyes necesarias del pensamiento...una ciencia, por tanto, del uso correcto del entendimiento y de la razón en general, pero no en sentido subjetivo, es decir, no según principios psicológicos (empíricos): cómo piensa el entendimiento, sino en sentido objetivo, es decir, según principios a priori: cómo debe pensar (Kant 2000 84, cursivas del autor).

El texto de Kant suscita inmediatamente varias interrogantes: (1) ¿De qué manera la aprioricidad garantiza la corrección de la lógica? ¿Y por qué lo haría? (2) Si se ha eliminado el error inherente al uso humano de la razón, ¿por qué confiar aún en la razón misma? (3) ¿Cómo se definiría la razón por sí misma, aparte de su uso?

Para justificar la existencia de la razón, distinta de su uso (respondiendo a la pregunta 3), podemos considerarla como una capacidad humana. Aunque más adelante argumentaré que no se limita solo a los humanos, esta atribución es suficiente para distinguir entre una facultad y su uso. Así, podría existir una facultad que no solo permite sino que guía ciertos usos. Al igual que asumimos, sin añadir demasiada carga ontológica, que tenemos una habilidad para emitir enunciados gramaticales (que incluso un infante usa para formar frases sin ser consciente de ello), podemos creer que poseemos una facultad que orienta nuestras inferencias.

Es necesario detenerse un momento a señalar que podríamos encontrar otras facultades candidatas si no a identificarse con la racionalidad, por lo menos a considerarse también parte de ella. Quizás hay acciones que consideramos también racionales aunque no provengan de una inferencia. Por ejemplo, podría considerarse racional cruzar la calle cuando el semáforo está en verde, incluso si lo hacemos automáticamente y sin inferirlo. Incluso podría llegar a sostenerse que nuestros instintos

son en cierto sentido racionales. Por ejemplo, sería racional huir si nos encontramos ante un tigre no enjaulado. Eso no sería racional en el sentido de una decisión motivada por una inferencia correcta, sino en todo caso una acción que es mejor tomar que no tomar, con el objetivo natural de sobrevivir. En un sentido objetivo, que evalúa la acción más que sus causas, huir de un felino gigante es racional, ya sea instintivo o producto de deliberación. Si deseamos juzgar la racionalidad de nuestras acciones desde un punto de vista de tercera persona, podría considerarse sensato tanto hallar racionales las acciones que son producto de nuestras inferencias como las que son producto de cualesquiera otros mecanismos, si conducen al fin correcto. Pero ese tipo de racionalidad no sería, por supuesto, la racionalidad asociable a un sistema lógico, en tanto que los sistemas lógicos sólo se ocupan de inferencias y no de otros vínculos entre ideas, como la asociación libre o la imaginación, ni de instintos y acciones motivadas por medios no inferenciales. En lo que sigue, me limitaré, por lo tanto, al problema de la normatividad de la lógica, en tanto normatividad de sistemas que presentan y quizás (si fueran normativos) rigen la inferencia. La preocupación por la normatividad de la lógica se presenta como la preocupación por la normatividad de un sistema que describe no ya la “razón”, término que puede referirse a muchas cosas, sino la facultad de razonar.

Gilbert Harman (1986) se refiere a la lógica, cuya normatividad estamos considerando, con lo que denomina teoría de la inferencia y la opone a una teoría del razonamiento.³ La teoría de la inferencia dice qué se sigue de qué,⁴ no qué podemos o qué debiéramos inferir nosotros, seres humanos. Harman destaca que hay restric-

³ “Logic is the theory of implication, not directly the theory of reasoning” (Harman 1986 10).

³ Harman afirma que “A judgment that S ought to do A, according to the law, is not the judgment that this conclusion follows deductively from certain legal principles together with the facts of the case.” (Harman 1986 134) La lógica, la teoría de la implicación, se ocuparía de lo que se sigue deductivamente; la teoría del razonamiento se ocuparía de lo primero, de un juicio de alguien: “...such judgments are judgments about decisions that would be made by someone...” (Ibid. 135) De eso se ocupa la teoría del razonamiento, sin embargo, no describe la inferencia real, que incluye casos de error, sino “...decisions that would be made by someone who accepts law as binding and

ciones, tales como la capacidad de memoria a corto plazo y el tiempo limitado para tomar decisiones, que restringen ciertos usos. Sin embargo, en situaciones específicas, Harman considera que no sólo ocurre que no podamos inferir de acuerdo con las leyes lógicas debido a nuestras limitaciones, sino que a menudo no deberíamos hacerlo.⁵ Su propuesta sugiere un punto intermedio entre la lógica y los usos concretos. Según el autor, estos usos concretos estarían guiados no por la teoría de la inferencia, sino por la teoría del razonamiento. Esta teoría, aunque no se identifica con la lógica, no es simplemente una descripción de los usos; se distingue de ellos de tal manera que tiene una normatividad sobre ellos.

La distinción entre la lógica en su forma abstracta y las normas de razonamiento que Harman describe lleva al autor a cuestionar si la lógica puede ser considerada normativa para el razonamiento cotidiano: “According to Harman, once we realize that principles of deductive logic are not norms of reasoning in and of themselves, a gap opens up between the two” (Steinberger 2017a 2).

A partir de esta distinción, el problema de la normatividad de la lógica se ha planteado, entonces, como el problema de enfrentar la posición de Harman: “[the] influential skeptical challenge to the thesis that logic and norms of reasoning are indeed interestingly related” (Steinberger 2017a 1-2).

Dado que son distintas, es esencial conectarlas si la normatividad lógica se basa en guiar la inferencia común. Esta conexión podría lograrse vinculando la ló-

who reasons without error in the light of all the relevant facts.” (Ibid. 135. Las itálicas son mías). Tal como Harman distingue ambas teorías, parece reconocer únicamente la existencia de dos teorías en relación con la noción de consecuencia: la lógica deductiva, por un lado, y la teoría del razonamiento, entendida como teoría de la decisión racional, por el otro. Las demás lógicas no clásicas (que, evidentemente, ya existían en 1986) no son tomadas en cuenta.

⁵ Por ejemplo, afirma que “...the Logical Closure Principle is not right either. Many trivial things are implied by one’s view which it would be worse than pointless to add to what one believes.” (1986 12).

gica con la teoría del razonamiento, usando algo parecido a los “principios puente” que John MacFarlane (2004) menciona.⁶

La polémica respecto de la normatividad de la lógica, planteada de este modo, ha dado lugar a un considerable desarrollo bibliográfico⁷ que, de un modo u otro, llena esa brecha ofreciendo respuestas más alentadoras que la conclusión escéptica de Harman. Aunque estas soluciones no siguen exactamente el enfoque original del autor,⁸ todas se ajustan a su marco general: la normatividad lógica depende de cerrar el espacio entre la lógica y nuestras inferencias.

Hay, sin embargo, en esta línea de argumentación, un presupuesto de corrección de la lógica misma como teoría de la inferencia correcta, que no se cuestiona. Pero, ¿por qué confiar en la lógica? Si ya no refleja la racionalidad del cosmos orde-

⁶ Un principio puente (*bridge principle*) es, para MacFarlane, y en palabras de Steinberger, “...a general principle articulating a substantive and systematic link between logical entailment and norms of reasoning” (Steinberger 2017a 2). Más específicamente, “Bridge principles are general principles that articulate the ways in which a valid argument (or our attitudes towards such an argument) normatively constrains doxastic attitudes towards the relevant propositions” (Steinberger 2019 3). Véase la noción y clarificación de MacFarlane’s en (2004) y (2014).

⁷ Field (2009a, 2009b, 2015), MacFarlane (2004; 2014), Steinberger (2017a, 2017b, 2019), entre otros.

⁸ “(...) the type of first-personal normative role Harman is concerned with differs from the third-personal normative roles other contributors to the debate have in mind (Field (2009a, 2014), MacFarlane (2004), Milne (2009), Streumer (2007) (...)). Consequently, the proposals of MacFarlane and others cannot be said to meet Harman’s skeptical challenge” (Steinberger 2017a 2). Los papeles normativos que se proponen en el debate pueden clasificarse en tres: “Norms can fulfill at least three distinct functions. Norms can have the purpose of providing first-personal guidance in the process of practical or doxastic deliberation. I call norms that play this role directives. Alternatively, norms might serve as objective, third-personal standards of evaluation. I call norms playing this role evaluations. Finally, norms might serve as the basis for our (equally third-personal) criticisms of our epistemic peers and so underwrite our attributions of praise and blame. I call norms that play this role appraisals.” (Steinberger 2017a 13, *Itálicas del autor*). Véase también (Steinberger 2019 2). Aunque el desafío de los autores que Steinberger menciona como los “otros contribuyentes” es diferente del de Harman, en el sentido de que enfrenta roles normativos diferentes, de todos modos, puede afirmarse que éstos habrían hallado, dentro del esquema general, un papel normativo para la lógica.

nado de los griegos o la mente omnisciente de Dios, sino una capacidad humana, y si solo estamos ante reglas creadas por humanos, ¿cómo podemos estar seguros de que realmente muestra “qué se sigue de qué”?⁹

La lógica, concebida como el sistema formal que define nuestra noción de consecuencia deductiva, la que conocemos hoy como lógica clásica, fue defendida por Carnap y Hempel como conocimiento a priori. En ella, lo que Descartes denominaba en su tiempo “verdades de razón” queda reducido a las leyes de una lógica considerada universal, la de los *Principia Mathematica* de Russell y Whitehead. Estos enunciados tienen la virtud de la analiticidad. La respuesta de estos autores ante el problema de la corrección de la lógica es que su analiticidad garantiza su verdad independiente de la experiencia. Si esto es cierto, aún queda un paso por dar para inferir “qué se sigue de qué” a partir de las verdades lógicas del sistema. Ese paso se da, en efecto, en la lógica de Russell, ya que para toda verdad lógica condicional es posible demostrar, a su vez, la inferencia del consecuente, dado el antecedente como premisa. Las reglas de inferencia pueden, entonces, demostrarse a partir de las verdades lógicas, con la introducción de al menos una regla.¹⁰ Una regla también puede considerarse analítica. Su analiticidad no radica en su verdad necesaria (las reglas no son verdaderas, ya que no son enunciados), sino en que, si las premisas fueran verdaderas, la conclusión también lo sería siempre. La “corrección” del sistema consistiría en garantizar eso.

Para el positivismo lógico, en tanto que la lógica es correcta en el sentido señalado (es decir, debido a la analiticidad de sus inferencias), tiene, al igual que para Kant, carácter normativo. Esta normatividad se fundamenta en su naturaleza a priori, que se deriva de su analiticidad.

⁹ “An account of logical consequence is an account of what follows from what—of what claims follow from what claims (in a given language, whether it is formal or natural).” (Beall & Restall 2005 3).

¹⁰ Si no existiera al menos una regla básica de inferencia, no podríamos inferir nada de las verdades lógicas. En realidad, sin reglas, no podríamos inferir nada de verdades o de cualquier enunciado.

El puente que Harman requiere sigue siendo necesario, pero el punto crucial aquí es que, antes de considerar la lógica como normativa en el contexto del desajuste entre lógica y razonamiento, debemos justificar primero por qué aceptar la lógica en sí. Este desafío, más básico y primordial, es abordado por el positivismo lógico a través del argumento de la analiticidad.

Sin embargo, la dificultad surge nuevamente con el advenimiento de las nuevas lógicas. Mientras algunas lógicas alternativas a la clásica sugieren distintas leyes y reglas, en otros sistemas no siempre la validez de los principios asegura la validez de las reglas vinculadas.¹¹ Además, no todos los sistemas mantienen la verdad; hay valores que se desvían de la verdad, como la aceptabilidad, la probabilidad, entre otros, y valores designados/no designados que carecen de un significado claro. Dada esta diversidad en lógica y el hecho de que cada sistema, desde su perspectiva semántica, ve ciertos principios y reglas como analíticamente verdaderos o válidos, ¿cómo decidir cuál sistema es el “adecuado”? Pensar que todos son “correctos”, como si representaran formas válidas de argumentación, no es viable si queremos una noción unificada de validez, dado que muchos son inconsistentes entre sí.

Nelson Goodman, ya en 1979, delineó con claridad las razones por las cuales la certeza de las verdades lógicas plantea un problema irresoluble: damos por sentados los teoremas debido a su garantía inferencial. Pero, ¿por qué dar por válidos axiomas que, por definición, no se siguen de ningún otro lugar? Su analiticidad, cabe añadir a la idea de Goodman (1979), constituye una petición de principio. Una semántica conducente a la analiticidad de un conjunto de fórmulas, que es precisamente la base de su construcción, simplemente confirma que los enunciados analíticos son exacta-

¹¹ Denomino a una regla α *vinculada* a una ley β cuando el antecedente de β es la conjunción de las premisas de α y tiene el consecuente de β como conclusión. Por citar algunos ejemplos, el sistema LP de Priest valida todas las leyes de la lógica clásica, pero no todas sus reglas de inferencia: acepta la versión enunciativa $(\alpha \& \neg \alpha) \rightarrow \beta$ pero no la regla $(\alpha \& \neg \alpha) / \beta$; el sistema FDE (First Degree Entailment) y el sistema fuerte de Kleene, L3, no aceptan ninguna tautología, aunque tienen, por supuesto, reglas de inferencia (Kapsner 2014 73).

mente lo que se esperaba que fueran. Del mismo modo, la validez de un argumento presupone la corrección de su estructura, llevando la justificación *ad infinitum*.

Si la analiticidad de un sistema constituye una petición de principio y, además, diferentes sistemas lógicos tienen criterios propios de analiticidad que llevan a conclusiones distintas, entonces ya no queda la alternativa de lo analítico para valorar ninguna lógica. Así, solo queda la justificación *a posteriori*. Willard Van Orman Quine (1953) llegó a una conclusión similar en otros términos, al negar, de manera más radical, incluso la posibilidad de definir analiticidad. Independientemente de si consideramos imposible la distinción entre afirmaciones analíticas y sintéticas, o si optamos por una definición convencional de analiticidad para cada sistema lógico, el resultado es el mismo: si se ha de juzgar la aceptabilidad de la lógica, o de una lógica en particular, eso solo puede hacerse *a posteriori*. Como el mismo Quine señaló en 1969 en relación con la epistemología, es imperativo “naturalizar” también la lógica (1969).

¿Qué habría pensado Kant sobre la posibilidad de los juicios sintéticos *a priori* si hubiera tenido a su disposición sistemas lógicos alternativos compitiendo por la hegemonía académica? Quizás habría reconsiderado un par de veces la posibilidad de tales juicios.

Estamos ante el desafío de justificar la lógica, problema al que abona la pluralidad de sistemas denominados lógicos, desarrollados en los últimos, cuando menos, cuarenta años. Es ante este panorama de sistemas alternativos que no cabe sino preguntarse por qué aceptar una lógica.

Frente a nosotros se despliega un panorama que abarca desde la lógica deductiva clásica y su antigua contendiente, la lógica intuicionista, pasando por las lógicas libres y las conservadoras extensiones de la lógica (en el marco de las cuales se debe elegir, por ejemplo, entre las extensiones modales T, S4 y S5), hasta las lógicas no monotónicas, paraconsistentes y vagas, por mencionar las más conocidas. Los intentos de reducción mutua y los criterios para identificar equivalencias intersistemáticas apuntan, quizás, a recuperar un sistema único. Pero, con el desafío general de justificar la lógica ya en el horizonte, ¿por qué confiar en que, incluso si hubiera un único sistema, este sería el correcto? ¿El simple hecho de haber conocido un solo sistema en el pasado nos garantizaba su acierto debido a su singularidad?

En lo que sigue, planteo el problema general de la justificación de nuestros criterios de racionalidad, entendiendo aquí por “racionalidad” la capacidad de inferir (que delimitaré más adelante). Una vez planteada la cuestión, propongo una estrategia *a posteriori* para identificar la razonabilidad de sistemas lógicos. Esta propuesta se alinea con el antiexcepcionalismo, posición según la cual la lógica, puesto que es *a posteriori*, es decir, esto es empírica, necesita los mismos métodos de validación que las ciencias empíricas. Considero que una posición antiexcepcionalista es inevitable ante la imposibilidad de justificar algo *a priori*. Dentro de esta concepción general de la metodología de la ciencia, sugiero una estrategia específica para el caso de las lógicas. Esta, que no presupone necesariamente una diferencia esencial entre ellas y las otras disciplinas científicas. Como consecuencia de esta estrategia conduce a un enfoque pluralista, reconociendo múltiples sistemas inferenciales correctos. Además, es normativa, ya que afirma que algunos sistemas son preferibles para llevar a cabo inferencias. No nos ocupamos, en las inferencias humanas en contextos de incertidumbre o limitaciones, ni en la complejidad inferencial. Tampoco nos ocupamos de la racionalidad ni de la normatividad de una teoría del razonamiento, ni de la racionalidad de una lógica como condicionada a su enlace con una teoría del razonamiento. Una lógica, considerando la multiplicidad de sistemas existentes, no siempre tiene por objeto modelar la inferencia ordinaria, aunque siempre tiene por objeto modelar inferencias (de lo contrario no la consideraré lógica). Los sistemas lógicos no tienen ya ese único objetivo, esto es, representar las inferencias del lenguaje ordinario o el de asegurar la transmisión de verdad. En consecuencia, qué se siga de qué dependerá de lo que se desee transmitir mediante el vínculo inferencial, y con qué propósito. Una vez que se ha evaluado una lógica basándose en si captura

¹² “Logic isn’t special. Its theories are continuous with science; its method continuous with scientific method. Logic isn’t *a priori*, nor are its truths analytic truths. Logical theories are revisable, and if they are revised, they are revised on the same grounds as scientific theories” (Hjortland 2017 2).

o no una determinada noción inferencial para la que fue diseñada, no es necesario justificarla ulteriormente mediante principios puente.

No concluimos cuáles serían los sistemas correctos, sino que proporcionamos un criterio de justificación de sistemas lógicos y, como consecuencia, de reconocimiento de inferencias correctas.

2. UNA FORMA DE LA FALACIA NATURALISTA

Del mismo modo que la ciencia ha justificado exitosamente diversas disciplinas, supongamos que para justificar nuestros sistemas lógicos recurrimos a la experiencia. ¿Qué experiencias deberíamos considerar? Si tuviéramos en cuenta las emisiones argumentativas del ser humano en sus contextos concretos, la evidencia que obtendríamos así no sería normativa. Supongamos que derivamos un conjunto R de reglas de inferencia y un conjunto T de teoremas que, en el mejor de los casos, todas las personas aceptan y aplican consistentemente. ¿Implica esto que deberían aceptarlas? ¿Significa que usar esas reglas en la vida diaria garantiza un razonamiento “bien”? Sí, si definimos “razonar bien” como razonar de la manera en que lo hacen las personas en su vida diaria. Sin embargo, esto no garantiza que “razonar bien” tenga fuerza normativa. No parece haber razón para seguir haciendo algo solo porque es una práctica común. Además, si interpretamos “correctamente” en un sentido normativo, el hecho de que las personas actúen de cierta manera cotidianamente no implica que sea la correcta. Esta es, en síntesis, la falacia naturalista.

A continuación, argumentaré que algunos ensayos para superar la falacia que describo son ineficaces o solo parcialmente efectivos. En la sección siguiente, expondré mi propuesta.

Razones evolutivas: Pueden aportarse razones, especialmente en el caso de la justificación de la inferencia, que respalden cierta normatividad en su uso. Por ejemplo, razones evolutivas: nuestras capacidades intelectuales, como la inferencia, memoria, asociación de ideas y capacidad numérica, son producto de nuestra evo-

lución como especie. Ya no nos enfrentamos a una razón trascendental o al logos que estructura el cosmos, garantizando su cognoscibilidad. Hablamos de una razón humana que ha sido esencial para nuestra supervivencia como especie. Entonces, ¿no deberíamos valorarla y conservarla? Es una posibilidad, pero no garantiza que sea la mejor opción. La justificación evolutiva puede ofrecer un grado de normatividad, pero no una que evalúe otras formas de razonamiento que de hecho empleamos.

En esta argumentación, hemos asumido dos premisas: 1) que nunca nos equivocamos, lo cual puede ser falso, y 2) que todos razonamos de la misma manera, lo cual es debatible. Si estas premisas fueran ciertas, un estudio empírico centrado en nuestra conducta inferencial nos daría los criterios deseados. Sin embargo, esto no es el caso por dos motivos:

En primer lugar, existe el error de razonamiento. Si no lo hubiera, sería absurdo proponer la lógica como un sistema normativo. Nadie considera las leyes de la física como normativas. Sería absurdo establecer la norma según la cual es obligatorio mantenerse en el estado de movimiento o reposo en el que nos encontramos, a menos que intervenga una fuerza que lo modifique. Sería absurdo porque nadie viola una norma así. Del mismo modo, si todos razonáramos infaliblemente según ciertos patrones, no tendría sentido imponer dichos patrones para razonar adecuadamente. Pero, por otra parte, si razonamos incorrectamente, es decir, si seguimos patrones inferenciales que se desvían de la norma, o si no seguimos patrones inferenciales en absoluto, entonces, en un estudio empírico de cómo razonamos, una muestra en la que las personas cometan errores en sus inferencias ya no proporcionará los datos relevantes para formular las normas, a menos que tuviéramos un criterio para identificar esos errores, lo que presupondría la cuestión. Si la gente comete falacias, por ejemplo, si aplica frecuentemente la falacia de afirmación del consecuente y concluye afirmando el antecedente de un condicional a partir de la premisa de su consecuente, el investigador que estuviera realizando el estudio relevante para reconocer cómo piensa la gente, encontraría patrones erróneos (en este caso, consideraría válida la falacia de afirmación del consecuente). En otras palabras, si además de presentar inferencias válidas, la gente realiza inferencias inválidas, estas también serían regis-

tradas por el experimentador. Pero, entonces, si toda inferencia realizada de hecho por alguien es admitida, no quedarán muchas inferencias que descartar como incorrectas. Solo aquellas que de hecho nadie realiza. Pero si nadie las realiza, no tiene sentido proponer un sistema normativo para excluir.

La estadística a partir de usos: Podría intentarse una salida según la cual, aunque aceptamos que la gente a veces se equivoca, podemos asumir que una estadística nos permitirá identificar como válidas las reglas más frecuentemente empleadas y excluir las menos empleadas como inadecuadas. Sin embargo, esta solución es inaceptable, al menos por tres motivos: En primer lugar, no hay una razón sólida para asumir que la frecuencia de uso garantiza la corrección de la regla. Esto puede aceptarse cuando las reglas son convencionales, como en el caso de las reglas y usos gramaticales, pero si lo que buscamos es que la regla sea mejor que otra para transmitir verdad o información, su popularidad no parece garantizarnos lo que deseamos. En segundo lugar, como lo muestra un célebre experimento de Wason (1966) que presupone el uso del *modus tollens*, el índice de error puede ser abrumador. Wason (1968) se señala un error del 90%. ¿Cómo, entonces, tomar decisiones sobre inferencias correctas, cuando la gente se equivoca casi sistemáticamente? Además, ¿cuál es el porcentaje de aceptación que debería ser suficiente para aceptar una regla o para rechazarla? ¿Acaso una regla empleada por pocos no podría ser una buena regla? ¿Una regla que fuera, por ejemplo, la combinación de otras, como los dilemas, no debería ser aceptable aun si la emplearan sólo algunos pocos individuos, considerando que se deriva de otras y, por lo tanto, asegura los mismos resultados que aquellas? Y, siguiendo el argumento, ¿no podría haber unas cuantas personas más inteligentes (en algún sentido de inteligencia relevante) que emplearan excelentes reglas para la transmisión de la verdad que la mayoría no hubiera alcanzado a concebir, aunque estas reglas no fueran derivadas de otras más conocidas?

Estadística respecto de intuiciones: Una propuesta alternativa para el estudio experimental sería no solo centrarse en los usos inferenciales, sino también, o principalmente, en las intuiciones inferenciales de los hablantes. Esta opción tiene la ventaja de que, además de tener intuiciones sobre lo que es correcto, también

tenemos intuiciones sobre lo que es incorrecto. A diferencia de los usos, que sólo permiten distinguir reglas que se usan de usos pensables que no se dan, las intuiciones nos permiten diferenciar entre inferencias aceptables e inaceptables. Por ejemplo, si tomamos la regla del *modus tollens* y encontramos que 8 personas la usan y 2 no, el simple hecho de no usarla no indica su invalidez. En cambio, si se consideran las intuiciones y ocurre que el 20% rechaza el uso, tenemos un criterio de rechazo que no depende del porcentaje de individuos que lo empleen. Si, además, algunas personas practican una inferencia, pero intuyen que no deberían, eso nos da un indicador de error. Entonces, ante una muestra que presente inconsistencias (algunas personas aceptan la falacia de afirmación del consecuente como argumento, otras alegan que eso no debería hacerse) el experimentador podría emplear la inconsistencia como un criterio de decisión adicional. Puede eliminar de su muestra a los individuos inconsistentes, que en ocasiones emplean o aceptan desde sus intuiciones y en ocasiones repudian, la misma forma argumental. Así mismo podría también excluir las reglas que algunas personas consideran inadecuadas, aunque otras las empleen, si quienes las emplean no manifiestan tener intuiciones al respecto. El criterio de inconsistencia puede solventar algunos problemas, pero deja todavía muchas opciones abiertas. ¿Es aceptable una regla empleada por un pequeño conjunto de individuos, digamos, por un 1% de la población, si no es explícitamente rechazada por ningún individuo? ¿Es aceptable una regla que, aunque no ha sido rechazada de hecho por nadie, sería rechazada si alguien reflexionara sobre ella? ¿Es decir, deben tomarse en cuenta sólo hechos anteriores, o deberían considerarse hablantes ideales? Como se ve, la aceptabilidad empírica de usos y de intuiciones requiere de criterios adicionales. No es claro cómo justificar, ya que, por una parte, no tenemos la experiencia como guía (se trata de decidir qué experiencia aceptamos) y por otra parte, tampoco tenemos la razón como guía, puesto que es lo que se trata justificar.

Coherencia: La coherencia de las reglas constituye un criterio prometedor para tomar decisiones cuando una regla es menos empleada que otras. Una regla derivada de reglas ampliamente aceptadas, o reglas interdefinibles con reglas conocidas, debería aceptarse. Por otro lado, reglas que llevan a resultados incompatibles con

reglas no problemáticas deberían, al parecer, rechazarse. La consistencia interna entre la sintaxis, la semántica y los objetivos previos, así como las intuiciones filosóficas de cada sistema, también forman parte de su racionalidad.¹³

La coherencia interna, sin embargo, no constituye un criterio de decisión entre sistemas lógicos alternativos. Aunque mediante ella podríamos descartar algunos sistemas por ser inconsistentes, no nos proporciona un criterio para distinguir entre los demás.

Cuando, además de considerar la lógica clásica, enfrentamos la tarea de valorar empíricamente los otros sistemas lógicos contemporáneos, surge un problema adicional: asumir que los casos concretos de argumentación representan un sistema más que otro presupone adoptar una formalización de esos casos. Esta formalización siempre requiere una reinterpretación del argumento bajo esquemas precisos, de los cuales las personas generalmente carecen cuando argumentan. Casi cualquier inferencia puede ser reinterpretada en la mayoría de los sistemas lógicos; cualquier desviación inferencial de la norma puede ser reinterpretada como un nuevo patrón en algún sistema, ya que las inferencias ordinarias son demasiado vagas para permitir la selección entre sistemas formales que son precisos y, aunque a menudo incompatibles, mínimamente divergentes en relación con lo que representan. En otras palabras, la vaguedad de una inferencia ordinaria admite una variedad de representaciones que la sitúa fácilmente en sistemas inconsistentes entre sí, de la misma manera que, por ejemplo, la imagen difusa de un ave grande con patas cortas en la mente de un niño puede interpretarse, en nuestro sistema más preciso y adulto, indistintamente como un pato o una oca. La identificación de los argumentos empíricos con ciertas formas más que otras es, en sí misma, una decisión anticipada sobre qué sistema aceptar. Esta identificación suele basarse principalmente en las intuiciones argumentativas

¹³ Analizamos este vínculo en Pazos y Gaytán (2023). Las intuiciones de los investigadores, aunque no son por sí mismas decisorias, constituyen una parte importante de las razones a evaluar, en tanto representan motivaciones filosóficas previas.

del lógico proponente. Dado que los sistemas lógicos históricamente propuestos tanto por filósofos como por matemáticos no han dependido normalmente de estudios empíricos, solo quedaban sus intuiciones. No son intuiciones ingenuas, por supuesto, sino reflexionadas, sistematizadas y desarrolladas, pero intuiciones, al fin y al cabo.

Este criterio, el de las intuiciones del lógico, no es arbitrario: consiste en una auto-reflexión sobre los propios patrones inferenciales, patrones que, se espera, guardan un buen grado de homogeneidad con los de la comunidad analizada, especialmente si la comunidad evaluada es la misma en la que el lógico reside. Sin embargo, en la actualidad, dada la multiplicidad de sistemas desarrollados en medio siglo de pensamiento, donde cada sistema parece estar sustentado en sus propias intuiciones igualmente fuertes y razonables, la intuición por sí misma no constituye el camino principal a seguir. Aunque es un criterio de adecuación importante, ya que los sistemas se han desarrollado a partir de ellas y sería incoherente internamente si no se adecuaban a sus propias intuiciones de partida, las intuiciones no sirven como criterios definitivos para valorar entre distintas lógicas.

La inteligencia no humana: A continuación, propongo una solución inicial a la paradoja de la multiplicidad de las lógicas. Esta solución no evita la multiplicidad, pero la restringe a lo razonable, con un criterio lo suficientemente preciso de razonabilidad. A partir de ahora, optaré por usar el término “razonabilidad” en lugar de “racionalidad”, ya que los criterios propuestos ofrecen resultados falibles. Usaré ambos términos, racionalidad y razonabilidad, con este sentido más flexible.

Proponemos que la solución puede lograrse mediante criterios específicos basados en investigaciones empíricas concretas, exitosas y formalmente avanzadas. Investigaciones en inteligencia artificial, no para modelar lo que nosotros, seres humanos, hacemos (ya que ello presupondría saber qué hacemos), sino para modelar tareas específicas que requieren inferencias que conduzcan a resultados definidos.

3. UN CASO A TÍTULO DE EJEMPLO: UN SISTEMA COMPUTACIONAL EMPÍRICAMENTE ADECUADO

El brasileño João Inácio da Silva encaró la tarea de diseñar un robot, con la única capacidad de desplazarse en un medio no estructurado,¹⁴ mediante la implementación computacional de la lógica paraconsistente de Newton da Costa, sin chocar contra los objetos en torno.¹⁵ Con esa meta reinterpretó la Lógica Paraconsistente Anotada (LPAv2),¹⁶ para ajustarla a las necesidades de su pequeño aparatito móvil. Dicho aparato, que denominó Emmy, del que desarrolló sucesivamente tres versiones (Emmy I –en 1999–, Emmy II –en 2002– y Emmy III –en 2009–),¹⁷ de 60 cm en su primera versión,¹⁸ fue ideado con el propósito de valorar el desempeño computacional de una lógica paraconsistente.¹⁹ La implementación del programa se complementa con dos sensores ultrasónicos. A través de estos, Emmy recibe dos señales. Según la inter-

¹⁴ La noción de medio no estructurado alude a un entorno que es irregular y no necesariamente geométrico o controlado. Moverse en una superficie plana es, por supuesto, más sencillo. No obstante, es crucial diseñar robots que puedan navegar en terrenos irregulares. Por ejemplo, un mecanismo destinado a explorar la superficie de un planeta desconocido necesitaría esta habilidad.

¹⁵ La tercera versión tiene, además, el objetivo de hallar, en el entorno, un destino predeterminado (Martins et ál. 2009 12).

¹⁶ Como indica Gómez (2017), las lógicas paraconsistentes anotadas fueron desarrolladas por primera vez por Subrahmanian. Más tarde Blair y Subrahmanian (1989) las aplican a bases de datos. Da Silva la retoma del brasileño Newton da Costa, quien en 1991 escribe en colaboración con Subrahmanian (da Costa et ál. 1991). Véanse los trabajos de da Silva de 1999 y 2010.

¹⁷ Véase Martins (2009).

¹⁸ Cfr. (Gómez 2017). Los prototipos posteriores Emmy II y III fueron más pequeños.

¹⁹ Una lógica paraconsistente es, por definición, aquella que no permite inferir todo enunciado a partir de premisas inconsistentes entre sí, tales que una es la negación de la otra. Es una lógica en la que no se dispone de la regla “Ex contradictione quodlibet”. Desde el punto de vista semántico, las lógicas paraconsistentes se interpretan como aquellas que no permiten inferir todo a partir de una base “inconsistente”. Ello presupone concebir la base de la regla inferencial como constituida por enunciados o proposiciones, portadores de verdad, ya que son los enunciados los que pueden ser

pretación semántica de da Silva, Emmy atribuye a una “proposición” P , que podemos entender como “Hay un objeto delante”, un grado de evidencia favorable $\mu(P)$, que es el resultado de aplicar a P la función μ , y un grado de evidencia desfavorable $\lambda(P)$, cuyos valores pueden ser 0 o 1. Interpretamos “ $\mu(P)=1$ ” como “Hay evidencia a favor de que hay un objeto” y “ $\mu(P)=0$ ” como “No hay evidencia a favor de que hay un objeto”. Mientras que “ $\lambda(P)=1$ ” se entiende como “hay evidencia en contra de que hay un objeto”, y “ $\lambda(P)=0$ ” como “no hay evidencia en contra de que no hay un objeto”. La combinación de las señales de ambos sensores, $P(\mu, \lambda)$ valora las evidencias a favor y en contra de la presencia de un objeto frente al robot. Da Silva (2010 12) indica cuatro estados posibles del robot:²⁰

1. $P(1, 0)$, que simboliza V y denomina verdadero,
2. $P(0, 1)$, que simboliza F y denomina falso,
3. $P(1, 1)$, que simboliza T y denomina inconsistente y
4. $P(0, 0)$, que simboliza \perp y denomina indeterminado.

inconsistentes entre sí. Una implementación computacional de una lógica es siempre una implementación de su sintaxis, no de su semántica. Lo que el ordenador (en este caso el robot) sigue son las reglas sintácticas; no “sabe” nada de semántica ni puede interpretar sus inputs como enunciados verdaderos o falsos, ni, por lo tanto, sus datos de entrada como inconsistentes en sentido semántico. Sin embargo, su lógica es paraconsistente por definición, si viola el principio de Ex contradictione. Ello es independiente de cómo el programador interpreta, a su vez, la semántica que asigna a su robot, robot que no interpreta, por sí mismo, nada. Por supuesto, los estados no son semánticos para el robot. Para el robot, puede considerarse que no significan proposiciones ni, por lo tanto, proposiciones inconsistentes. La lógica empleada en el funcionamiento de Emmy sólo es inconsistente en el sentido de que reproduce un sistema que, con su semántica original (la del creador de la lógica, Newton da Costa), lo es.

²⁰ Emmy I posee, además, cuatro valores intermedios, que en Emmy 1 se reducen a dos y en Emmy III desaparecen (Martins 2009).

A partir de estos resultados se infiere, en cada caso, un movimiento para el robot.²¹

1. En el estado V el robot se desplaza hacia adelante.
2. En el estado F se detiene.
3. En el estado T gira a la izquierda (habría un objeto del lado derecho de su campo visual).
4. En el estado \perp gira a la derecha (habría un objeto del lado izquierdo).

¿Qué nos puede revelar una lógica como la descrita anteriormente, implementada en un pequeño robot con funciones limitadas, en comparación con las acciones que los seres humanos realizamos basándonos en argumentos, acerca de nuestros criterios de racionalidad? Sostendré, a continuación, que puede darnos la clave de lo que precisamos para valorar criterios alternativos de racionalidad inferencial.

¿Por qué optar por una lógica paraconsistente? ¿Existe realmente alguna intuición que sugiera que es posible inferir algo a partir de contradicciones? Sabemos que la lógica clásica, ante contradicciones, implica todas las fórmulas bien formadas del lenguaje. Esta es una de las consecuencias contraintuitivas de la lógica clásica. Sin embargo, ha logrado superar esta limitación gracias a sus innegables ventajas. Algunas de estas ventajas incluyen la categórica intuitividad de muchas de sus reglas, la aplicabilidad del *modus ponens*, la posibilidad de representación de argumentos por

²¹ Esta presentación es una simplificación, que obvia diferencias entre las diferentes versiones del robot. Entre los resultados (V,F, T y \perp) de $P(\mu, \lambda)$ y los movimientos se desarrolla un algoritmo a partir de las funciones de *Grado de Certeza* GC y *Grado de Incertidumbre* Gct. Se define un *estado lógico paraconsistente* como: $\varepsilon\tau(\mu, \lambda) = (GC, Gct) = (\mu - \lambda, \mu + \lambda - 1)$ y es del resultado de este algoritmo aplicado a V,F, T y \perp , no directamente de los resultados V,F, T y \perp , que se sigue el movimiento del robot. Así, por ejemplo, para $P(1,0)$ el estado lógico paraconsistente resultante del algoritmo es $\varepsilon\tau(1,0)$ y mediante la regla “Si $\varepsilon\tau(1,0)$ Emmy se mueve hacia adelante” se infiere que el robot avanza. En las versiones I y II, los casos intermedios arrojan también, mediante ese algoritmo, un resultado entre las mismas cuatro alternativas (moverse hacia adelante, hacia la izquierda, hacia la derecha, o detenerse) (Martins 2009).

reducción al absurdo, la completitud tanto semántico-sintáctica, y la posibilidad de justificar las matemáticas, entre otras destacadas cualidades.

Aunque, según la lógica clásica, ante contradicciones todo puede inferirse, en la vida cotidiana no actuamos de esa manera. No es simplemente que resulte contraintuitivo; en realidad, las personas no hacemos inferencias arbitrarias a partir de una contradicción. Tomemos como ejemplo a Einstein: no llegó a la conclusión de que la Luna es de queso debido al dilema de que la luz era concebida como onda y partícula a la vez.²² Sin embargo, no canceló tampoco toda posibilidad inferencial al ser consciente de la contradicción. Comprendía las consecuencias de la luz actuando como onda y como partícula.

Para evitar la trivialización de una teoría usando lógica clásica, una opción es cesar las inferencias al detectar una contradicción. Si algo está errado, se podría argumentar, es esencial restablecer la consistencia antes de seguir infiriendo. Las teorías del razonamiento, como sugiere Harman para modelar cambios de creencias, describen cambios no arbitrarios ante evidencia nueva que contradice la información anterior. Estas teorías podrían complementar la lógica clásica cuando hay inconsistencias por nueva información. Aunque estas teorías abordan la inferencia en situaciones de inconsistencia, presuponen la eliminación de cierta información para lograr consistencia. Establecen que la contracción de información debe ser mínima, pero no detallan el proceso de retractación. La lógica se aplica después de esta retractación. Por ende, no son completamente adecuadas para modelar inferencias desde contra-

²² Por el contrario, tras una primera interpretación de evidencias que aportaban, alternativamente, razones en favor de la verdad de una y otra de las afirmaciones inconsistentes (que la luz es una partícula, es decir, un trozo de materia y que es una onda, es decir, un movimiento del medio) prefirió más bien concluir, y sostuvo desde entonces, que la luz se “comporta” (es decir, no es sino que se comporta) a veces como onda, a veces como partícula. En otras palabras, la inferencia parece haber consistido, más bien, en un cambio de creencia que, en lugar de inferir todo, contrajo el conjunto de información original mediante un procedimiento razonable, *minimal*, que mantuvo casi todo, a la vez que construía un nuevo conjunto de información, ahora consistente. Esta forma de inferencia no puede, en absoluto, ser representada por la lógica tradicional deductiva.

dicciones, ya que no clarifican el mecanismo de retractación ni se modela tampoco el estado de creencia inconsistente.

Otra alternativa para modelar casos de inconsistencia es la de lógica modal:²³ Si modelamos los casos de inconsistencia no como contradicciones, sino, por ejemplo, como atribuciones de estados de creencia, el resultado es la enunciación de un estado epistémico inconsistente, pero la formulación misma no lo es, por lo que de ella no se sigue cualquier enunciado. $C(\alpha)x$ (que se lee “x cree que α ”) y $C(\neg\alpha)x$ (que se lee “x cree que no α ”), no son afirmaciones inconsistentes entre sí. “x Cree que α y que no α ” es una atribución de inconsistencia pero no es por sí misma una contradicción. Atribuir creencias contradictorias no parece irracional en principio, ya que puede haber personas irracionales que crean en afirmaciones contradictorias. De este modo, es verdad que es posible modelar una situación de inconsistencia mediante lógica modal, y esto constituye un avance en la modelación de este tipo de situaciones.

Las lógicas de la creencia, sin embargo, normalmente aceptan el modus ponens en el nivel de las creencias atribuidas: de $C(\alpha)x$ y $C(\alpha\rightarrow\beta)x$ se sigue $C(\beta)x$. Esto implica que si supusiéramos que el sujeto x piensa con lógica clásica, tendríamos que asumir que $C((\alpha\&\neg\alpha)\rightarrow\beta)x$ para cualquier β , de donde se sigue $C(\beta)x$. Rechazar $C((\alpha\&\neg\alpha)\rightarrow\beta)x$ implicaría, por supuesto, rechazar que el hablante razona con lógica clásica. El problema de que la lógica clásica permite una inferencia que de hecho los seres humanos no realizamos ni consideramos legítima reaparece, entonces, si al desarrollar una lógica de la atribución de creencias no abandonamos, al mismo tiempo, la lógica clásica como modeladora no de la atribución de creencias, sino de la inferencia misma que es lícito que el hablante realice. Si aceptáramos la lógica clásica como aquella que representa la inferencia correcta, el problema persiste. Por otra parte, la lógica epistémica no tiene la contradicción de la clásica, pero si es una extensión de la clásica, la inferencia no modal sigue siendo válida en el sistema extendido.

²³ Agradezco a un árbitro anónimo su sugerencia respecto de la modelación mediante lógica modal.

En otras palabras, una modelación apropiada de la atribución de creencias elude una afirmación inconsistente, pero no soluciona el problema original de la modelación de la inferencia racional entre creencias (no entre sus atribuciones).

Una lógica que aborde el cambio de creencias, al enfocarse directamente en las creencias y no en su atribución, podría ser más adecuada. En ese contexto, una modelización correcta de cómo deberíamos razonar los seres humanos podría estar basada en esa lógica, en lugar de en la clásica. Esto respaldaría la postura de Harman de que una modelización adecuada de los razonamientos ordinarios no es la teoría de la inferencia, sino la teoría del razonamiento. En este escenario, una lógica epistémica podría construirse mejor como una extensión de la teoría del cambio racional de creencias que como una extensión de la lógica clásica.

Por su parte, todas las lógicas paraconsistentes evitan también esta consecuencia del sistema clásico.

El ejemplo previo de Emmy, considerando la semántica que da Silva asigna a su robot, sugiere la existencia de inconsistencias en relación con la verdad de una proposición *P* consistente (“Hay un objeto delante”), que será verdadera o falsa en relación con el mundo. Es decir, el mundo no se considera inconsistente; es el robot el que puede encontrarse en un estado inconsistente respecto de la proposición *P*. Además, existen otros tipos de discursos en los que, sin necesidad de atribuir los términos de una contradicción a estados del mundo, razonamos cotidianamente a partir de ellas, como en el caso ya mencionado de la elección entre alternativas incompatibles, un modo de inferencia común. Si empleáramos lógica clásica en estos casos, elegir sería, simplemente, imposible.

El problema de justificar la lógica no tiene que ser necesariamente el de la lógica clásica deductiva. Dentro del marco de las nuevas lógicas, no hay argumentos que califiquen a la lógica clásica como “lógica” y a un sistema de reglas para el cambio de creencias como “teoría” (no lógica) del razonamiento. Las categorías propuestas por Harman no son útiles para analizar si otros sistemas formales, además de la lógica clásica y la teoría del razonamiento, son lógicos o no.

En este contexto, el problema de la racionalidad de la lógica clásica, de la lógica del cambio de creencias, de la lógica paraconsistente LPAv2 y de otros sistemas

inferenciales emergentes, se presentan en igualdad de condiciones. Todas las lógicas tienen ventajas para modelar ciertas intuiciones y prácticas, así como desventajas en relación con otras.

4. EMMY Y LA INFERENCIA HUMANA

Por otra parte, la aplicación de una lógica paraconsistente al sistema inferencial de un robot no es algo que pueda considerarse racional desde el punto de vista de una teoría para el ser humano. Su racionalidad no puede juzgarse con los mismos parámetros.

En el caso de Emmy, la paraconsistencia no implica simplemente que no se derive todo el lenguaje a partir de información inconsistente. Lo que realmente sucede es que se deriva muy poco: solo un resultado claramente definido por un algoritmo, que puede ser uno de los siguientes cuatro: moverse a la derecha, moverse a la izquierda, avanzar o detenerse. En el caso de la teoría del cambio de creencias, tampoco se deriva mucho: solo una de las opciones iniciales. Si se está decidiendo entre ir al cine o al teatro, solo hay dos inferencias posibles. Sin embargo, más allá de estas similitudes, la inferencia en el caso del robot Emmy parece estar muy distante de representar la mayoría de nuestras inferencias habituales, ya sean cotidianas o científicas.:

¿Qué vínculo podrían tener, se podría argumentar, tales estados primitivos con nuestras complejas capacidades inferenciales? Aparentemente, no necesitamos una lógica para caminar; no percibimos evidencia afirmativa con un ojo y evidencia negativa con el otro. Tampoco, por lo general, recibimos evidencias contradictorias de nuestros dos ojos; es decir, normalmente los objetos están frente a ambos ojos o no lo están. Y, si solo están frente a uno de ellos (por ejemplo, si se ubican justo en el punto ciego de uno de los ojos), simplemente recogemos evidencia afirmativa con ese ojo y omitimos el resultado del otro. Ocasionalmente vemos doble: el mismo objeto aparece en lugares diferentes. En esos casos, lo que inferimos es, más bien, que algo anda mal con nuestros ojos. No razonamos, ni siquiera “vemos”, podríamos argumentar, de la misma manera ni mediante el mismo mecanismo subyacente que

Emmy. ¿Desde cuándo ver implica razonar? Implica, por supuesto -sigue el argumento-, o requiere, un mecanismo complejo, pero no una relación inferencial.

Esto último, sin embargo, es demasiado apresurado, ya que justamente presupone algo que hemos dado por sentado: no hay nada que excluya la posibilidad de que nuestros complejos procesos sensoriales posean también un aspecto inferencial. No estamos afirmando que esto ocurra, sin embargo, conviene dejar abierta la posibilidad, ya que, llegado el caso, lógicas como la de Emmy podrían llegar a ser de utilidad en la elucidación de nuestros propios mecanismos biológicos de percepción.

Puede afirmarse que Emmy presenta una “lógica” de la percepción, una lógica por la cual, a partir de datos sensoriales, infiere una interpretación de esos datos. Eso puede sostenerse, sin embargo, ¿acaso podemos descartar que nosotros mismos poseamos una lógica de la percepción? ¿Qué impediría postular que entre la recepción automática de datos fotosensibles mediante bastoncillos en nuestra retina y la conceptualización de un campo visual, medie un proceso que pudiéramos, en algún sentido, denominar inferencial? El hecho de que no seamos conscientes de dicho mecanismo no excluye la posibilidad de su existencia. Por el contrario, la relativa inmediatez con la que nuestra imagen visual transforma datos mecánicos en imágenes asegura que, de existir un procedimiento inferencial, careceríamos del tiempo suficiente para presentar un estado fenoménico sobre éste. Así como las personas muy veloces para resolver problemas matemáticos en ocasiones dan el resultado sin poder reconocer el mecanismo que emplearon para llegar a él, del mismo modo, si hubiera un cuasi-instantáneo, aunque complejo, proceso inferencial que mediara entre la percepción y la estructuración del concepto, seríamos seguramente incapaces de reconocerlo. La inferencia no es, eso debería estar claro, necesariamente consciente. Por el contrario, son raras las ocasiones en donde al razonar somos capaces de diagnosticar qué reglas estuvimos empleando. Desde el punto de vista fenoménico, un proceso inferencial no se manifiesta, generalmente, sino como la percepción de un vago esfuerzo mental sin mayores determinaciones.

No seríamos conscientes, entonces, de un mecanismo inferencial, si es que existiera. Probablemente tampoco sería el mismo que Emmy está ejecutando. Sin embargo, no es la analogía con nuestros propios procesos perceptuales lo que deter-

minaría la corrección de la lógica de Emmy. Más bien, sostendré que es su éxito en la tarea para la cual fue diseñada.

Puede alegarse que nuestras inferencias, las humanas, en situaciones de inconsistencia, no están reflejadas en la lógica de Emmy. Tal vez, incluso si pudiera ser, de alguna manera, adecuada para representar nuestras inferencias visuales o, en general, sensoriales, no representa lo que idealmente quisiéramos representar como el ideal de la razón. Lo que realmente queremos es entender cómo son nuestras complejas inferencias que conducen al desarrollo de pensamientos profundos y teorías científicas exitosas.

5. LÓGICA Y LÓGICAS

Siguiendo el razonamiento anterior, podríamos estar interesados en descubrir una lógica de la percepción, pero eso no es lo que buscamos como indicador de racionalidad. Coincidimos en que hay muchas otras inferencias que este modelo no aborda. Sin embargo, ese no es el tema central. Lo que estamos ilustrando con la programación de Emmy no es una lógica para el razonamiento común, sino el criterio de adecuación empírica que respalda la aceptabilidad de una lógica. Este mismo criterio podría aplicarse a otras lógicas, independientemente de su naturaleza. Incluyendo, por ejemplo, una lógica del cambio de creencia, que Harman no considera como lógica, sino como teoría del razonamiento.

Por supuesto, abandonar la exclusividad de la lógica clásica exige una clarificación de lo que entendemos por lógica. De manera general, y como lo expone Harman en relación con lo que llama “teoría de la inferencia”, una lógica señala “lo que se deduce” (véase nota 5 supra); según Beall y Restall, “qué se deriva de qué” (véase nota 10 supra). Ambas definiciones pueden interpretarse como referencias a una teoría sobre la consecuencia lógica. Dado que la filosofía de la lógica tradicional reduce la noción de consecuencia lógica a la preservación de la verdad entre fórmulas, la lógica ahora necesita una definición más amplia. Desde una perspectiva sintáctica, podemos verla como una teoría sobre cómo obtener datos a partir de otros,

sin necesidad de asignar un valor de verdad a esos datos. Semánticamente, como una teoría sobre la preservación de un valor, que se determinará para cada sistema. Formalmente, podemos definir una lógica como un sistema $\langle \text{For}, \vdash, \Vdash \rangle$ compuesto por un conjunto de fórmulas bien formadas y sus relaciones inferenciales semánticas y sintácticas, definidas por sus respectivas reglas. Esto permite incluir la lógica clásica, la lógica intuicionista, las teorías del cambio de creencias, la lógica de Emmy y otras “lógicas” nuevas (extensiones y variaciones de la lógica clásica). No hay garantía de que la definición se ajuste perfectamente a todos los casos que se han llamado lógica. Lo crucial es que es adecuada para abarcar un conjunto de sistemas para los cuales podemos proponer criterios para evaluar su racionalidad.

6. ¿POR QUÉ ACEPTAR UNA LÓGICA? LA ADECUACIÓN EMPÍRICA COMO CRITERIO

Tomemos, por un momento, un segundo ejemplo: recientemente, un programa diseñado para jugar al ajedrez, *AlfaZero*,²⁴ ha resultado ser definitivamente superior a todo jugador vivo, ganando indefectiblemente toda partida. *AlfaZero* tiene la peculiaridad de que, a diferencia de los programas anteriores, no ha sido diseñado a partir de estrategias reconocidas de juego. En cambio, el programa integró únicamente las reglas del ajedrez, a partir de las cuales se programó a sí mismo, mediante el procedimiento de jugar consigo mismo durante horas.²⁵ La primera e inesperada consecuen-

²⁴ Desarrollado por la empresa *DeepMind* en 2017.

²⁵ El programa difiere de otros programas que juegan ajedrez en un algoritmo base que emplea el árbol de búsqueda Monte Carlo, a diferencia del uso habitual de Minimax en otros programas. Sin embargo, no sabemos qué procedimientos particulares haya desarrollado a partir de ese algoritmo, ya que han sido el producto de sus reiteradas jugadas contra sí mismo. Tal como señala O Cinneide: “Supuestamente, la primera partida se habría compuesto de movimientos totalmente aleatorios. Al final de esta partida, *AlfaZero* había aprendido que el lado perdedor había hecho cosas que no eran tan inteligentes y que el lado vencedor había jugado mejor” (2018 *online*). Pero ese “supuestamente” indica que en realidad no sabemos qué hizo el programa.

cia fue que el programa demostró ser superior, en el juego, a cualquier otro agente, ya sea real o virtual. La segunda consecuencia es que, dado que el programa se “auto-programó”, no sabemos exactamente en qué consiste esa programación. Aprendió, podríamos decir, por “experiencia”. Es probable que el programa implementado no se asemeje a la forma en que los demás jugadores actúan. Sin embargo, dada su impresionante eficacia, nadie negaría que es un “buen” programa. *AlfaZero*, independientemente del procedimiento que utilice, “piensa” de manera excepcional. En otras palabras, el proceso inferencial que utiliza, sea cual sea, puede considerarse altamente confiable. Nadie diría que es irracional o que “razona de manera incorrecta”. Es cierto que no sabemos cómo funciona ese proceso que consideramos confiable. El punto es que la confiabilidad de este proceso, al igual que la de nuestros propios razonamientos, puede evaluarse por sus resultados. Tal vez tampoco sepamos cómo pensamos nosotros, los seres humanos, y lo que tenemos son modelos aproximados de procesos desconocidos. Pero el éxito de las inferencias garantiza la confiabilidad del sistema subyacente. La conclusión relevante es que no es necesario que el proceso sea intuitivo o que cumpla con ciertas normas formales.

La inferencia razonable no consiste, según este argumento, ni en la elucidación ni en la imitación exacta de nuestros propios patrones de inferencia. No reproduce necesariamente nuestros patrones inferenciales correctos, ni siquiera un patrón inferencial previo. Razonar adecuadamente simplemente significa razonar de manera que los resultados inferenciales sean exitosos. En el caso extremo, donde los nuevos patrones son completamente exitosos, es decir, siempre producen resultados correctos, la racionalidad es indiscutible.

La adecuación empírica de un sistema inferencial, entendido como un sistema para obtener información a partir de premisas (en este caso, inputs), no radica en replicar patrones de inferencia humanos, sino en implementar patrones que sean útiles. Por “útil”, nos referimos a un alto grado de éxito en alcanzar un objetivo específico, utilizando un proceso para obtener información a partir de datos de entrada. El hecho de que los patrones inferenciales humanos sean útiles, ya que han facilitado nuestra supervivencia como especie, es secundario en comparación con el criterio que estoy proponiendo.

Los criterios inferenciales útiles, siendo procesos formales, es importante destacar, no necesitan estar vinculados con la semántica del sistema. En el caso de la lógica paraconsistente LPAv2, de hecho, da Silva propone una semántica en la que las dos funciones originales se consideran como criterios evidenciales: la primera como evidencia a favor y la segunda como evidencia en contra. Esta semántica, sin duda, influyó en la percepción intuitiva que el autor tenía sobre lo que su lógica representa. Sin embargo, Emmy no tiene ninguna “noción” de evidencia cuando, al percibir simultáneamente dos sensores, ejecuta una serie de algoritmos que resultan en un movimiento. El robot no posee semántica. Al igual que el cuarto chino, Emmy no necesita “comprender” nada para actuar. La idea de que las funciones \vee y \wedge se aplican a una proposición P “hay un objeto delante” carece prácticamente de significado. Estrictamente hablando, el robot no aplica funciones a nada. Simplemente ejecuta una secuencia de bits que produce un movimiento. La semántica con la que da Silva conceptualiza no está “dentro de Emmy”. Ni en su “mente”, ni en ningún lugar. Además, cabe señalar que ni siquiera es una semántica intuitivamente correcta de cómo razonamos ante la evidencia. Mientras que las semánticas de la evidencia admiten un tercer valor, es decir, la falta de evidencia, Emmy actúa como si la falta de evidencia fuera evidencia en contra; es decir, si no detecta un objeto, asume que no hay ninguno.²⁶ En el sistema no hay violación del tercio excluido, como suele ocurrir en los sistemas lógicos epistémicos. En pocas palabras, la semántica de Emmy

²⁶ Es interesante señalar que existe cierta inadecuación entre sus presupuestos epistémicos interpretativos y la semántica formal que propone. Su juicio interpretativo sobre su semántica es que funciona como una semántica epistémica. Conforme a ello, denomina “evidencia” a favor o en contra a los inputs sobre los que la lógica del robot trabaja. Sin embargo, esa semántica no responde a las intuiciones habituales de las semánticas de la evidencia; a partir de datos sobre lo que denomina falta de evidencia, procede como si hubiese evidencia en contra. Si hay evidencia de que no hay un objeto y no hay evidencia de que no lo hay (estado Indeterminado), Emmy gira a la derecha. Eso sería extraño a menos que se asumiera que el que no hay evidencia de que no hay un objeto delante del robot significa que hay un objeto delante del robot. Lo que ocurre es que, arbitrariamente, el autor denomina evidencia “a favor” la del sensor izquierdo y evidencia en contra a la del derecho. Eso no representa ninguna intuición en absoluto; en cada sensor ocurre lo mismo, se detecta un objeto

es una representación para da Silva, no para Emmy. El robot funciona únicamente con sintaxis.

Esto no implica, naturalmente, que en el caso humano la semántica sea irrelevante en el proceso inferencial. De hecho, como acabo de mencionar, da Silva probablemente la necesitó para comprender y diseñar el programa. El hecho de que los seres humanos tengan estados “cualitativos”, como lo son, al menos en parte, las nociones semánticas, puede ser una parte crucial, incluso esencial, en nuestros procesos inferenciales. Estos procesos inferenciales humanos, al igual que los procesos informacionales, serán evaluados por sus resultados.

En relación a Emmy, ¿cómo determinamos si su lógica es adecuada? Evita obstáculos, se podría decir. Sus movimientos, que son cada vez más precisos en modelos posteriores, reducen la tasa de errores. En el caso de Emmy II, “las colisiones se deben principalmente a fallos en los sensores”, según señala Gómez (2016 35). Esto sugiere que la lógica, por sí misma, es correcta. Si es así, y el robot evita los obstáculos, entonces la lógica es, si no totalmente racional, al menos razonable. No importa si nadie más la utiliza o si fue diseñada específicamente para una máquina, constituye un buen criterio de logicidad.

Este tipo de análisis de los sistemas lógicos arrojará, como es ya manifiesto, más de un sistema de racionalidad. Algunos podrán seguramente reducirse unos a

o no se lo detecta. En un sensor, el detectarlo es interpretado como evidencia a favor; en el otro, como falta de evidencia en contra, pero puesto que los dos sensores hacen lo mismo, uno del lado derecho y otro del lado izquierdo, el tipo de información obtenida es también del mismo tipo. No hay razón alguna por la cual sería intuitiva una interpretación por la que la detección de un sensor funciona como evidencia en favor y la del otro en contra, puesto que ambos funcionan igual. La interpretación evidencial es sólo una interpretación que se asume para dar sentido a lo que se dice, pero no se ajusta a las intuiciones de la lógica de la evidencia, sino a los requerimientos específicos que se requieren para que el robot funcione bien. Todo esto implica que hay una inadecuación entre la semántica filosófica previa y la semántica formal. Ello pone de manifiesto que, aunque las intuiciones son importantes (probablemente da Silva no podría haber pensado el problema a menos que hubiese tenido a su disposición una semántica), no se requiere respetarlas si hay razones adicionales para desviarse de ellas.

otros. Sin embargo, no hay motivo para asumir de antemano que, al igual que las categorías *a priori* de Kant, solo exista una forma adecuada de inferencia.

Las lógicas de la vaguedad, por ejemplo, han sido utilizadas con éxito en el desarrollo de robots con comportamientos eficientes, y también se han implementado con éxito en electrodomésticos. Aunque estos electrodomésticos quizás no sean tan inteligentes como nosotros, sin duda realizan tareas de modo preciso y adecuado.

7. EL PROBLEMA DE LA CIRCULARIDAD

La contrastación empírica de los sistemas, cuya aceptabilidad se valora con el criterio de éxito mencionado anteriormente, requiere, por supuesto, sus propios criterios inferenciales. ¿Cuál es el vínculo, cabría preguntar, entre teoría y evidencia, entre una propuesta lógica y sus aplicaciones, tal que se pueda considerar corroborado un sistema lógico dado? ¿Cómo, se puede argumentar, defender la racionalidad de un sistema inferencial determinado sin presuponer la aceptabilidad previa de un sistema inferencial? Esta crítica es correcta. Asumir una lógica es necesario para aceptar o rechazar sistemas, ya que el vínculo de contrastación empírica es un vínculo argumentativo. ¿Invalida este hecho todo intento de justificación de sistemas de racionalidad? Lo debilita, por supuesto, pero no creo que lo invalide. La razón se pone de manifiesto si analizamos brevemente en qué consiste el vínculo entre teoría y evidencia: se trata de una relación no deductiva, como ya Hempel y Popper, entre otros, advirtieron de inmediato. Puede proponerse una variedad de lógicas no deductivas para el caso, pero no toda lógica puede desempeñar ese papel. Así, validar una lógica no depende de repetirla a nivel metateórico, como en una primera aproximación podría suponerse. No se trata de defender la validez del *modus ponens* a partir de su demostración en el nivel metateórico, mediante la aplicación de otro *modus ponens* isomorfo. Las lógicas adecuadas para la aceptación de sistemas a partir de datos se agrupan todas en un área específica, con características comunes, tales como la de permitir la inferencia de lo particular a lo general y la de admitir, por lo menos, algún índice de falla, ante la posibilidad (ya reconocida) de que la falla pudiera provenir

de la implementación física del programa, en lugar de originarse en el programa mismo. Todas ellas son lógicas no-monotónicas (nueva información puede cancelar conclusiones anteriores) y todas tienen el mismo objetivo: sustentar un sistema en sus aplicaciones. Aunque diferentes sistemas lógicos de contrastación resulten en conclusiones diferentes, su empleo en la elección de lógicas para objetivos diferentes al de una lógica de contrastación no es, en sentido estricto, circular.

8. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

La filosofía nació con una firme confianza en la apodicticidad de la razón. Esta confianza estaba basada en la aprioricidad, que contrastaba con la incertidumbre del conocimiento basado en la experiencia. A pesar de que el auge de las ciencias en los inicios de la modernidad estuvo ligado a la naturalización del pensamiento (es decir, el nacimiento de la “filosofía natural”), la filosofía mantuvo, durante mucho tiempo, su fe en la aprioricidad como el pilar de la razón.

Al igual que las geometrías no euclidianas desafiaron en su momento los límites de la analiticidad, llevando a la necesidad de decidir a posteriori entre un universo euclidiano y otros no euclidianos, curvos (detalle que no abordaré aquí), la lógica ha vuelto a desafiar los confines de la analiticidad. Esto ha convertido la elección entre sus alternativas en una decisión empírica, que requiere la intervención de la experiencia.

Dado que la facultad de la razón, al igual que otras habilidades naturales, es una adaptación evolutiva al medio, necesita ser estudiada desde su naturaleza terrenal. Además, al igual que la evolución permite mutaciones beneficiosas que no se han manifestado, la inferencia podría tener mecanismos no descubiertos que sean más adaptativos o confiables que los actuales. La experiencia, especialmente cuando se aplica a la informática, nos da la oportunidad de explorar estas alternativas. Es importante señalar que, ya que la inteligencia artificial tiene capacidades distintas a las humanas en cuanto a sistemas inferenciales, es posible que ciertos sistemas que no nos sirven a nosotros sean efectivos para ellas.

En cuanto a nosotros, los seres humanos, si nuestra capacidad inferencial específica resultara estar biológicamente fija y no pudiera modificarse, nos limitaría de manera irremediable. Sin embargo, quizás las estructuras específicas no sean biológicas.²⁷ Nada impide que la razón, entendida como la facultad general de extraer información a partir de un conjunto inicial, pueda manifestarse en el ser humano de diferentes maneras. Así, el ser humano podría también adoptar nuevas formas de racionalidad, al igual que los robots.

REFERENCIAS

- Beall, J.C y Restall, Greg. *Logical Pluralism*. Estados Unidos: Oxford University Press, 2005. <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199288403.001.0001>>
- Blair A. Howard., Subrahmanian V.S. “Paraconsistent Logic Programming”. *Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science. FSTTCS 1987*. Lecture Notes in Computer Science Vol. 287. Eds. Nori Kesav V. Berlin, Heidelberg: Springer, 1987. 340-360. <https://doi.org/10.1007/3-540-18625-5_59>
- Goodman, Nelson. *Fact, Fiction and Forecast*. Cuarta edición. Massachusetts: Harvard University Press, 1979.
- da Costa, Newton C.A. & Abe, J.M. & Subrahmanian, V.S. “Remarks on Annotated Logic”. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik* Vol 37, 1991. 561-570.
- da Silva Filho, João Inácio. *Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos, Tesis Doctoral*. Universidad de San Pablo, San Pablo, Brazil, 1999.

²⁷ Of course, every capability has a biological basis; a reptile surely lacks the biological foundation that allows humans to think, and perhaps even a chimpanzee doesn't possess it. But from that foundation, there may still be a wide range of variability.

- _____. “Introdução ao conceito de estado Lógico Paraconsistente $\epsilon\tau$ ”. *Seleção Documental: Inteligência Artificial e novas Tecnologias* 17.5 (2010): 20-24.
- Field, Hartry. “What is the Normative Role of Logic?” *Proceedings of the Aristotelian Society* 83.1 (2009a): 251-268. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8349.2009.00181.x>>
- Field, Hartry “Pluralism in Logic”. *Review of Symbolic Logic* 2.2 (2009b): 342-359. <<https://doi.org/10.1017/s1755020309090182>>
- _____. “What is Logical Validity?” *Foundations of Logical Consequence*. Eds. C. Caret and O. Hjortland. Oxford University Press, 2015. 32-70. <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198715696.003.0002>>
- Gómez Gómez, Cristina. “Lógica paraconsistente anotada aplicada a los robots Emmy”. *Scribd*. Subido a internet por su autora el 30-10-2016. Descargado el 2/11/2023. <<https://es.scribd.com/document/329391074/Logica-Paraconsistente-Anotada-en-Los-Robots-Emmy>>
- _____. “Lógica Paraconsistente Anotada Aplicada a los Robots Emmy”. *Scribd* 2017. Subido a internet por su autora el 20/X/2017. Descargado el 2/11/2023. <<https://es.scribd.com/document/329391074/Logica-Paraconsistente-Anotada-en-Los-Robots-Emmy>>
- Harman, Gilbert. *Change in View: Principles of Reasoning*. M.I.T. Press, Cambridge, 1986.
- Hjortland, Ole T. “Anti-Exceptionalism About Logic”. *Philosophical Studies* 174 (2017): 631–658. <<https://doi.org/10.1007/s11098-016-0701-8>>
- Kant, Immanuel. *Lógica. Un manual de lecciones Edición original de G. B. Jäsche 1800: Acompañada de una selección de Reflexiones del legado de Kant*. Ed. M. J. Vázquez Lobeiras. Madrid: Akal Ediciones, 2000.
- Kapsner, Andreas. *Logics and Falsifications. A New Perspective on Constructivist Semantics*. Studia Logica Library. Trend in Logic Suiza: Springer, 2014.
- Martins, Helga G., Lambert-Torres, Germano, Lemke, Ana M., Nascimento, Marcelo C., Torres, Cláudio R. “Emmy-Paraconsistent Autonomous Robot”. *Revista Ciências Exatas - Universidade de Taubaté Brasil* 15.2 (2009): online.

- <https://www.researchgate.net/publication/293174679_Emma_-_Paraconsistent_Autonomous_Robot>
- MacFarlane, John “In What Sense (if Any) is Logic Normative for Thought?” *Central Division APA* (2004): 1-24. Inédito. Referido en (Steinberger, 2017a) y en (Steinberger, 2019). <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:122695239>>
- _____. *Assessment Sensitivity*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- Milne, Peter. “What is the Normative Role of Logic?” *Proceedings of The Aristotelian Society* 83 (2009): 269-298. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8349.2009.00182.x>>
- O Cinneide, Mel. “Cómo Juega *AlphaCero* al ajedrez?” Versión en español actualizada el 26/V/2018. *Chess.com Developer Community*, 2018. <https://www.chess.com/es/article/view/como-juega-alphazero-al-ajedrez> Consultado el 02/11/2023.
- Pazos, María Alicia y Gaytán David. “La semántica subyacente en la filosofía paraconsistente de da Costa”. *Andamios Revista de investigación social* 20.53 (2023): 61-90. <<https://doi.org/10.29092/uacm.v20i53.1031>>
- Quine, Willard van Orman. “Epistemology Naturalized”. *Ontological Relativity and Other Essays*. Nueva York: Columbia University Press, 1969. Online. <<https://doi.org/10.7312/quin92204-004>>
- _____. “Two Dogmas of Empiricism, 1953”. *From a Logical Point of View 2da ed.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1980.
- Steinberger, Florian. “Consequence and Normative Guidance”. *Philosophy and Phenomenological Research: 98.2* (2019): 306-328. Se cita la versión editada por *BIRON*, *Birkbeck Institutional Research Online*, Reino Unido: 2017a. em <<https://eprints.bbk.ac.uk/id/eprint/18703/1/Consequence%20and%20normative%20guidance%20PPR.pdf>>. (págs. 1-29).
- _____. “The Normative Status of Logic”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. E. Zalta. Stanford University, 2017b. <<https://plato.stanford.edu/entries/logic-normative/>>
- _____. “Three Ways in Which logic Might Be Normative”. *The Journal of Philosophy* 116.1 (2019): 5-31. <<https://doi.org/10.5840/jphil201911611>>

- Wason, Peter. C. "Reasoning". *New Horizons in Psychology*. Comps. B. Foss. Harmondsworth (Middlesex), Reino Unido: Penguin, 1966. 135-151.
- _____. "Reasoning About a Rule". *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 20.3 (1968): 273-281. <<https://doi.org/10.1080/1464074680840016>>

REASON NATURALIZED (AN EMPIRICAL JUSTIFICATION OF LOGIC)*¹

LA RAZÓN NATURALIZADA (UNA JUSTIFICACIÓN EMPÍRICA DE LA LÓGICA)

MARÍA ALICIA PAZOS
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
México D.F., México.
alicia.pazos@uacm.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4209-4036>



ABSTRACT

The question of rationality is approached from the justification of logic, considering the existence of alternative systems. I delimit this topic to the justification of our criteria for rationality, focusing on inferential rationality. In light of this, I suggest *a posteriori* solution to recognize logical systems as reasonable, given the absence of an infallible notion of rationality. This proposal is pluralistic, acknowledging multiple valid systems, and normative, establishing that not all have the same value: some are more suited for inferences than others.

Keywords: rationality; logical pluralism; logic; normativity; logic *a posteriori*.

* This article should be cited as: Pazos, María Alicia. "Reason Naturalized (An Empirical Justification of Logic)". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 221-253. <https://doi.org/10.18270/rfc.v23i47.3610>

¹ This work was concluded with the support of the UACM-CHYCS Research Project, File 151, 2003. I am grateful for the comments from its members, especially those from David Gaytán Cabrera. I appreciate the feedback from the anonymous reviewers of this article, which substantially improved it

RESUMEN

Se aborda la cuestión de la racionalidad desde la justificación de la lógica, considerando la existencia de sistemas alternativos. Delimito este tema a la justificación de nuestros criterios de racionalidad, centrándome en la racionalidad inferencial. Ante esto, sugiero una solución *a posteriori* para reconocer sistemas lógicos como razonables, dada la inexistencia de una noción infalible de racionalidad. Esta propuesta es pluralista, reconociendo múltiples sistemas válidos, y normativa, estableciendo que no todos tienen el mismo valor: algunos son más aptos para inferencias que otros.

Palabras clave: racionalidad; pluralismo lógico; lógica; normatividad; lógica *a posteriori*.

1. THE PROBLEM OF JUSTIFYING REASON

...if we separate all the knowledge that we must obtain from objects and reflect upon the use of understanding in general, then we discover those rules of it which are quintessentially necessary for any purpose and independently of all particular objects of thought, because without them we would not think at all. Hence, these rules can be comprehended a priori (...) That science of the necessary laws of understanding and reason in general... we thus call logic. (Kant 2000 79-80).²

² *Lógica. Un manual de Lecciones*, is the name, in its Spanish version, of the work that, as a product of Kant's own class notes, was edited by G.B. Jäsche, under the title of *Lógica de Kant*, on his behalf.

That was said by Immanuel Kant in the year 1800. Logic, as the science of the laws of thought, was considered necessary and a priori.

The apriorism of logic allowed it to maintain the certainty that Kant would question for metaphysics. Logic was, therefore, considered a reliable source of knowledge. That certainty, in turn, resulted in the normativity of logic, conceived as the science of "correct" thinking.

Logic is... an a priori science of the necessary laws of thought... a science, therefore, of the correct use of understanding and reason in general, but not in a subjective sense, that is, not according to psychological (empirical) principles: how the understanding thinks, but in an objective sense, that is, according to a priori principles: how it ought to think. (Kant 2000 84, author's italics).

Kant's text immediately raises several questions: (1) How does apriority guarantee the correctness of logic? And why would it? (2) If the error inherent in human use of reason has been eliminated, why still trust in reason itself? (3) How would reason define itself, apart from its use?

To justify the existence of reason, distinct from its use (responding to question 3), we can consider it as a human capacity. Although I will later argue that it is not limited only to humans, this attribution is sufficient to distinguish between a faculty and its use. Thus, there could exist a faculty that not only allows but also guides certain uses. Just as we assume, without adding too much ontological weight, that we have an ability to utter grammatical statements (which even an infant uses to form sentences without being aware of it), we can believe that we possess a faculty that guides our inferences.

It is necessary to pause for a moment to point out that we might find other candidate faculties that, if not to be identified with rationality, should at least be considered part of it. Perhaps there are actions that we also consider rational although they do not stem from an inference. For example, it could be considered rational to cross the street when the traffic light is green, even if we do so automatically and without inferring it. It might even be argued that our instincts are, in a

certain sense, rational. For instance, it would be rational to flee if we come across an uncaged tiger. That would not be rational in the sense of a decision motivated by a correct inference, but rather an action that is better to take than not, with the natural objective of surviving. In an objective sense, one that evaluates the action rather than its causes, fleeing from a giant feline is rational, whether it is instinctive or the result of deliberation. If we wish to judge the rationality of our actions from a third-person viewpoint, it could be considered sensible to find rational both the actions that are the product of our inferences and those that are the result of any other mechanisms if they lead to the correct end. But that kind of rationality would not be, of course, the rationality associable with a logical system, since logical systems only deal with inferences and not with other links between ideas, such as free association or imagination, nor with instincts and actions motivated by non-inferential means. In the following discussion, I will focus solely on the problem of the normativity of logic. Specifically, I will examine the extent to which normative systems present, and potentially govern, inference. The concern for the normativity of logic arises as the concern for the normativity of a system that describes not the “reason”, a term that can refer to many things, but the faculty of reasoning.

Gilbert Harman (1986) refers to the logic whose normativity we are considering, as what he calls a *theory of inference*, and contrasts it with a *theory of reasoning*.³ The theory of inference states what follows from what,⁴ not what we can or should infer, we human beings. Harman emphasizes that there are constraints, such as short-term memory capacity and limited time to make decisions, that restrict certain uses. However, in specific situations, Harman considers that it's not only that we cannot

³ “Logic is the theory of implication, not directly the theory of reasoning” (Harman 1986 10).

⁴ Harman asserts that “A judgment that S ought to do A, according to the law, is not the judgment that this conclusion follows deductively from certain legal principles together with the facts of the case.” (Harman 1986 134) Logic, the theory of implication, would deal with what is deductively followed; the theory of reasoning would deal with the former, with someone's judgment: “...such judgments are judgments about decisions that would be made by someone...” (Ibid. 135) The theory of reasoning deals with that, however, it does not describe actual inference, which includes cases of error, but rather “...decisions that would be made by someone who accepts law as binding

infer according to logical laws due to our limitations, but often we should not do so.⁵ His proposal suggests a middle ground between logic and concrete uses. According to the author, these concrete uses would be guided not by the theory of inference, but by the theory of reasoning. This theory, although not identified with logic, is not simply a description of uses; it is distinguished from them in such a way that it has a normativity over them.

Harman's delineation between logic as an abstract construct and the practical norms of reasoning prompts the author to scrutinize the extent to which logic is normative in the context of daily reasoning: "According to Harman, once we realize that principles of deductive logic are not norms of reasoning in and of themselves, a gap opens up between the two" (Steinberger 2017a 2).

From this distinction arises the issue of the normativity of logic, which has thus been framed as a challenge to Harman's position: "[the] influential skeptical challenge to the thesis that logic and norms of reasoning are indeed interestingly related" (Steinberger 2017a 1-2).

Since they are different, it is essential to connect them if logical normativity is based on guiding common inference. This connection could be achieved by linking logic with the theory of reasoning, using something akin to the 'bridge principles' that John MacFarlane (2004) mentions.⁶

and who reasons without error in the light of all the relevant facts." (Ibid. 135. Italics added). Just as Harman distinguishes between the two theories, he seems to acknowledge only the existence of two theories in relation to the notion of consequence: deductive logic, on one hand, and the theory of reasoning, understood as the theory of rational decision, on the other. Other non-classical logics (which, evidently, already existed in 1986) are not taken into account.

⁵ He claims, for example that "...the Logical Closure Principle is not right either. Many trivial things are implied by one's view which it would be worse than pointless to add to what one believes." (1986 12).

⁶ The *bridge principle* is, for MacFarlane, y Steinberger's words, "...a general principle articulating a substantive and systematic link between logical entailment and norms of reasoning" (Steinberger 2017a 2). More specifically, "Bridge principles are general principles that articulate the ways in which a valid argument (or our attitudes towards such an argument) normatively constrains doxastic attitudes towards the relevant propositions" (Steinberger 2019 3). See the notion and clarification in MacFarlane's work in (2004) and (2014).

The controversy regarding the normativity of logic, posed in this way, has led to a considerable bibliographic development that,⁷ one way or another, fills that gap by offering more encouraging answers than Harman's skeptical conclusion. Although these solutions do not follow exactly the original approach of the author,⁸ all of them conform to his general framework: logical normativity depends on bridging the gap between logic and our inferences.

However, in this line of argument, there is an assumption of the correctness of logic itself as a theory of correct inference, which is not questioned. But why trust in logic? If it no longer reflects the rationality of the ordered cosmos of the Greeks or the omniscient mind of God, but a human capacity, and if we are only facing rules created by humans, how can we be sure that it actually shows 'what follows from what'?⁹

⁷ Field (2009a, 2009b, 2015), MacFarlane (2004; 2014), Steinberger (2017a, 2017b, 2019), among others.

⁸ "(...) the type of first-personal normative role Harman is concerned with differs from the third-personal normative roles other contributors to the debate have in mind (Field (2009a, 2014), MacFarlane (2004), Milne (2009), Streumer (2007) (...)). Consequently, the proposals of MacFarlane and others cannot be said to meet Harman's skeptical challenge" (Steinberger 2017a 2). The normative roles proposed in the debate can be classified into three: "Norms can fulfill at least three distinct functions. Norms can have the purpose of providing first-personal guidance in the process of practical or doxastic deliberation. I call norms that play this role *directives*. Alternatively, norms might serve as objective, third-personal standards of evaluation. I call norms playing this role *evaluations*. Finally, norms might serve as the basis for our (equally third-personal) criticisms of our epistemic peers and so underwrite our attributions of praise and blame. I call norms that play this role *appraisals*." (Steinberger 2017a 13, *Itálicas del autor*). See also (Steinberger 2019 2). Although the challenge of the authors that Steinberger mentions as the 'other contributors' is different from Harman's, in the sense that it confronts different normative roles, it can still be affirmed that they would have found, within the general scheme, a normative role for logic.

⁹ "An account of logical consequence is an account of what follows from what—of what claims follow from what claims (in a given language, whether it is formal or natural)." (Beall & Restall 2005 3).

Logic, conceived as the formal system that defines our notion of deductive consequence, which we know today as classical logic, was defended by Carnap and Hempel as *a priori* knowledge. In it, what Descartes called in his time 'truths of reason' is reduced to the laws of a logic considered universal, that of Russell and Whitehead's *Principia Mathematica*. These statements have the virtue of analyticity. The response of these authors to the problem of the correctness of logic is that its analyticity guarantees its truth independent of experience. If this is true, there is still one more step to take to infer 'what follows from what' from the logical truths of the system. This step is indeed taken in Russell's logic, since for every conditional logical truth it is possible to demonstrate, in turn, the inference of the consequent, given the antecedent as a premise. The rules of inference can, then, be demonstrated from the logical truths, with the introduction of at least one rule.¹⁰ A rule can also be considered analytic. Its analyticity does not lie in its necessary truth (rules are not true, as they are not statements), but in that, if the premises were true, the conclusion would also always be true. The 'correctness' of the system would consist in guaranteeing that.

For logical positivism, as long as logic is correct in the indicated sense (that is, due to the analyticity of its inferences), it has, just as for Kant, a normative character. This normativity is based on its *a priori* nature, which is derived from its analyticity.

The bridge that Harman requires remains necessary, but the crucial point here is that, before considering logic as normative in the context of the mismatch between logic and reasoning, we must first justify why to accept logic itself. This more basic and fundamental challenge is addressed by logical positivism through the argument of analyticity.

However, the difficulty arises again with the advent of new logics. While some logics alternative to the classical suggest different laws and rules, in other systems the

¹⁰ If there weren't at least one basic rule of inference, we could not infer anything from logical truths. In fact, without rules, we could not infer anything from truths or any statement.

validity of the principles does not always ensure the validity of the linked rules.¹¹ Moreover, not all systems maintain truth; there are values that deviate from truth, such as acceptability, probability, among others, and designated/undesignated values that lack clear meaning. Given this diversity in logic and the fact that each system, from its semantic perspective, sees certain principles and rules as analytically true or valid, how to decide which system is the 'appropriate' one? To think that all are 'correct', as if they represented valid forms of argumentation, is not viable if we want a unified notion of validity, given that many are inconsistent with each other.

Nelson Goodman, as early as 1979, clearly outlined the reasons why the certainty of logical truths poses an unsolvable problem: we take theorems for granted because of their inferential guarantee. But why consider valid axioms that, by definition, do not follow from anywhere else? Their analyticity, it should be added to Goodman's idea (1979), constitutes a circular argument. A semantics leading to the analyticity of a set of formulas, which is precisely the basis of its construction, simply confirms that the analytical statements are exactly what they were expected to be. Likewise, the validity of an argument presupposes the correctness of its structure, taking the justification *ad infinitum*.

If the analyticity of a system constitutes a circular argument and, moreover, different logical systems have their own criteria of analyticity that lead to different conclusions, then the alternative of analyticity to evaluate any logic no longer remains. Thus, only an *a posteriori* justification remains. Willard Van Orman Quine (1953) reached a similar conclusion in other terms, by more radically denying even the possibility of defining analyticity. Whether we regard the distinction between analytic and synthetic statements as untenable, or we choose to define analyticity

¹¹ I define a rule α as linked to a law β when the antecedent of β is the conjunction of the premises of α and has the consequent of β as its conclusion. To give some examples, Priest's LP system validates all the laws of classical logic but not all its rules of inference: it accepts the propositional version $(\alpha \& \neg \alpha) \rightarrow \beta$ but not the rule $(\alpha \& \neg \alpha) / \beta$; the FDE system (First Degree Entailment) and Kleene's strong system, L3, do not accept any tautologies, though they have, of course, rules of inference (Kapsner 2014 73).

conventionally for each logical system, the outcome remains unchanged: if the acceptability of logic, or of a particular logic, is to be judged, this can only be done *a posteriori*. As Quine himself pointed out in 1969 in relation to epistemology, it is imperative to 'naturalize' logic as well (1969).

What would Kant have thought about the possibility of synthetic *a priori* judgments if he had had access to alternative logical systems competing for academic hegemony? Perhaps he would have reconsidered the possibility of such judgments a couple of times.

The challenge we encounter is the justification of logic, a task made more complex by the diverse range of logical systems that have emerged over the past four decades. Confronted with this array of alternatives, the pressing question becomes: why should one adopt any particular logic?

A panorama unfolds before us. One that ranges from classical deductive logic and its old contender, intuitionist logic, through free logics and conservative extensions of logic (within which one must choose, for example, between the modal extensions T, S4, and S5), to non-monotonic, paraconsistent, and fuzzy logics, to mention the most well-known. Attempts at mutual reduction and criteria for identifying intersystem equivalences point, perhaps, to the recovery of a unique system. But, with the general challenge of justifying logic already on the horizon, why trust that even if there were a single system, it would be the correct one? Did the mere fact of having known only one system in the past guarantee its accuracy due to its uniqueness?

In the ensuing discussion, I pose the general problem of the justification of our criteria of rationality, understanding by 'rationality' the capacity to infer (which I will define more precisely later). Once the issue has been raised, I propose an *a posteriori* strategy to identify the reasonableness of logical systems. This proposal aligns with antiexceptionalism,¹² the position according to which logic, since it

¹² "Logic isn't special. Its theories are continuous with science; its method continuous with scientific method. Logic isn't *a priori*, nor are its truths analytic truths. Logical theories are revisable, and if they are revised, they are revised on the same grounds as scientific theories" (Hjortland 2017 2).

is a posteriori, that is, it is empirical, requires the same methods of validation as the empirical sciences. I believe that an antiexceptionalist stance is inevitable given the impossibility of justifying anything a priori. Within this general conception of the methodology of science, I suggest a specific strategy for the case of logics. This strategy does not necessarily presuppose an essential difference between them and other scientific disciplines. As a result, it leads to a pluralist approach, acknowledging multiple correct inferential systems. Moreover, it is normative, as it asserts that some systems are preferable for conducting inferences. We do not deal with human inferences in contexts of uncertainty or limitations, nor with inferential complexity. We also do not concern ourselves with the rationality or normativity of a theory of reasoning, nor with the rationality of a logic as conditioned by its link with a theory of reasoning. A logic, considering the multiplicity of existing systems, does not always aim to model ordinary inference, although it always aims to model inferences (otherwise, I would not consider it logic). Logical systems no longer have that single objective, that is, to represent the inferences of ordinary language or to ensure the transmission of truth. Consequently, what follows from what will depend on what is intended to be conveyed through the inferential link, and for what purpose. Once a logic has been evaluated based on whether it captures a certain inferential notion for which it was designed, it is not necessary to further justify it through bridge principles.

We do not conclude which systems would be correct, but rather we provide a criterion for the justification of logical systems and, therefore, for the recognition of correct inferences.

2. A FORM OF THE NATURALISTIC FALLACY

Considering how various scientific disciplines have successfully justified various disciplines, let's assume that to justify our logical systems we may turn to experience. What experiences should we consider? If we consider the argumentative utterances of human beings in their concrete contexts, the evidence thus obtained would not be

normative. Suppose we derive a set R of inference rules and a set T of theorems that, in the best of cases, everyone accepts and applies consistently. Does this imply that they should accept them? Does it mean that using those rules in everyday life guarantees “good” reasoning? Yes, if we define “reasoning well” as reasoning in the way that people do in their daily lives. However, this does not guarantee that “reasoning well” has normative force. There seems to be no reason to continue doing something just because it is a common practice. Moreover, if we interpret “correctly” in a normative sense, the fact that people act in a certain way routinely does not imply that it is the correct way. This is, in summary, the naturalistic fallacy.

Next, I will argue that some attempts to overcome the fallacy I describe are ineffective or only partially effective. In the following section, I will present my proposal.

Evolutionary reasons: We could provide reasons, especially in the case of the justification of inference, that support a certain normativity in its use. For instance, evolutionary reasons: our intellectual capacities, such as inference, memory, idea association, and numerical ability, are the product of our evolution as a species. We no longer confront a transcendental reason or the *logos* structuring the cosmos, guaranteeing its knowability. We are dealing with human reason that has been essential for our survival as a species. So, should we not value and preserve it? It's a possibility, but it doesn't guarantee that it's the best option. Evolutionary justification may offer a degree of normativity, but not one that evaluates other forms of reasoning that we indeed employ.

In this argument, we have assumed two premises: 1) that we never make mistakes, which may be false, and 2) that we all reason in the same way, which is debatable. If these premises were true, an empirical study focused on our inferential behavior would give us the desired criteria. However, this is not the case for two reasons:

Firstly, the occurrence of reasoning errors must be acknowledged. Without such errors, logic as a normative system would be redundant. We do not treat the laws of physics as norms; it would be nonsensical to mandate that objects must continue in their state of motion or rest unless acted upon by an external force, simply because this is not a rule that can be violated. Similarly, if flawless reasoning accord-

ing to certain patterns were universal, there would be no need to enforce these patterns as a standard for proper reasoning. However, if incorrect reasoning is possible, meaning if we deviate from established inferential patterns or lack them altogether, then an empirical study of our reasoning would fail to provide relevant data for establishing norms. This would be true unless we had a way to identify these errors, which would assume the very point at issue. For instance, if people commonly commit the fallacy of affirming the consequent, a researcher documenting patterns of thought might erroneously validate this fallacy. In essence, if we accept all inferences made by individuals as valid, we would be left with few, if any, to categorize as incorrect—only those that nobody actually makes. But proposing a normative system to exclude patterns that are never used would be pointless.

Statistical analysis based on usage: One might consider an approach where, despite acknowledging that people sometimes err, we could assume that statistical analysis would allow us to validate the most frequently used rules and dismiss the less commonly used ones as inadequate. Nevertheless, this approach is flawed for several reasons: Firstly, there is no substantial reason to believe that the frequency of a rule's use ensures its correctness. This might hold for conventional rules, such as those governing grammar, but when we seek rules that better transmit truth or information, popularity doesn't necessarily equate to reliability. Secondly, as demonstrated by a famous experiment by Wason (1966) presupposing the use of *modus tollens*, the error rate can be overwhelming. Wason (1968) notes a 90% error rate. How, then, can we make judgments about correct inferences when errors are almost systematic? Moreover, what acceptance percentage should be the threshold for validating or rejecting a rule? Could not a rule that is less widely used still be a good one? For instance, a rule that is a composite of others, like dilemmas, should it not be acceptable even if only a few individuals use it, considering it derives from others and thus ensures the same outcomes? Following this argument, might there not be a few individuals, more intelligent in some relevant aspect, who employ excellent rules for truth transmission that the majority have not yet grasped, even if these rules are not derived from more well-known ones?

Statistical analysis regarding intuitions: An alternative proposal for experimental study might not only focus on inferential uses but also, or primarily, on speakers' inferential intuitions. This approach has the advantage that we have intuitions about what is correct as well as what is incorrect. Unlike usage, which only allows us to distinguish rules that are used from conceivable but unrealized uses, intuitions enable us to differentiate between acceptable and unacceptable inferences. For example, if we take the rule of *modus tollens* and find that 8 people use it and 2 do not, the mere fact of non-use doesn't indicate its invalidity. However, if intuitions are considered and it turns out that 20% reject its use, we have a criterion for rejection that isn't dependent on the percentage of individuals who use it. Moreover, if some people practice an inference but intuit that they shouldn't, this gives us an indicator of error. Thus, faced with a sample that presents inconsistencies (some people accept the fallacy of affirming the consequent as an argument, others claim that this should not be done), the experimenter could use inconsistency as an additional decision-making criterion. They might exclude from their sample those individuals who are inconsistent, who sometimes use or accept from their intuitions and sometimes reject the same argument form. They might also exclude rules considered inappropriate by some, even if others use them, if the users do not express having intuitions about them. The inconsistency criterion might resolve some issues, but it still leaves many options open. Is a rule acceptable if used by a small subset of individuals, say, by 1% of the population, if no one explicitly rejects it? Is a rule acceptable if, though not actually rejected by anyone, it would be if someone were to reflect upon it? In other words, should only previous facts be considered, or should ideal speakers be considered? As we can see, the empirical acceptability of uses and intuitions requires additional criteria. It is unclear how to justify since we lack experience as a guide (it's about deciding which experience to accept) and we also lack reason as a guide, since that is precisely what we are trying to justify.

Coherence: The coherence of rules is a promising criterion for making decisions when a rule is less frequently used than others. A rule that is derived from widely accepted rules, or interdefinable with known rules, should be accepted. Con-

versely, rules that lead to results incompatible with non-problematic rules should, it seems, be rejected. The internal consistency between syntax, semantics, and prior objectives, as well as the philosophical intuitions of each system, also contribute to its rationality.¹³

Internal coherence, however, does not constitute a decision-making criterion between alternative logical systems. Although it could allow us to discard some systems for being inconsistent, it does not provide us with a criterion to distinguish among the rest.

When we consider not only classical logic but also the empirical assessment of other contemporary logical systems, an additional problem arises: assuming that specific instances of argumentation represent one system over another presupposes the adoption of a formalization of those cases. This formalization invariably necessitates reinterpreting the argument under precise schemes, which people generally do not have when they argue. Almost any inference can be reinterpreted in most logical systems; any inferential deviation from the norm can be reinterpreted as a new pattern within some system, as ordinary inferences are too imprecise to allow for selection among formal systems that are precise and, though often incompatible, only minimally divergent in what they represent. In other words, the vagueness of an ordinary inference permits a variety of representations that can easily fit into inconsistently related systems, just as a child's blurred mental image of a large bird with short legs could be interpreted in our more precise and adult system as either a duck or a goose, indistinctly. The empirical identification of arguments with certain forms over others is, in itself, an anticipatory decision about which system to accept. This identification tends to be based primarily on the argumentative intuitions of the proposing logician. Since historically proposed logical systems by both philosophers and mathematicians have not typically relied on empirical studies, only their

¹³ We analyze this link in Pazos and Gaytán (2023). The intuitions of researchers, although not decisive in themselves, constitute an important part of the reasons to evaluate, as they represent prior philosophical motivations.

intuitions remained. These are not naive intuitions, of course, but rather ones that are considered, systematized, and developed, yet intuitions, nonetheless.

This criterion, the logician's intuitions, is not arbitrary: it involves a self-reflection on one's own inferential patterns, patterns that are expected to share a significant degree of homogeneity with those of the analyzed community, especially if the evaluated community is the same one the logician is part of. However, given the multiplicity of systems developed over half a century of thought, where each system appears to be backed by its own equally strong and reasonable intuitions, intuition alone does not provide the primary path forward. Although it is an important criterion of adequacy since systems have been developed from it and it would be internally inconsistent if they did not align with their original intuitions, intuitions do not serve as definitive criteria for evaluating different logics.

Non-Human Intelligence: Next, I propose an initial solution to the paradox of the multiplicity of logics. This solution does not circumvent the multiplicity, but rather constrains it to what is reasonable, with a sufficiently precise criterion of reasonableness. From this point forward, I will opt to use the term 'reasonableness' instead of 'rationality', since the proposed criteria yield fallible results. I will use both terms, rationality, and reasonableness, in this more flexible sense.

We propose that the solution can be achieved through specific criteria based on concrete, successful, and formally advanced empirical research. Research in artificial intelligence, not to model what we, human beings, do (since that would presuppose knowing what we do), but to model specific tasks that require inferences leading to defined results.

3. A CASE FOR ILLUSTRATION: AN EMPIRICALLY ADEQUATE COMPUTATIONAL SYSTEM

The Brazilian João Inácio da Silva took on the task of designing a robot, with the sole capability of moving in an unstructured environment,¹⁴ by implementing the computational logic of Newton da Costa's paraconsistent logic, without colliding with surrounding objects.¹⁵ With this goal in mind, he reinterpreted the Annotated Paraconsistent Logic (LPAv2)¹⁶ to fit the needs of his small mobile device. This device, which he named Emmy, and of which he successively developed three versions (Emmy I –in 1999–, Emmy II –in 2002–, and Emmy III –in 2009–),¹⁷ measuring 60 cm in its first version,¹⁸ was conceived with the purpose of evaluating the computational performance of a paraconsistent logic.¹⁹ The implementation of the program is complemented by two ultrasonic sensors. Through these, Emmy

¹⁴ The notion of an unstructured environment refers to a setting that is irregular and not necessarily geometric or controlled. Moving on a flat surface is, of course, simpler. However, it is crucial to design robots that can navigate uneven terrain. For instance, a mechanism intended for exploring the surface of an unknown planet would require this capability.

¹⁵ In addition, the third version aims to find a predetermined destination in the environment (Martins et ál. 2009 12).

¹⁶ As Gómez (2017) indicates, the annotated paraconsistent logics were first developed by Subrahmanian. Later, Blair and Subrahmanian (1989) applied them to databases. Da Silva revisited them from the Brazilian Newton da Costa, who in 1991 co-wrote with Subrahmanian (da Costa et al. 1991). See the works of da Silva from 1999 and 2010.

¹⁷ See Martins (2009).

¹⁸ Cfr. (Gómez 2017). The subsequent prototypes, Emmy II and III, were smaller.

¹⁹ A paraconsistent logic is, by definition, one that does not allow the inference of any statement β from inconsistent premises, one of which is the negation of the other. It is a logic in which the rule 'Ex contradictione quodlibet' is not available. From a semantic perspective, paraconsistent logics are interpreted as those that do not allow inferring everything from an 'inconsistent' base. This presupposes conceiving the base of the inferential rule as consisting of statements or propositions, bearers of truth, since it is the statements that can be inconsistent with one another. A computatio-

receives two signals. According to da Silva's semantic interpretation, Emmy assigns to a 'proposition' P , which we can understand as 'There is an object ahead', a degree of favorable evidence $\mu(P)$, which is the result of applying to P the function μ , and a degree of unfavorable evidence $\lambda(P)$, whose values can be 0 or 1. We interpret ' $\mu(P)=1$ ' as 'There is evidence in favor of there being an object' and ' $\mu(P)=0$ ' as 'There is no evidence in favor of there being an object.' Whereas ' $\lambda(P)=1$ ' is understood as 'there is evidence against there being an object,' and ' $\lambda(P)=0$ ' as 'there is no evidence against there not being an object.' The combination of signals from both sensors, $P(\mu, \lambda)$, assesses the evidence for and against the presence of an object in front of the robot. Da Silva (2010, p.12) indicates four possible states of the robot:²⁰

- 1) $P(1, 0)$, which symbolizes V and is termed true,
- 2) $P(0, 1)$, which symbolizes F and is termed false,
- 3) $P(1, 1)$, which symbolizes T and is termed inconsistent and
- 4) $P(0, 0)$, which symbolizes \perp and is termed indeterminate.

nal implementation of a logic is always an implementation of its syntax, not its semantics. What the computer (in this case, the robot) follows are the syntactic rules; it 'knows' nothing about semantics and cannot interpret its inputs as true or false statements, nor, therefore, its input data as inconsistent in a semantic sense. However, its logic is paraconsistent by definition if it violates the principle of Ex contradictione. This is independent of how the programmer interprets, in turn, the semantics they assign to their robot, a robot that does not interpret anything by itself. Of course, the states are not semantic for the robot. For the robot, it can be considered that they do not mean propositions, nor therefore inconsistent propositions. The logic used in Emmy's operation is only inconsistent in the sense that it reproduces a system that, with its original semantics (that of the logic's creator, Newton da Costa), is so.

²⁰ Emmy I also has four intermediate values, which in Emmy 1 are reduced to two and in Emmy III disappear (Martins 2009).

From these results, a movement for the robot is inferred in each case.²¹

- 1) In state V, the robot moves forward.
- 2) In state F, it stops.
- 3) In state T, it turns left (there would be an object on the right side of its visual field).
- 4) In state \perp , it turns right (there would be an object on the left side).

What can a logic like the one described above, implemented in a small robot with limited functions, reveal to us about our criteria for rationality in comparison with actions that human beings carry out based on arguments? I will maintain, in what follows, that it can give us the key to what we need to evaluate alternative criteria of inferential rationality.

Why should one consider paraconsistent logic? Is there a genuine intuitive basis for the idea that we can derive valid conclusions from contradictions? Classical logic is known for deducing any and all propositions from a set of contradictions, a counterintuitive aspect that critics often highlight. Despite this, classical logic's widespread acceptance is due to its compelling advantages. Some of these advantages include the categorical intuitiveness of many of its rules, the applicability of modus ponens, the ability to represent arguments by *reductio ad absurdum*, semantic-syntactic completeness, and the ability to justify mathematics, among other notable qualities.

²¹ This presentation is a simplification, omitting differences between the various versions of the robot. An algorithm is developed between the results (V,F, T and \perp) of $P(\mu,\lambda)$ and the movements, based on the Degree of Certainty DC and Degree of Uncertainty Dct functions. A paraconsistent logical state is defined as: $\varepsilon\tau(\mu, \lambda)=(DC, Dct)=(\mu - \lambda, \mu + \lambda - 1)$ and it is from the result of this algorithm applied to V, F, T, and \perp , not directly from the results V, F, T, and \perp , that the robot's movement follows. Thus, for example, for $P(1,0)$ the paraconsistent logical state resulting from the algorithm is $\varepsilon\tau(1,0)$ and by the rule 'If $\varepsilon\tau(1,0)$ then Emmy moves forward', it is inferred that the robot advances. In versions I and II, the intermediate cases also yield, through this algorithm, a result among the same four alternatives (moving forward, left, right, or stopping) (Martins 2009).

Although classical logic dictates that anything can be inferred from a contradiction, we don't follow this principle in everyday life. It's not just that it feels counterintuitive; in practice, people don't make arbitrary inferences from a contradiction. Consider Einstein as an example: he didn't conclude that the moon is made of cheese because of the dilemma that light was seen as both a wave and a particle.²² Nevertheless, he didn't dismiss all inferential possibilities upon recognizing the contradiction. Instead, he understood the implications of light acting both as a wave and as a particle.

To prevent a theory from becoming trivial when using classical logic, one approach is to halt inferences upon encountering a contradiction. It can be argued that it's crucial to restore consistency before proceeding with further inferences. Theories of reasoning, as Harman suggests for modeling belief revision, describe non-arbitrary shifts in response to new evidence that contradicts existing information. These theories might augment classical logic in cases of inconsistencies due to new information. While they address inference amid inconsistency, they presuppose the removal of certain information to achieve consistency. They assert that information contraction should be minimal, yet they don't specify the retraction process. Logic is applied only after this retraction. Therefore, they are not entirely suitable for modeling inferences from contradictions, as they neither elucidate the mechanism of retraction nor model the state of inconsistent belief.

²² Instead, after initially interpreting evidence that provided alternating reasons supporting the truth of each inconsistent claim (that light is a particle, that is, a piece of matter, and that it is a wave, that is, a movement in the medium), he preferred to conclude, and thereafter maintained, that light 'behaves' (meaning, it isn't but behaves) sometimes as a wave, sometimes as a particle. In other words, the inference seemed to consist more of a belief change that, rather than inferring everything, contracted the original set of information through a reasonable, minimal procedure, retaining almost everything while forming a new, now consistent set of information. This type of inference cannot be represented by traditional deductive logic at all.

²³ I am grateful to an anonymous reviewer for their suggestion regarding modeling using modal logic.

Modal logic offers another way to deal with inconsistency: by framing it not as outright contradiction but as a reflection of conflicting belief states. This approach presents an epistemic conundrum without necessitating a contradictory formulation, thus preventing any and all propositions from logically following. The expressions ' $C(\alpha)x$ ' meaning 'x believes α ' and ' $C(\neg\alpha)x$ ' meaning 'x believes not α ' are not mutually inconsistent statements. The statement 'x believes α and not α ' is an attribution of inconsistency but it is not in itself a contradiction. Attributing contradictory beliefs does not seem irrational in principle, since there may be irrational people who believe contradictory statements. Therefore, modal logic does offer a sophisticated means to represent situations fraught with inconsistencies, marking a significant step forward in such modeling.

Belief logics typically uphold modus ponens within the level of ascribed beliefs: from ' $C(\alpha)x$ ' and ' $C(\alpha\rightarrow\beta)x$ ', we derive ' $C(\beta)x$ '. This suggests that if we were to assume subject x employs classical logic, we'd have to concede that ' $C((\alpha\&\neg\alpha)\rightarrow\beta)x$ ' for any β , which leads to ' $C(\beta)x$ '. Naturally, rejecting ' $C((\alpha\&\neg\alpha)\rightarrow\beta)x$ ' would mean rejecting the premise that the speaker reasons with classical logic. Thus, the issue with classical logic enabling inferences that humans neither make nor deem legitimate resurfaces unless, in developing a logic for attributing beliefs, we also step away from classical logic as the model not just for belief attribution but for the inferences that speakers are rightfully making. If we uphold classical logic as the benchmark for correct inference, the dilemma remains. On the other hand, while epistemic logic isn't plagued by the contradictions of classical logic, if it extends classical logic, non-modal inferences remain valid within the expanded system.

In other words, an appropriate modeling of belief attribution sidesteps an inconsistent assertion but doesn't address the original problem of modeling rational inference among beliefs (not between their attributions)

A logic that addresses belief change, by focusing directly on beliefs rather than their attribution, might prove more suitable. Within this framework, a correct model of how humans ought to reason could be based on this logic, rather than classical logic. This would support Harman's view that a proper model of ordinary reasoning is not the theory of inference but the theory of reasoning. In this context, an epis-

temic logic might be more effectively constructed as an extension of the theory of rational belief change rather than an extension of classical logic.

Likewise, all paraconsistent logics also avoid this consequence of the classical system.

The previous example of Emmy, with the semantics that da Silva assigns to his robot, hints at the existence of inconsistencies concerning the truth of a consistent proposition P ('There is an object ahead'), which will be true or false in relation to the world. That is, the world itself is not considered inconsistent; it is the robot that may be in an inconsistent state regarding the proposition P. Furthermore, there are other types of discourse where we reason from contradictions without needing to attribute the terms of a contradiction to states of the world, such as the already mentioned case of choosing between incompatible alternatives, a common mode of inference. If we were to use classical logic in these situations, making a choice would simply be impossible.

The challenge of justifying logic need not be confined to classical deductive logic. Within the landscape of new logics, there are no arguments that categorically define classical logic as 'logic' and a system of rules for belief change as a 'theory' (non-logical) of reasoning. The categories proposed by Harman are not helpful for evaluating whether other formal systems, beyond classical logic and the theory of reasoning, qualify as logical.

In this context, the issue of the rationality of classical logic, the logic of belief change, the paraconsistent logic LPAv2, and other emerging inferential systems is on an equal footing. Each logic has its strengths in modeling certain intuitions and practices, as well as drawbacks when compared to others.

4. EMMY AND HUMAN INFERENCE

Moreover, applying a paraconsistent logic to a robot's inferential system is not something that can be deemed rational from a human-centric theoretical perspective. Its rationality cannot be assessed by the same standards.

In the case of Emmy, paraconsistency doesn't mean that the whole language is derived from inconsistent information. Instead, very little is derived: only a clearly defined result from an algorithm, which can be one of four actions: moving right, moving left, moving forward, or stopping. Similarly, in the theory of belief change, the outcomes are limited: only one of the initial options. If deciding between going to the cinema or the theater, there are only two possible inferences. Yet, despite these similarities, the inferences made by the robot Emmy seem quite removed from representing the most of our typical inferences, whether in everyday life or in scientific reasoning:

What connection could such primitive states have with our complex inferential abilities, one might ask? One might argue that apparently, we don't need logic to walk; we don't perceive affirmative evidence with one eye and negative evidence with the other. Generally, we don't receive contradictory evidence from both eyes; that is, typically objects are either in front of both eyes or not at all. And if they are only in front of one (for instance, positioned right at one eye's blind spot), we simply gather affirmative evidence with that eye and disregard the other's input. Occasionally, we see double: the same object appears in two different places. In such cases, what we infer is that something is likely wrong with our eyes. We don't reason, nor do we 'see', one might argue, in the same way or through the same underlying mechanism as Emmy. Since when does seeing imply reasoning? It involves, the argument goes, a complex mechanism, indeed, but not an inferential relationship.

However, this conclusion may be premature, as it presupposes something we've taken for granted: that there's no chance our complex sensory processes also have an inferential aspect. We're not asserting this happens, but it's worth keeping the possibility open. Should this be the case, logics like Emmy's could prove useful in shedding light on our own biological mechanisms of perception.

It can be said that Emmy exhibits a 'logic' of perception, a logic by which it infers an interpretation of sensory data from the data itself. While that may be true, can we rule out that we ourselves don't have a logic of perception? What's to stop us from suggesting that between the automatic receipt of photosensitive data by the rods in our retina and the conceptualization of a visual field, there is an intermediate

process that could, in some sense, be called inferential? Our lack of awareness of such a mechanism doesn't negate its potential existence. On the contrary, the relative immediacy with which our visual imagery translates mechanical data into images suggests that if there were an inferential procedure, it would unfold too quickly for us to register phenomenally. Just as people who solve mathematical problems swiftly sometimes can't articulate the process they used, if there were a quasi-instantaneous, yet complex, inferential process bridging perception and concept formation, we would likely be unable to recognize it. Inference, it should be clear, isn't necessarily a conscious act. In fact, it's rare to be aware of the rules we're applying while reasoning. From a phenomenological standpoint, an inferential process usually manifests as a sensation of vague mental effort without further features.

We would not be aware of an inferential mechanism if one existed. It's also unlikely for it to be identical to the one Emmy is executing. Yet, it's not the comparison with our perceptual processes that would validate Emmy's logic. Rather, I will argue, it's the success in the task for which it was designed that would determine its correctness.

It could be argued that our human inferences in situations of inconsistency are not mirrored in Emmy's logic. Perhaps, even if it could be, in some way, appropriate for representing our visual or, more broadly, sensory inferences, it doesn't capture what we ideally want to epitomize as the ideal of reason. What we truly aim to grasp is the nature of our complex inferences that lead to the development of profound thoughts and successful scientific theories.

5. LOGIC AND LOGICS

Building on the previous reasoning, we might indeed be curious to uncover a logic of perception, yet that's not our benchmark for rationality. We acknowledge that there are numerous other inferences that this model does not address. But that's not our primary concern. What Emmy's programming illustrates is not a logic for common reasoning but an empirical adequacy criterion that supports the acceptabil-

ity of a logic. This same criterion could be applied to other logics, regardless of their kind, including, for instance, a logic of belief change, which Harman categorizes not as logic, but as a theory of reasoning.

Of course, moving beyond the exclusivity of classical logic requires us to clarify what we mean by 'logic.' Broadly speaking, as Harman discusses in relation to what he calls the 'theory of inference,' logic indicates 'what follows from what' (see footnote 5 above); according to Beall and Restall, it's 'what is derived from what' (see footnote 10 above). Both definitions hint at a theory of logical consequence. Since traditional philosophy of logic confines logical consequence to the preservation of truth among formulas, logic now calls for a broader definition. Syntactically, we could view it as a theory about how to obtain one piece of data from another, without the necessity of assigning a truth value to that data. Semantically, as a theory about the preservation of a value, which will be determined for each system. Formally, we might define logic as a system $\langle \text{For}, \vdash, \vdash \rangle$ consisting of a set of well-formed formulas and their semantic and syntactic inferential relationships, as defined by their respective rules. This allows for the inclusion of classical logic, intuitionist logic, theories of belief change, Emmy's logic, and other new 'logics' (extensions and variations of classical logic). There's no guarantee that the definition will fit perfectly for all instances termed as logic. What's crucial is that it's suitable for encompassing a set of systems for which we can propose criteria to assess their rationality.

6. WHY ACCEPT A LOGIC? EMPIRICAL ADEQUACY AS A CRITERION

Let's consider, for a moment, a second example: recently, a chess-playing program, *AlphaZero*,²⁴ has proven to be definitively superior to any living player, winning every match without fail. Unlike previous programs, AlphaZero wasn't designed

²⁴ Developed by *DeepMind* in 2017.

based on recognized chess strategies. Instead, it was equipped only with the rules of chess, from which it programmed itself by playing against itself for hours.²⁵ The first and unexpected outcome was that the program proved to be superior in gameplay to any other player, whether real or virtual. The second consequence is that since the program 'self-programmed,' we don't know the specifics of that programming. It learned, we might say, through 'experience.' It's likely that the implemented program doesn't resemble how other players operate. Yet, given its remarkable effectiveness, no one would dispute that it's a 'good' program. AlphaZero, regardless of the procedure it uses, 'thinks' exceptionally well. In other words, its inferential process, whatever it is, can be considered highly reliable. No one would argue that it's irrational or 'reasons incorrectly.' True, we don't know how this process we deem reliable actually works. The point is that the reliability of this process, like our own reasoning, can be judged by its outcomes. Perhaps we also don't know exactly how we, humans, think, and what we have are approximate models of unknown processes. But the success of the inferences ensures the reliability of the underlying system. The pertinent conclusion is that the process doesn't need to be intuitive or conform to certain formal standards.

Reasonable inference, according to this argument, is not about elucidating or exactly imitating our own patterns of inference. It doesn't necessarily replicate our correct inferential patterns, nor even any prior inferential pattern. To reason adequately simply means to reason in such a way that the inferential outcomes are successful. In the extreme case, where new patterns are completely successful—that is, they always produce correct results—the rationality is beyond dispute.

²⁵ The program differs from other chess-playing software in its foundational algorithm: it employs a Monte Carlo search tree rather than the more commonly used Minimax algorithm. However, the specific procedures it has developed from this algorithm are unknown, as they have been the result of its repeated self-play. As O Cinneide points out: 'It is assumed that the first game would have consisted of entirely random moves. By the end of this game, *AlphaZero* had learned that the losing side had made less intelligent moves and the winning side had played better' (2018). But this 'assumed' suggests that we don't actually know what the program did.

The empirical adequacy of an inferential system, conceived as a system for deriving information from premises (in this case, inputs), doesn't hinge on mirroring human inferential patterns but on implementing patterns that are useful. By 'useful,' we mean highly successful in achieving a specific goal through a process that extracts information from input data. The fact that human inferential patterns have been useful, aiding our survival as a species, is secondary to the criterion I am proposing.

Useful inferential criteria, being formal processes, do not need to be tied to the semantics of the system, it's crucial to note. In the case of the paraconsistent logic LPAv2, da Silva proposes a semantics where the two original functions are considered as evidential criteria: the first as evidence for, and the second as evidence against. This semantics undoubtedly influenced the intuitive perception the author had of what his logic represents. However, Emmy has no 'notion' of evidence when, upon sensing both sensors simultaneously, it executes a series of algorithms resulting in movement. The robot has no semantics. Like the Chinese Room, Emmy does not need to 'understand' anything to act. The idea that the \neg and λ functions apply to a proposition P 'there is an object ahead' is practically meaningless. Strictly speaking, the robot doesn't apply functions to anything. It simply runs a sequence of bits that triggers a movement. The semantics with which da Silva conceptualizes are not 'inside Emmy'—not in its 'mind,' nor anywhere else. Moreover, it's worth noting that this isn't even an intuitively correct semantics of how we reason in the face of evidence. While evidential semantics allow for a third value, namely the absence of evidence, Emmy acts as if the absence of evidence is evidence against; that is, if it doesn't detect an object, it assumes there isn't one.²⁶ There's no violation of the law of the excluded middle in the system, as is common in epistemic logic systems. In

²⁶ It is interesting to note that there is a certain inadequacy between his interpretative epistemic assumptions and the formal semantics he proposes. His interpretative judgment of his semantics is that it functions as an epistemic semantics. Accordingly, he calls the inputs on which the robot's logic operates 'evidence' for or against. However, this semantics does not align with the usual intuitions of evidential semantics; it proceeds as if there were evidence against something based on data

short, Emmy's semantics is a representation for da Silva, not for Emmy. The robot operates solely on syntax.

Of course, this doesn't mean that semantics is irrelevant to the inferential process in humans. In fact, as I have just indicated, da Silva likely needed it to comprehend and design the program. The fact that humans have 'qualitative' states, which at least partially encompass semantic notions, might be a crucial, even essential, component in our inferential processes. These human inferential processes, just like informational ones, should be evaluated based on their outcomes.

Regarding Emmy, how do we determine if its logic is appropriate? It avoids obstacles, one might say. Its movements, becoming increasingly precise in later models, reduce the error rate. In the case of Emmy II, 'collisions are mainly due to sensor failures,' as Gómez (2016 35) points out. This suggests that the logic itself is sound. If this is the case, and the robot avoids obstacles, then the logic is, if not entirely rational, at least reasonable. It doesn't matter if no one else uses it or if it was designed specifically for a machine; it forms a solid criterion for logicity.

about what he calls a lack of evidence. If there is evidence that there is no object and no evidence that there is not (Indeterminate state), Emmy turns right. This would be odd unless the absence of evidence that there is not an object ahead is taken to mean that there is an object ahead. What happens is that the author arbitrarily names the input from the left sensor as 'evidence for' and from the right sensor as 'evidence against.' This represents no intuition at all; the same thing happens in each sensor; an object is detected or not. In one sensor, detection is interpreted as evidence for; in the other, as a lack of evidence against, but since both sensors do the same thing, one on the right and one on the left, the type of information obtained is also of the same kind. There is no intuitive reason why the detection of one sensor should function as evidence for and the other as evidence against, as both operate identically. The evidential interpretation is just an assumption made to make sense of what is said, but it does not fit the intuitions of evidence logic; instead, it meets the specific requirements needed for the robot to function well. All of this implies that there is a mismatch between the prior philosophical semantics and the formal semantics. This highlights that while intuitions are important (da Silva probably could not have conceptualized the problem without a semantics at hand), they need not be adhered to if there are additional reasons to deviate from them.

This kind of analysis of logical systems will yield, as is already evident, more than one system of rationality. Some may indeed be reducible to others. However, there's no reason to presuppose that, just like Kant's *a priori* categories, there is only one adequate form of inference.

Logics of vagueness, for instance, have been successfully utilized in the development of robots with efficient behaviors and have also been effectively implemented in household appliances. While these appliances may not be as intelligent as us, they certainly perform tasks with precision and suitability.

7. THE PROBLEM OF CIRCULARITY

The empirical testing of systems, whose acceptability is judged by the aforementioned success criterion, naturally requires its own inferential criteria. One might ask, what is the connection between theory and evidence, between a logical proposal and its applications, such that a given logical system can be considered corroborated? How can we argue for the rationality of a specific inferential system without presupposing the prior acceptability of an inferential system? This critique is valid. Assuming a logic is necessary to accept or reject systems, since the link of empirical testing is an argumentative one. Does this fact invalidate all attempts to justify sys-

²⁶ Es interesante señalar que existe cierta inadecuación entre sus presupuestos epistémicos interpretativos y la semántica formal que propone. Su juicio interpretativo sobre su semántica es que funciona como una semántica epistémica. Conforme a ello, denomina "evidencia" a favor o en contra a los inputs sobre los que la lógica del robot trabaja. Sin embargo, esa semántica no responde a las intuiciones habituales de las semánticas de la evidencia; a partir de datos sobre lo que denomina falta de evidencia, procede como si hubiese evidencia en contra. Si hay evidencia de que no hay un objeto y no hay evidencia de que no lo hay (estado Indeterminado), Emmy gira a la derecha. Eso sería extraño a menos que se asumiera que el que no hay evidencia de que no hay un objeto delante del robot significa que hay un objeto delante del robot. Lo que ocurre es que, arbitrariamente, el autor denomina evidencia "a favor" la del sensor izquierdo y evidencia en contra a la del derecho. Eso no representa ninguna intuición en absoluto; en cada sensor ocurre lo mismo, se detecta un objeto

tems of rationality? It weakens them, certainly, but I do not believe it nullifies them. The reason becomes clear if we briefly examine the nature of the link between theory and evidence: it's a non-deductive relationship, as Hempel, Popper, and others promptly pointed out. A variety of non-deductive logics can be proposed for this, but not every logic is suited for this role. Thus, validating a logic does not depend on repeating it at the metatheoretical level, as might be initially assumed. It's not about defending the validity of *modus ponens* by demonstrating it metatheoretically through the application of another isomorphic *modus ponens*. The logics suitable for system acceptance based on data all fall within a specific area with common characteristics, such as allowing inference from the particular to the general and admitting, at least, some degree of failure, given the recognized possibility that failure could stem from the physical implementation of the program, rather than the program itself. All of these are non-monotonic logics (new information can overturn previous conclusions) and they all share the same goal: to support a system in its applications. Although different logical systems for testing may lead to different conclusions, their use in selecting logics for purposes other than testing is not strictly circular.

o no se lo detecta. En un sensor, el detectarlo es interpretado como evidencia a favor; en el otro, como falta de evidencia en contra, pero puesto que los dos sensores hacen lo mismo, uno del lado derecho y otro del lado izquierdo, el tipo de información obtenida es también del mismo tipo. No hay razón alguna por la cual sería intuitiva una interpretación por la que la detección de un sensor funciona como evidencia en favor y la del otro en contra, puesto que ambos funcionan igual. La interpretación evidencial es sólo una interpretación que se asume para dar sentido a lo que se dice, pero no se ajusta a las intuiciones de la lógica de la evidencia, sino a los requerimientos específicos que se requieren para que el robot funcione bien. Todo esto implica que hay una inadecuación entre la semántica filosófica previa y la semántica formal. Ello pone de manifiesto que, aunque las intuiciones son importantes (probablemente da Silva no podría haber pensado el problema a menos que hubiese tenido a su disposición una semántica), no se requiere respetarlas si hay razones adicionales para desviarse de ellas.

8. CONCLUSIONS

Philosophy was born with a firm belief in the apodictic nature of reason. This confidence was grounded in *a priori* principles, contrasting with the uncertainty of knowledge based on experience. Despite the rise of the sciences at the dawn of modernity being tied to the naturalization of thought (that is, the birth of 'natural philosophy'), philosophy long sustained its faith in *a priori* principles as the cornerstone of reason.

Just as non-Euclidean geometries once challenged the boundaries of analyticity, necessitating an *a posteriori* decision between a Euclidean universe and alternative non-Euclidean, curved universes (a detail I won't delve into here), logic has once again contested the limits of analyticity. This has transformed the choice among its alternatives into an empirical decision, one that demands the involvement of experience.

Given that the faculty of reason, like other natural abilities, is an evolutionary adaptation to the environment, it needs to be examined from its earthly nature. Furthermore, just as evolution permits beneficial mutations that have yet to emerge, inference could harbor undiscovered mechanisms that are more adaptive or reliable than current ones. Experience, particularly when applied to computing, gives us the chance to explore these alternatives. It's crucial to note that since artificial intelligence has different capabilities from humans regarding inferential systems, it's possible that certain systems that are not suitable for us may be effective for AI.

As for us humans, if our specific inferential capacity turned out to be biologically fixed and unchangeable, it would limit us irreparably. However, perhaps the specific structures are not biological.²⁷ Nothing prevents reason, understood as the general ability to extract information from an initial set, from manifesting in different ways in human beings. Thus, humans could also adopt new forms of rationality, just like robots.

²⁷ Of course, every capability has a biological basis; a reptile surely lacks the biological foundation that allows humans to think, and perhaps even a chimpanzee doesn't possess it. But from that foundation, there may still be a wide range of variability.

REFERENCES

- Beall, J.C y Restall, Greg. *Logical Pluralism*. United States: Oxford University Press, 2005. <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199288403.001.0001>>
- Blair A. Howard., Subrahmanian V.S. “Paraconsistent Logic Programming”. *Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science. FSTTCS 1987*. Lecture Notes in Computer Science Vol. 287. Eds. Nori Kesav V. Berlin, Heidelberg: Springer, 1987. 340-360. <https://doi.org/10.1007/3-540-18625-5_59>
- Goodman, Nelson. *Fact, Fiction and Forecast*. Fourth edition. Massachusetts:Harvard University Press, 1979.
- da Costa, Newton C.A. & Abe, J.M. & Subrahmanian, V.S. “Remarks on Annotated Logic”. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik Vol 37*, 1991. 561-570.
- da Silva Filho, João Inácio. *Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores LPAv2 com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos, Doctoral dissertation*. Universidad de San Pablo, Sao Pablo, Brazil, 1999.
- _____. “Introdução ao conceito de estado Lógico Paraconsistente $\epsilon\tau$ ”. *Seleção Documental: Inteligência Artificial e novas Tecnologias* 17.5 (2010): 20-24.
- Field, Hartry. “What is the Normative Role of Logic?” *Proceedings of the Aristotelian Society* 83.1 (2009a): 251-268. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8349.2009.00181.x>>
- _____. “Pluralism in Logic”. *Review of Symbolic Logic* 2.2 (2009b): 342-359. <<https://doi.org/10.1017/s1755020309090182>>
- _____. “What is Logical Validity?” *Foundations of Logical Consequence*. Eds. C. Caret and O. Hjortland. Oxford University Press, 2015. 32-70. <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198715696.003.0002>>
- Gómez Gómez, Cristina. “Lógica paraconsistente anotada aplicada a los robots Emmy”. *Scribd*. Uploaded by the autor the 30-10-2016. Downloaded the

- 2/11/2023. <<https://es.scribd.com/document/329391074/Logica-Paraconsistente-Anotada-en-Los-Robots-Emmy>>
- _____. (2017) “Lógica Paraconsistente Anotada Aplicada a los Robots Emmy”. *Scribd*. Uploaded by the autor the 20/X/2017. Downloaded the 2/11/2023. <<https://es.scribd.com/document/329391074/Logica-Paraconsistente-Anotada-en-Los-Robots-Emmy>>
- Harman, Gilbert. *Change in View: Principles of Reasoning*. M.I.T. Press, Cambridge, 1986.
- Hjortland, Ole T. “Anti-Exceptionalism About Logic”. *Philosophical Studies* 174 (2017): 631–658. <<https://doi.org/10.1007/s11098-016-0701-8>>
- Kant, Immanuel, *Lectures on logic*. Translated and Edited by J. Michael Young, Cambridge University Press, 1992.
- _____. *Lógica. Un manual de lecciones Edición original de G. B. Jäsche 1800: Acompañada de una selección de Reflexiones del legado de Kant*. Ed. M. J. Vázquez Lobeiras. Madrid: Akal Ediciones, 2000.
- Kapsner, Andreas. *Logics and Falsifications. A New Perspective on Constructivist Semantics*. Studia Logica Library. Trend in Logic Switzerland: Springer, 2014.
- Martins, Helga G., Lambert-Torres, Germano, Lemke, Ana M., Nascimento, Marcelo C., Torres, Cláudio R. “Emmy-Paraconsistent Autonomous Robot”. *Revista Ciências Exatas - Universidade de Taubaté Brasil* 15.2 (2009): online. <https://www.researchgate.net/publication/293174679_Emmy_-_Paraconsistent_Autonomous_Robot>
- MacFarlane, John “In What Sense (if Any) is Logic Normative for Thought?” *Central Division APA* (2004): 1-24. Unpublished. Mentioned in (Steinberger, 2017a) y en (Steinberger, 2019). <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:122695239>>
- _____. *Assessment Sensitivity*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- Milne, Peter. “What is the Normative Role of Logic?” *Proceedings of The Aristotelian Society* 83 (2009): 269-298. <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8349.2009.00182.x>>

- O Cinneide, Mel. “Cómo Juega AlphaCero al ajedrez?” Updated Spanish version in 26/V/2018. *Chess.com Developer Community*, 2018. <https://www.chess.com/es/article/view/como-juega-alphazero-al-ajedrez> Consultado el 02/11/2023.
- Pazos, María Alicia y Gaytán David. “La semántica subyacente en la filosofía para-consistente de da Costa”. *Andamios Revista de investigación social* 20.53 (2023): 61-90. <<https://doi.org/10.29092/uacm.v20i53.1031>>
- Quine, Willard van Orman. “Epistemology Naturalized”. *Ontological Relativity and Other Essays*. New York: Columbia University Press, 1969. Online. <<https://doi.org/10.7312/quin92204-004>>
- _____. “Two Dogmas of Empiricism, 1953”. *From a Logical Point of View* 2da ed. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press, 1980.
- Steinberger, Florian. “Consequence and Normative Guidance”. *Philosophy and Phenomenological Research*: 98.2 (2019): 306-328. Published version by BIROn, Birkbeck Institutional Research Online, United Kingdom: 2017a. in <<https://eprints.bbk.ac.uk/id/eprint/18703/1/Consequence%20and%20normative%20guidance%20PPR.pdf>>. (págs. 1-29).
- _____. “The Normative Status of Logic”. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. E. Zalta. Stanford University, 2017b. <<https://plato.stanford.edu/entries/logic-normative/>>
- _____. “Three Ways in Which logic Might Be Normative”. *The Journal of Philosophy* 116.1 (2019): 5-31. <<https://doi.org/10.5840/jphil201911611>>
- Wason, Peter. C. “Reasoning”. *New Horizons in Psychology*. Comps. B. Foss. Harmondsworth (Middlesex), United Kingdom: Penguin, 1966. 135-151.
- _____. “Reasoning About a Rule”. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 20.3 (1968): 273-281. <<https://doi.org/10.1080/1464074680840016>>

TRANS-ESTADÍSTICA CUÁNTICA DESDE UNA ONTOLOGÍA DE PROPIEDADES*

QUANTUM TRANS-STATISTICS FROM AN ONTOLOGY OF PROPERTIES

MATÍAS PASQUALINI
CONICET – Instituto de Investigaciones
“Dr. Adolfo Prieto”,
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Argentina.
matiaspasqualini@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0084-1363>

SEBASTIAN FORTIN
CONICET – Universidad de Buenos
Aires, Argentina
Buenos Aires, Argentina.
sfortin@conicet.gov.ar
<https://orcid.org/0000-0002-4531-7461>



RESUMEN

En los últimos años, el comportamiento bosónico que un sistema de fermiones puede exhibir ha despertado el interés de los físicos. En este trabajo, se adopta un enfoque basado en estructuras producto tensorial y se asume una ontología de propiedades para argumentar en favor de la relatividad de la noción de identidad estadística y en favor de una interpretación realista del comportamiento trans-estadístico.

Palabras clave: filosofía de la física; partículas virtuales; bosones compuestos; estructura producto tensorial; ontología de propiedades.

* Este artículo se debe citar: Pasqualini, Matías y Fortin, Sebastián. “Trans-estadística cuántica desde una ontología de propiedades”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 255-291. <https://doi.org/10.18270/rfc.v23i47.4186>

ABSTRACT

In recent years, the bosonic behavior that a many-fermion system can exhibit has raised interest among physicists. In this paper, an approach based on tensor product structures is taken and an ontology of properties is assumed to argue for the relativity of the notion of statistical identity and for a realistic interpretation of trans-statistical behavior.

Keywords: philosophy of physics; virtual particles; composite bosons; ontology of properties; tensor product structure.

1. INTRODUCCIÓN

Según la mecánica cuántica, los sistemas compuestos por partículas idénticas son fermiones o bosones de manera mutuamente excluyente. No obstante, en ciertas circunstancias, pares de fermiones pueden comportarse como bosones compuestos, denominados cobosones. En general, en el ámbito de la física, se considera que este comportamiento no puede interpretarse de manera realista, sino que es una mera descripción basada en modelos idealizados y, por ende, aproximados. Este artículo defiende la idea de que el comportamiento bosónico que puede exhibir un sistema de fermiones puede ser interpretado de modo realista si se asumen ciertos compromisos ontológicos. Para ello, se utilizará: (1) un sencillo modelo de juguete que emplea distintas particiones del espacio de Hilbert, también denominadas *estructuras producto tensorial* (TPS por sus siglas en inglés), a partir del cual se argumenta que la identidad estadística (fermiónica o bosónica) de un sistema compuesto por partículas idénticas es relativa al TPS; y (2) una ontología de propiedades donde los sistemas cuánticos son vistos como cúmulos de propiedades posibles, sin condiciones de identidad propias de objetos individuales. La estructura del artículo es la siguiente: La Sección 2 introduce al lector en una característica cuántica denominada indistinguibilidad, que determina la identidad y comportamiento ante permutaciones de los sistemas cuánticos. La Sección 3 aborda el fenómeno del comportamiento trans-estadístico y su interpretación convencional en el ámbito físico. La Sección 4 presenta brevemente algunos resultados del enfoque basado en

TPSS que varios autores han desarrollado en años recientes, enfoque en el que esta propuesta busca inscribirse. La Sección 5 propone una versión en formalismo de espacios de Hilbert del modelo de juguete, sugiriendo la relatividad de la noción de identidad estadística con respecto al TPS. La Sección 6 ofrece una visión general de los desafíos ontológicos que plantea la mecánica cuántica e introduce la ontología de propiedades posibles, inspirada en el formalismo algebraico. Finalmente, la Sección 7 presenta una versión en formalismo algebraico del modelo de juguete de la Sección 5, mostrando con mayor claridad la pertinencia de una ontología de propiedades para explicar el comportamiento trans-estadístico de manera realista.

2. INDISTINGUIBILIDAD CUÁNTICA Y COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO

El comportamiento estadístico de los sistemas cuánticos, cuyos subsistemas poseen propiedades idénticas, difiere significativamente del de sus contrapartes clásicas. Por razones que se explicarán a continuación, este comportamiento cuántico se basa en la premisa de que los subsistemas cuánticos del mismo tipo son indistinguibles. La mecánica estadística surge para explicar el comportamiento de sistemas complejos cuyas propiedades macroscópicas se derivan de los estados de sus subsistemas. Tomemos, por ejemplo, un volumen de gas a una determinada temperatura, la cual está relacionada con la energía cinética de sus moléculas. Dado que es inviable obtener información sobre el estado individual de cada subsistema, se recurre a métodos estadísticos. Estos métodos presuponen que todas las posibles distribuciones de los subsistemas entre los diferentes estados tienen la misma probabilidad. En el siguiente ejemplo, estas distribuciones de subsistemas entre estados posibles se denominarán "complexiones". Considérese dos subsistemas S_A y S_B , y dos posibles estados $|\Psi_1\rangle$ y $|\Psi_2\rangle$. Si los subsistemas son clásicos, se obtienen las siguientes complexiones (Fortin & López 2016):

$$(1) S_A \text{ y } S_B \text{ se encuentran ambos en el estado } |\Psi_1\rangle.$$

- (2) S_A se encuentra en el estado $|\Psi_1\rangle$ y S_B en el estado $|\Psi_2\rangle$.
- (3) S_B se encuentra en el estado $|\Psi_1\rangle$ y S_A en el estado $|\Psi_2\rangle$.
- (4) S_A y S_B se encuentran ambos en el estado $|\Psi_2\rangle$.

Es importante señalar que al tomar la complejión (2) y permutar los subsistemas entre los estados (o, de manera equivalente, permutar los estados entre los subsistemas) se obtiene la complejión (3). La estadística que surge al considerar que las permutaciones de subsistemas resultan en diferentes complejiones es conocida como la distribución de Maxwell-Boltzmann y se utiliza en el contexto clásico.

Considérese ahora el caso de subsistemas cuánticos, en particular, partículas de espín entero o bosones. Se obtienen las siguientes complejiones:

- (1) Ambos sistemas se encuentran en el estado $|\Psi_1\rangle$.
- (2) Un sistema se encuentra en el estado $|\Psi_1\rangle$ y el otro en el estado $|\Psi_2\rangle$.
- (3) Ambos sistemas se encuentran en el estado $|\Psi_2\rangle$.

Debe notarse que para subsistemas cuánticos no tiene sentido conservar las etiquetas S_A y S_B . Esto se debe a que, a diferencia del caso clásico, al tomar la complejión (2) y permutar subsistemas, no se obtiene una complejión distinta que deba ser contabilizada estadísticamente. Contrario a lo que se podría esperar, permutar subsistemas cuánticos del mismo tipo no tiene consecuencias observacionales. Esta particularidad de los subsistemas cuánticos se refleja en lo que se denomina postulado de indistinguibilidad. (PI_{st}) (se le añade la especificación estándar porque más adelante se presentará una versión del PI centrada en los observables y no en los estados):

PI_{st}: Si el vector $|\psi\rangle$ representa el estado del sistema compuesto cuyos subsistemas son indistinguibles, entonces el valor medio de

cualquier observable representado por un operador O debe ser el mismo para $|\psi\rangle$ y para cualquier permutación $|\psi'\rangle$

$$\text{PIst: } \langle \psi' | O | \psi' \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } |\psi'\rangle = P|\psi\rangle \quad (1)$$

Donde P es un operador de permutación genérico (ver Butterfield 1993). Este postulado llevó a algunos de los padres fundadores de la mecánica cuántica, como Born y Heisenberg, a considerar que los sistemas cuánticos pueden comportarse como entidades no individuales. En efecto, entre sistemas cuánticos puede existir una diferencia meramente numérica, incluso cuando todas sus propiedades sean indistinguibles. Si existiera identidad numérica entre ellos (es decir, si fueran el mismo objeto), solo se habrían contado dos complejiones en el ejemplo anterior. Si los sistemas poseyeran al menos algunas propiedades distinguibles, deberíamos haber contado cuatro complejiones, como sucede en el caso clásico. Sin embargo, la ley estadística aplicable a bosones nos lleva a contabilizar solo tres complejiones en nuestro ejemplo. Es imperativo aceptar que, en el contexto cuántico, sistemas indistinguibles pueden ser numéricamente distintos, lo que resulta en una violación del principio de identidad de indiscernibles de Leibniz. Este principio, formulado en la metafísica clásica, sirve como criterio de identidad numérica para sistemas clásicos que poseen condiciones de identidad que los definen como objetos individuales.

La estadística cuántica mencionada en el ejemplo anterior es conocida como estadística de Bose-Einstein. De ahí que las partículas de espín entero que siguen esta ley estadística se denominen “bosones”. Correspondientemente, diremos que sistemas indistinguibles que se rigen por esta ley tienen identidad estadística bosónica (utilizando aquí la noción de identidad en términos de identidad *cualitativa*). No obstante, es esencial señalar que esta no es la única estadística aplicable a sistemas cuánticos. Las partículas de espín semientero, o fermiones, están regidas por el principio de exclusión de Pauli, que prohíbe que dos o más partículas coexistan en el mismo estado. Para estas partículas, la única complejión posible en nuestro ejemplo de sistema compuesto por dos subsistemas y dos estados es:

$$(1) \text{ Un sistema se encuentra en el estado } |\Psi_1\rangle \text{ y el otro en el estado } |\Psi_2\rangle.$$

Los fermiones obedecen la estadística conocida como Fermi-Dirac, de la cual derivan su nombre. Diremos que sistemas indistinguibles que acatan esta ley estadística tienen identidad estadística fermiónica (en el sentido de identidad *cualitativa*). La diferenciación entre los dos tipos de identidad estadística (fermiónica y bosónica) en el contexto cuántico se debe al hecho de que PI_{st} se cumple únicamente en estados simétricos $|\psi_S\rangle$ o antisimétricos $|\psi_A\rangle$ respecto a los operadores de permutación. Ambos tipos de estado son autoestados de los posibles operadores de permutación, con autovalores (1) y (-1) respectivamente. Esto es:

$$\begin{aligned} P|\psi_S\rangle &= |\psi_S\rangle \\ P|\psi_A\rangle &= -|\psi_A\rangle \end{aligned} \tag{2}$$

Por la naturaleza del formalismo, se aclara el principio de exclusión mencionado previamente, introducido en sus inicios para explicar la distribución de electrones entre diferentes niveles de energía en la estructura atómica. Debido a esto, se incorporó al formalismo de la mecánica cuántica un postulado adicional: el postulado de simetrización (PS). Este postulado representa una restricción *ad hoc* sobre el conjunto de estados posibles que el formalismo admite para sistemas con subsistemas indistinguibles, garantizando en estos, la satisfacción de PI_{st}. PS puede formularse (Fortin & Lombardi 2021):

PS: Un sistema de múltiples partículas idénticas debe ser representando por un estado cuántico totalmente simétrico (bosones) o por uno totalmente antisimétrico (fermiones), donde la simetría o antisimetría queda definida en términos de los operadores de permutación P .

$$|\psi'\rangle = P|\psi\rangle = \pm|\psi\rangle \tag{3}$$

Para obtener estados simétricos $|\psi_S\rangle$ o antisimétricos $|\psi_A\rangle$ deberán aplicarse respectivamente operadores de simetrización S o antisimetrización A a un estado genérico $|\psi\rangle$

$$\begin{aligned} S|\psi\rangle &= |\psi_S\rangle \\ A|\psi\rangle &= |\psi_A\rangle \end{aligned} \tag{4}$$

Basándonos en lo expuesto hasta ahora, parece lógico interpretar que la identidad estadística de un sistema compuesto está predeterminada de manera absoluta en un nivel más fundamental que el directamente descrito por el formalismo de la mecánica cuántica. Esto se debe a que es necesario añadir al formalismo una restricción específica: simetrizar el estado o, alternativamente, antisimetrizar el estado. Dicho de otra manera, parece que para abordar la noción de identidad estadística es preciso incorporar *ad hoc* un postulado que complemente al formalismo y lo alinee con el comportamiento estadístico efectivamente observado. Claramente, con esta interpretación, resulta complicado aceptar cualquier tipo de trans-estadística en un sentido realista, ya sea en términos de identidad o comportamiento. Sin embargo, como se mostrará más adelante, la argumentación que se desarrollará en este artículo busca desafiar esta interpretación, relativizar la noción de identidad estadística y permitir una comprensión realista del comportamiento trans-estadístico.

3. EL COMPORTAMIENTO TRANS-ESTADÍSTICO

En esta exposición, se denomina “comportamiento trans-estadístico” a un fenómeno particular que ha capturado la atención de los físicos durante varias décadas. Se refiere al hecho de que, en determinadas circunstancias, un sistema de fermiones muestra, inesperadamente, un comportamiento estadístico bosónico. Se sostiene que pares de fermiones pueden comportarse como bosones compuestos, también llamados cobosones. Es importante señalar que no nos referimos a los

casos ya conocidos en los que se observa una interacción nuclear fuerte entre fermiones, como en un conjunto de protones y neutrones (partículas de espín semientero) que interactúan mediante la fuerza nuclear fuerte para formar un núcleo atómico. Por ejemplo, dos protones y dos neutrones pueden conformar un núcleo de Helio-4. Estos núcleos atómicos son sistemas compuestos que pueden manifestar comportamiento bosónico empíricamente verificable, como la superfluidez (Brooks & Donnelly 1977).

Por otro lado, el comportamiento trans-estadístico no se deriva de la interacción nuclear fuerte entre fermiones, y por lo tanto, cada subsistema puede ser dinámicamente independiente. Esta característica hace que el fenómeno sea teóricamente intrigante, ya que, según el postulado de simetrización, el estado de un sistema compuesto debe ser simetrizado o antisimetrizado *ab initio*, mientras que la ley dinámica de la mecánica cuántica no permite que un estado simétrico evolucione hacia un estado antisimétrico y viceversa. La simetría o antisimetría del estado de un sistema compuesto aislado debe mantenerse en cualquier evolución dinámica unitaria. Law (2005) abordó este fenómeno y descubrió que el grado de entrelazamiento entre fermiones determina hasta qué punto un sistema de fermiones actúa como un sistema de cobosones, y que las interacciones no son esenciales. Si existen, simplemente intensifican las correlaciones cuánticas, que sí parecen ser cruciales para el surgimiento del comportamiento bosónico. Posteriormente, Chudzicki *et al.* (2010) y Tichy *et al.* (2014) lograron una generalización del enfoque de Law usando operadores de creación y destrucción. Este fenómeno también es relevante debido a sus aplicaciones en áreas como el procesamiento de información cuántica (Gigena & Rossignoli 2015), los condensados de Bose-Einstein (Avancini *et al.* 2003; Rombouts *et al.* 2003), los excitones (Combescot & Tanguy 2001), los pares de Cooper en superconductores (Belkhir & Randeria 1992) y las moléculas de Wigner confinadas (Cuestas *et al.* 2020).

Generalmente, en el campo de la física, se tiende a aceptar que el comportamiento trans-estadístico no puede interpretarse de manera realista. La interpretación predominante sostiene que atribuir un comportamiento bosónico a un sistema de fermiones es simplemente una descripción empíricamente adecuada, que se basa en el uso de modelos idealizados y, por ende, inherentemente aproximados (ver, por ejemplo, Tichy *et al.* 2014). Para ilustrar este punto,

consideremos el movimiento perpetuo que se infiere de los modelos utilizados para analizar péndulos. Los físicos entienden que un movimiento perpetuo no es esperable en un péndulo real, que solo se comporta de manera aproximada en relación con el modelo ideal. De manera similar, el comportamiento bosónico de un sistema de fermiones pertenece, en un sentido estricto, a un modelo ideal y se aplica a sistemas reales solo de manera aproximada. Designar como comportamiento bosónico al comportamiento de un sistema de fermiones es simplemente una descripción útil. Esta interpretación se ve respaldada por estudios previamente mencionados que relacionan el comportamiento trans-estadístico con el grado de entrelazamiento entre los fermiones de cada par. Así, el comportamiento bosónico, en un sentido estricto, sería viable solo en una situación ideal donde el grado de entrelazamiento es total, es decir, cuando $K = M$, donde K es el número de Schmidt y M es el número de modos que contiene la descomposición de Schmidt del estado (ver Law 2005). Se considera, por lo tanto, que el comportamiento estadístico de un sistema de fermiones se asemeja al comportamiento bosónico, pero sin ser bosónico en un sentido estricto. La transición de un comportamiento estadístico a otro se entiende, entonces, como una mera descripción útil sin referente *in re*. De manera consecuente, el estatus ontológico de los cobosones se ve disminuido. Se les considera como partículas virtuales o cuasipartículas, no comparables con los bosones convencionales, que se asumen como elementales.

4. EL ENFOQUE TPS

Una Estructura Producto Tensorial (TPS, por sus siglas en inglés) es una forma específica (entre varias posibles) de factorizar o dividir el espacio de Hilbert, que representa un sistema, en subespacios que representan a sus subsistemas. A modo de ejemplo, considérese un sistema U con Hamiltoniano asociado H_U y autoestados $|N\rangle$ tales que $H_U |N\rangle = E_N |N\rangle$, donde E_N son los valores posibles del observable energía. Los autoestados $|N\rangle$ constituyen una base que genera el espacio de Hilbert \mathfrak{H}_U , representante del sistema U , y en el cual se pueden definir

los estados posibles $|\psi\rangle$ de U . Supongamos que es posible factorizar los autoestados $|N\rangle$ por medio del producto tensorial $|m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle = |N\rangle$. Esta forma de descomponer $|N\rangle$, induce a pensar que el sistema U está compuesto por dos subsistemas con estados $|m_i\rangle$ y $|m_{ii}\rangle$. Bajo ciertas condiciones es posible definir un operador H_i que haga de Hamiltoniano de la primer partícula de modo que los vectores $|m_i\rangle$ son autoestados de dicho operador, de modo que $H_i|m_i\rangle = e_{m_i}|m_i\rangle$ mientras que los vectores $|m_{ii}\rangle$ son autoestados del operador H_{ii} de modo que $H_{ii}|m_{ii}\rangle = e_{m_{ii}}|m_{ii}\rangle$, siendo $H_i \otimes I_{ii} + I_i \otimes H_{ii} = H_U$ (para simplificar se asume que en esta descomposición no hay interacción). Consecuentemente, los valores de energía e_{m_i} y $e_{m_{ii}}$ son tales que $e_{m_i} + e_{m_{ii}} = E_N$. Los autoestados $|m_i\rangle$ y $|m_{ii}\rangle$ generan respectivamente los subespacios \mathfrak{H}_i y \mathfrak{H}_{ii} de modo que $\mathfrak{H}_i \otimes \mathfrak{H}_{ii} = \mathfrak{H}_U$. El subespacio \mathfrak{H}_i representa al subsistema S_i y el subespacio \mathfrak{H}_{ii} al subsistema S_{ii} de modo que $S_i \cup S_{ii} = U$. De esta manera, una estructura producto tensorial representa un modo, entre muchos matemáticamente posibles, de descomponer un sistema en subsistemas.

De manera análoga, si en lugar de centrar la atención en el estado se pone el foco en los observables como hace el formalismo algebraico, es posible descomponer un sistema en subsistemas descomponiendo el álgebra de observables que lo representa en subálgebras. Considérese un sistema U con observables O_U que forman un álgebra \mathcal{O}_U de modo que $O_U \in \mathcal{O}_U$. En este formalismo, el estado del sistema se representa por un funcional ρ que actúa sobre los operadores tal que $\rho = |\psi\rangle\langle\psi|$. Se propone ahora una partición $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_i \vee \mathcal{O}_{ii}$ del álgebra \mathcal{O}_U tal que para cada $O_U \in \mathcal{O}_U$ se da que $O_U = O_i \otimes I_{ii} + I_i \otimes O_{ii}$ siendo I_i e I_{ii} operadores de identidad. Los observables O_i forman la subálgebra \mathcal{O}_i incluida en \mathcal{O}_U ($\mathcal{O}_i \subset \mathcal{O}_U$) de modo que $O_i \in \mathcal{O}_i$, mientras que los observables O_{ii} forman la subálgebra \mathcal{O}_{ii}

incluida en \mathcal{O}_U ($\mathcal{O}_{ii} \subset \mathcal{O}_U$) de modo que $O_{ii} \in \mathcal{O}_{ii}$. Finalmente, la subálgebra \mathcal{O}_i define al subsistema S_i y \mathcal{O}_{ii} al subsistema S_{ii} de modo que $S_i \cup S_{ii} = U$.

En este artículo, se denomina “enfoque TPS” a una línea de investigación desarrollada por diversos autores, quienes han examinado la relatividad de ciertas nociones estrechamente ligadas al formalismo cuántico en relación con la especificación previa de una estructura producto tensorial para un sistema. Así, conceptos como el entrelazamiento o *entanglement* de los estados cuánticos o la separabilidad entre subsistemas han sido reconsiderados desde esta perspectiva con resultados notables. Harshman y Wickramasekara (2007) enfatizaron la diversidad de TPSs que un sistema puede tener, destacando aquellas que permiten que cada subsistema sea sometido tanto a transformaciones globales de simetría como a transformaciones dinámicas. Estas son denominadas por los autores como TPSs “invariantes ante simetrías” y “dinámicamente invariantes”. Estas TPSs son de especial interés porque los subsistemas definidos por ellas respetan las simetrías del grupo de Galileo y tienen una evolución dinámica unitaria.

Por su parte, Earman (2015), utilizando el formalismo algebraico, enfatizó en la relatividad y hasta en la ambigüedad de la noción de *entanglement*. Según él, el *entanglement* del estado de un sistema, definido por su álgebra de observables, es necesariamente un *entanglement* en relación con una descomposición del álgebra en subálgebras. Un estado cuántico puede estar entrelazado en relación con una descomposición específica y ser factorizable en relación con otras. Sin un criterio que defina qué descomposiciones deben ser preferidas, la noción de *entanglement*, según Earman, permanece ambigua.

Zanardi (2001) y Dugić y Jeknić (2008) se centraron en la relatividad de la noción de separabilidad entre subsistemas. Zanardi intentó evitar la ambigüedad de la noción de separabilidad eligiendo aquellas subálgebras de operadores que representan un conjunto de observables operacionalmente accesibles. Estos representan subsistemas “reales” en contraposición a subsistemas “virtuales”, cuyos observables no podrían ser medidos. Dugić y Jeknić buscaron criterios para distinguir entre subsistemas “reales” y “virtuales” desde el enfoque de la decoherencia cuántica y de la información cuántica. Sin embargo, reconocen que no

solo la noción de separabilidad entre subsistemas, sino también la noción misma de sistema debería ser relativizada.

La intrigante pregunta sobre la naturaleza de los sistemas (*what is a system?* 2006), planteada por Dugić y Jeknić, podría surgir al llevar el enfoque TPS más allá del ámbito puramente físico, considerando sus implicaciones ontológicas. Este artículo propone abordar la cuestión de la naturaleza de los sistemas de la siguiente manera: ¿Son los sistemas físicos entidades individuales o, al menos, objetos con condiciones de identidad claras, de manera que la elección de TPSs no solo sea matemáticamente viable sino también físicamente relevante? ¿O es posible que los sistemas físicos carezcan, incluso a nivel ontológico, de condiciones de identidad que permitan encontrar criterios físicos para seleccionar la partición adecuada? Más adelante, este artículo defenderá la idea de una equivalencia entre las diferentes formas de particionar el espacio de Hilbert, basándose en una ontología de propiedades posibles para sistemas cuánticos. A través de un modelo del comportamiento trans-estadístico que se introduce a continuación, se examinará la equivalencia entre una partición que “separa” fermiones ordinarios y otra que “separa” bosones compuestos o cobosones.

5. UN MODELO DE JUGUETE

En esta sección, proponemos un modelo de juguete para cuatro fermiones y dos cobosones, que puede generalizarse fácilmente a cualquier número par de fermiones. Descompondremos un sistema utilizando dos TPSs distintas. A través del primero, se derivarán subsistemas con identidad fermiónica, y mediante el segundo, subsistemas con identidad bosónica. Es importante señalar que, a diferencia de los modelos utilizados en estudios físicos previamente mencionados, nuestro modelo no se basa en un contexto experimental para evaluar las condiciones de la trans-estadística. En cambio, explora una posibilidad inherente en la formulación matemática de la teoría. Como se mostrará, una de las fortalezas del modelo podría ser su capacidad para determinar la identidad fermiónica o bosónica de un sistema total sin necesidad de alterar su estado de acuerdo con las exigencias del postulado

de simetrización (PS). Sugerimos que este modelo indica un nuevo hallazgo dentro del enfoque TPS: no solo las nociones de *entanglement* y separabilidad son relativas a la especificación previa de la partición, sino que también la noción de identidad estadística de un sistema compuesto se vuelve relativa a la TPS desde esta perspectiva.

5.1 ESTRUCTURA PRODUCTO TENSORIAL ALFA (TPS O PARTICIÓN A)

Considérese un sistema U asociado a un Hamiltoniano H con autoestados $|N\rangle$ que generan un espacio de Hilbert \mathfrak{H} . Los estados posibles $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ del sistema U pueden escribirse en general como:

$$|\psi\rangle = \sum_N c_N |N\rangle \tag{5}$$

En este modelo, el sistema está compuesto por cuatro partículas de spin $\frac{1}{2}$ que no interactúan entre sí, por lo que hay una partición automáticamente definida que se llamará TPS A (alfa). Para explicitar esto, se factorizan los autoestados $|N\rangle$ por medio del producto tensorial $|n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle = N$. Donde $|n_1\rangle, , |n_3\rangle$ y $|n_4\rangle$ son los autoestados de los Hamiltonianos H_1, H_2, H_3 y H_4 de cada partícula respectivamente y generan los subespacios $\mathfrak{H}_1, \mathfrak{H}_2, \mathfrak{H}_3$ y \mathfrak{H}_4 de modo que $\mathfrak{H}_1 \otimes \mathfrak{H}_2 \otimes \mathfrak{H}_3 \otimes \mathfrak{H}_4 = \mathfrak{H}_U$. El subespacio \mathfrak{H}_1 representa al subsistema S_1 , el subespacio \mathfrak{H}_2 al subsistema S_2 , el subespacio \mathfrak{H}_3 al subsistema S_3 y el subespacio \mathfrak{H}_4 al subsistema S_4 , de modo que $S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 = U$. Los estados posibles $|\psi_1\rangle \in \mathfrak{H}_1$ del subsistema S_1 se escriben como $|\psi_1\rangle = \sum_{n_1} c_{n_1} |n_1\rangle$; los estados posibles $|\psi_2\rangle \in \mathfrak{H}_2$ del subsistema S_2 se escriben como

$|\psi_2\rangle = \sum_{n_2} c_{n_2} |n_2\rangle$; los estados posibles $|\psi_3\rangle \in \mathfrak{H}_3$ del subsistema \mathcal{S}_3 se escriben como $|\psi_3\rangle = \sum_{n_3} c_{n_3} |n_3\rangle$ y los estados posibles $|\psi_4\rangle \in \mathfrak{H}_4$ del subsistema \mathcal{S}_4 se escriben $|\psi_4\rangle = \sum_{n_4} c_{n_4} |n_4\rangle$. Los estados posibles $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ del sistema U pueden ahora reescribirse del siguiente modo:

$$|\psi\rangle = \sum_{n_1, n_2, n_3, n_4} c_{n_1, n_2, n_3, n_4} |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \quad (6)$$

Se define ahora una primera serie de operadores de permutación que intercambien los estados de sólo dos de los subsistemas:

$$\begin{aligned} P_{2134} |N\rangle &= |n_2\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{3214} |N\rangle &= |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{4231} |N\rangle &= |n_4\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_1\rangle \\ P_{1324} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{1432} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \\ P_{1243} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_3\rangle \end{aligned} \quad (7)$$

Como los subsistemas $\mathcal{S}_1, \mathcal{S}_2, \mathcal{S}_3$ y \mathcal{S}_4 son fermiones. Entonces el estado $|\psi\rangle$ del sistema total U deberá ser antisimétrico frente una permutación. Esto es

$$\begin{aligned}
 P_{2134}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle \\
 P_{3214}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle \\
 P_{4231}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle \\
 P_{1324}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle \\
 P_{1432}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle \\
 P_{1243}|\psi\rangle &= -|\psi\rangle
 \end{aligned} \tag{8}$$

Para asegurar que el estado $|\psi\rangle$ sea completamente antisimétrico, se deberá antisimetrizar el estado $|\psi\rangle$ por medio de un operador de antisimetrización

$$A = \frac{1}{N!} \sum_{\alpha} \pm P_{\alpha} \tag{9}$$

que se construye a partir de todos los operadores de permutación P_{α} , los definidos en (7) junto a otros permutadores de segundo y tercer orden (ver detalles en Ballentine 1998). De este modo, A que permite antisimetrizar $|\psi\rangle$ para obtener el estado antisimétrico $|\psi_A\rangle$ que asegura la identidad fermiónica de los subsistemas S_1 , S_2 , S_3 y S_4 del sistema compuesto U . Así,

$$A|\psi\rangle = |\psi_A\rangle \tag{10}$$

Y así satisfacer al postulado de indistinguibilidad PI_{st} (ec. 1), como es de esperar de un sistema de partículas indistinguibles

$$\begin{aligned}
 PI_{st}: \langle\psi' | O | \psi'\rangle &= \langle\psi | O | \psi\rangle \text{ siendo } |\psi'\rangle = P|\psi\rangle \\
 \langle\psi_A | P_{\alpha}^{\dagger} O P_{\alpha} | \psi_A\rangle &= (\pm 1)^2 \langle\psi_A | O | \psi_A\rangle = \langle\psi_A | O | \psi_A\rangle
 \end{aligned} \tag{11}$$

Donde P_α representa a cualquier operador de permutación. Como puede apreciarse, los autovalores (1) o (-1) elevados al cuadrado tienen efecto neutro.

5.2 ESTRUCTURA PRODUCTO TENSORIAL BETA (TPS O PARTICIÓN B)

Considérese al mismo sistema U asociado al mismo un Hamiltoniano H con los mismos autoestados $|N\rangle$ que generan un espacio de Hilbert \mathcal{H} . Se define ahora una nueva partición TPS B (beta) factorizando los autoestados $|N\rangle$ de un modo distinto al que se realizó en la TPS A, ahora se utiliza el producto tensorial $|m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle = N$ de modo que $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$ y $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$. Las bases $|m_i\rangle$ y $|m_{ii}\rangle$ generan respectivamente los subespacios \mathcal{H}_i y \mathcal{H}_{ii} de modo que $\mathcal{H}_i \otimes \mathcal{H}_{ii} = \mathcal{H}_U$. El subespacio \mathcal{H}_i representa al subsistema S_i y el subespacio \mathcal{H}_{ii} al subsistema, de modo que $S_i \cup S_{ii} = U$. Dado que

- $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$, se da que $\mathcal{H}_i = \mathcal{H}_1 \otimes \mathcal{H}_2$, por tanto $S_i = S_1 \cup S_2$.
- $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$, se da que $\mathcal{H}_{ii} = \mathcal{H}_3 \otimes \mathcal{H}_4$, por tanto $S_{ii} = S_3 \cup S_4$.

Lo que establece una clara correspondencia entre ambas particiones. Los estados posibles $|\psi_i\rangle \in \mathcal{H}_i$ del subsistema S_i se escriben como $|\psi_i\rangle = \sum_{m_i} c_{m_i} |m_i\rangle$ y los estados posibles $|\psi_{ii}\rangle \in \mathcal{H}_{ii}$ del subsistema S_{ii} se escriben $|\psi_{ii}\rangle = \sum_{m_{ii}} c_{m_{ii}} |m_{ii}\rangle$

. Los estados posibles $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ del sistema U pueden ahora reescribirse del siguiente modo:

$$|\psi\rangle = \sum_{m_i, m_{ii}} c_{m_i, m_{ii}} |m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle \quad (12)$$

En este caso es posible definir un único operador de permutación correspondiente a la TPS B:

$$P_{ii-i} |N\rangle = |m_{ii}\rangle \otimes |m_i\rangle \quad (13)$$

Dado que $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$ y que $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$ existe también una correspondencia entre el operador P_{ii-i} y uno de los operadores de permutación de la TPS A. A saber

$$P_{ii-i} |N\rangle = |m_{ii}\rangle \otimes |m_i\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle = P_{3214} P_{1432} |N\rangle \quad (14)$$

Por tanto,

$$P_{ii-i} = P_{3214} P_{1432} \quad (15)$$

Al considerar la partición A, se consideró que los subsistemas \mathcal{S}_1 , \mathcal{S}_2 , \mathcal{S}_3 y \mathcal{S}_4 son fermiones y por ello se antisimetrizó el estado del sistema U para obtener $|\psi_A\rangle$. Sin abandonar, en lo que sigue, dicha suposición, véase cómo actúa el operador P_{ii-i} sobre el estado antisimétrico $|\psi_A\rangle$.

$$P_{ii-i} |\psi_A\rangle = P_{3214} P_{1432} |\psi_A\rangle = |\psi_A\rangle \quad (16)$$

Este resultado es relevante ya que el mismo estado $|\psi_A\rangle$ resulta simétrico respecto al operador P_{ii-i} . De este modo, la notación que introduce el subíndice A cuando el estado es antisimétrico ($|\psi_A\rangle$) y el subíndice S cuando es simétrico ($|\psi_S\rangle$) resulta insuficiente porque este ejemplo muestra que el mismo estado puede ser simétrico o antisimétrico dependiendo de qué TPS se tome. En efecto, en nuestro ejemplo, el estado del sistema es antisimétrico si se analiza desde la TPS A pero es simétrico si se analiza desde la TPS B, es decir

$$|\psi_{A(TPSA)}\rangle = |\psi_{S(TPSA)}\rangle \quad (17)$$

Esto significa que precisamente por haber asumido que los subsistemas S_1 , S_2 , S_3 y S_4 de la partición A son fermiones se debe admitir que los subsistemas S_i y S_{ii} de la partición B se pueden identificar como bosones.

5.3 LA RELATIVIDAD DE LA NOCIÓN DE IDENTIDAD ESTADÍSTICA Y EL ESTATUTO ONTOLÓGICO DE LOS COBOSONES. CONCLUSIONES PARCIALES

El resultado anterior lleva a decir que el sistema U respecto a la TPS A es un sistema fermiónico y, al mismo tiempo, que el sistema U respecto a la TPS B es un sistema bosónico, sin necesidad de modificar su estado (*i.e.* sin volver a aplicar PS para obtener la identidad bosónica). El modelo propone que la identidad estadística de un sistema compuesto, que puede ser dividido en subsistemas indistinguibles, depende de la estructura del producto tensorial seleccionado, (o simplemente *TPS-relativa*). Esto sugiere que para cualquier sistema formado por un número par de fermiones, existe una TPS alternativa donde cada par de fermiones se considera como un único subsistema. Esta perspectiva podría añadirse a los resultados previamente derivados del enfoque TPS. Específicamente, además de la relatividad en las nociones de separabilidad y *entanglement*, ahora podríamos considerar la identidad estadística como otra propiedad relativa. Si esta interpretación es acertada, la identidad fermiónica o bosónica de un sistema que puede ser dividido en

subsistemas indistinguibles debería entenderse en términos relativos a la TPS. En este marco, las designaciones “ser fermión” y “ser bosón”, aplicables a subsistemas indistinguibles, se interpretarían como propiedades relacionales. Así, un subsistema tendría una identidad estadística específica en relación con otros subsistemas dentro de la misma partición, en lugar de poseer una identidad en un sentido más absoluto. Por lo tanto, no sería esencial considerar las propiedades de “ser fermión” o “ser bosón” como categorías fijas, y por ende, no sería necesario ajustarlas al formalismo mediante un postulado específico, como el *ad hoc* (PS).

El modelo de juguete sugiere que la condición de posibilidad del comportamiento trans-estadístico radica en esta noción de identidad estadística TPS-relativizada. De este modo, el comportamiento trans-estadístico no dependería únicamente de condiciones físicas específicas modeladas aproximadamente (*v.gr.* el grado de entrelazamiento de los estados de los fermiones de cada par), sino también de una forma de trans-estadística presente en un nivel más fundamental: la identidad cualitativa de los sistemas. Así, se podría interpretar que el comportamiento trans-estadístico no es meramente una descripción conveniente de cierto fenómeno. Este comportamiento podría estar vinculado a las condiciones bajo las cuales se establece la identidad cualitativa de los sistemas cuánticos indistinguibles, y, desde esta perspectiva, podría ser interpretado de manera realista.

Sin embargo, las conclusiones parciales que podrían derivarse del modelo de juguete basado en el enfoque TPS deben ser consideradas con cautela por el momento. Aunque el modelo logra evitar el uso reiterado de PS para obtener un sistema de bosones a partir de un sistema de fermiones, aún se basa en el formalismo de espacios de Hilbert. En este formalismo, el vector de estado identifica a un sistema cuántico, y los operadores que representan a los observables actúan en un espacio de estados ya definido. Estas particularidades del formalismo de espacios de Hilbert lo alinean con una ontología de objetos individuales que poseen propiedades inherentes. Esta ontología no permite relativizar plenamente la noción de separabilidad, y por tanto bloquea el paso hacia una noción relativizada de identidad estadística. Entre todas las TPSS disponibles, alguna debe delimitar subsistemas que coincidan con objetos que mantengan condiciones de identidad. De aquí que, para esta ontología, las TPSS que definen subsistemas más básicos tendrán prioridad. Y dado que en el modelo de juguete los vectores de estado que definen a los

subsistemas de la TPS B pueden expresarse como productos tensoriales de los vectores de estado de la TPS A (y no viceversa), la interpretación natural es que el sistema total es fermiónico y que la TPS A tiene primacía ontológica sobre la TPS B.

Por lo tanto, en esta fase de la propuesta, donde se ha presentado un modelo aún basado en el formalismo de espacios de Hilbert, la mencionada jerarquía entre TPSs nos impone conceder prioridad ontológica a los subsistemas de la TPS A, y reconsiderar lo previamente afirmado sobre el carácter relacional de la noción de identidad estadística. Los subsistemas son fermiones que pueden actuar como bosones cuando se consideran en pares; sin embargo, estos pares no son bosones genuinos, sino cobosones. En otras palabras, la identidad estadística del sistema total (fermiónica) se determina por condiciones de identidad vinculadas a los subsistemas en su individualidad, obviando las relaciones que existen entre los subsistemas dentro de un sistema compuesto. Desde una ontología de individuos, se debe afirmar: “este es un sistema de fermiones que, aunque no es un sistema de bosones, puede comportarse como tal”. Los fermiones son sistemas concretos, mientras que los cobosones son partículas meramente aparentes, en línea con lo que comúnmente se asume en el contexto físico.

No obstante, una respuesta más detallada al dilema del carácter relativo o absoluto de la identidad estadística (y, en relación a esto, al problema del estatuto ontológico de los cobosones y a la interpretación realista del comportamiento trans-estadístico) se proporcionará tras introducir la versión algebraica del modelo de juguete y su interpretación fundamentada en la ontología de propiedades, sugerida por el formalismo algebraico de la mecánica cuántica.

6. LA ONTOLOGÍA DE PROPIEDADES

La metafísica tradicional elaboró la noción ontológica de objeto individual, pertinente para los sistemas físicos clásicos. Esta noción de objeto individual se vincula con la noción semántica de referencia singular y con la noción lógica de sujeto de predicación (Laycock 2014). Por ello, la idea de objeto individual se complementa de manera inherente con la noción ontológica de propiedades. En otras palabras, un conjunto de propiedades pertenece al objeto individual y se

predica de él. Dicho objeto se distingue por poseer condiciones de identidad que lo diferencian sincrónicamente de otros objetos y permiten su reidentificación diacrónica a pesar de los cambios en sus propiedades con el tiempo. Algunos enfoques sostienen que la individualidad de un objeto se fundamenta en un principio que va más allá de las propiedades, como la sustancia (individualidad trascendental). Otros argumentan que la individualidad de un objeto radica únicamente en sus propiedades (individualidad de haz). Aquellos que ven al objeto individual como un haz de propiedades asumen el reto adicional de establecer criterios de identidad sincrónica y diacrónica basados puramente en propiedades. Para la identidad diacrónica, comúnmente se utiliza la trayectoria espacio-temporal del objeto. En cuanto a la identidad sincrónica, generalmente se adopta alguna variante del principio de identidad de indiscernibles (PII) de Leibniz. El PII sostiene que dos objetos con propiedades indistinguibles son numéricamente idénticos, es decir, deben considerarse en el ámbito ontológico como un solo objeto. Las diferentes interpretaciones del PII se derivan de considerar distintos conjuntos de propiedades (monádicas, relacionales, etc.) como esenciales para el criterio.

En la sección 2, se aludió a la indistinguibilidad de los sistemas cuánticos. La estadística que rige a los sistemas cuánticos del mismo tipo nos lleva a reconocer que, si estos sistemas son objetos en algún sentido, lo son de una manera atípica, dado que carecen de condiciones de identidad que los categoricen como individuos. Específicamente, no acatan el PII, ya que en la mecánica cuántica, sistemas con propiedades indistinguibles presentan diferencias únicamente numéricas. Además, la denominada contextualidad cuántica, que impide que todos los observables de un sistema posean valores definidos simultáneamente, desafía el tradicional principio de determinación omnimoda que se espera que cualquier objeto individual respete, y obstaculiza la posibilidad de usar la trayectoria espacio-temporal como criterio de identidad diacrónica. Finalmente, hay situaciones en las que los sistemas cuánticos infringen el principio de localidad, que se espera que todo objeto individual cumpla. Estos tres retos ontológicos propuestos por los sistemas cuánticos llevaron, incluso en las fases iniciales de la formulación de la mecánica cuántica (ver Weyl 1931), a señalar que los sistemas cuánticos no poseen condiciones de identidad típicas de objetos individuales. Esta percepción se consolidó en lo que se denomina la “visión establecida” sobre el estatus ontológico de los sistemas cuánticos, que

posteriormente condujo al desarrollo de sistemas formales alternativos para representar objetos no individuales (como la teoría de quasi-sets de Krause 1992). Recientemente, diversos autores han cuestionado la visión establecida, argumentando que la noción de objeto individual puede ser reivindicada si se descarta el PII o, al menos, algunas de sus versiones más restrictivas. Van Fraassen (1985) sugiere abandonar el principio de equiprobabilidad; French (1989) postula que los estados ni simétricos ni antisimétricos son ontológicamente viables, pero físicamente inalcanzables; Muller y Saunders (2008) exploran formas de identificar propiedades relacionales que diferencien entre fermiones. En este marco, algunos defensores de las interpretaciones modales de la mecánica cuántica han esbozado una innovadora ontología de propiedades posibles, en la que los sistemas cuánticos carecen de condiciones de identidad que definan un sujeto de predicación (ver Lombardi & Castagnino 2008; da Costa, Lombardi & Lastiri 2013; da Costa & Lombardi 2014; Lombardi & Dieks 2016). Esta propuesta se alinea con el carácter revolucionario de la visión establecida. Según esta ontología, los sistemas cuánticos no pueden ser vistos como individuos, y menos aún como objetos (ver Lombardi & Pasqualini 2022). Se discutirá cómo, en esta propuesta, la noción de separabilidad física entre sistemas no está ontológicamente predefinida, sino que emerge de estipulaciones pragmáticas en el ámbito de la física. Originalmente concebida para abordar los desafíos ontológicos tradicionales de indistinguibilidad, contextualidad y no localidad, se argumenta que esta ontología es también la más apropiada para interpretar (de manera realista) el comportamiento trans-estadístico que es el foco de este artículo.

6.1. ONTOLOGÍA DE PROPIEDADES Y FORMALISMO ALGEBRAICO

Las exposiciones habituales de la mecánica cuántica emplean el formalismo de espacios de Hilbert para la representación matemática de los sistemas físicos. Un espacio de Hilbert se estructura a partir de un conjunto de vectores complejos, donde cada vector simboliza un estado posible. Los observables físicos se representan mediante operadores que actúan sobre los vectores de estado ya establecidos. Esta primacía lógica del espacio de estados sobre los operadores que

simbolizan los observables apunta a una ontología de individuos en la que los sistemas se definen por su espacio de estados y se identifican por su vector de estado. Posteriormente, adquieren las propiedades asociadas a los operadores (ver Ballentine 1998 234-235).

Sin embargo, también es posible emplear en cuántica el formalismo algebraico, matemáticamente equivalente al anterior. En este formalismo, los sistemas cuánticos son inmediatamente representados por un álgebra de operadores que representan a sus observables. Los estados cuánticos se representan por medio de funcionales que actúan sobre los operadores previamente definidos. En este caso, la prioridad lógica de los operadores representantes de los observables por sobre el funcional representante del estado sugiere una ontología de propiedades en que los sistemas cuánticos vienen inmediatamente definidos por sus propiedades, correspondientes con los operadores, sin sustrato alguno. El estado del sistema carece de correlato ontológico, siendo meramente un dispositivo matemático que codifica las distribuciones de probabilidades entre valores posibles correspondientes a cada observable (Ballentine 1998 48).

Para ser más específicos, la ontología de propiedades posibles se define a través de las siguientes correspondencias semánticas (ver Lombardi & Pasqualini 2022):

- El álgebra de *operadores autoadjuntos* representa al conjunto de los *observables físicos* que definen a un sistema cuántico, que a su vez se corresponde con el conjunto de *instancias de propiedades-tipo universales posibles* en el dominio ontológico.
- Los *autovalores* de los operadores autoadjuntos representan *posibles valores físicos*, que a su vez se corresponden con el conjunto de *propiedades-caso posibles* pertenecientes a cada propiedad-tipo.
- Las *funciones de probabilidad* representan *distribuciones de probabilidad* para cada observable físico, que a su vez se corresponden con las *propensiones ontológicas* de actualización de cada posible propiedad-caso.
- Los *funcionales* sobre el álgebra de observables representan *estados físicos*. Son simples dispositivos que asignan una distribución de probabilidad a cada observable de un sistema singular y, por tanto, desde el punto de vista

ontológico codifican las propensiones ontológicas para todas las posibles propiedades-caso del sistema.

Cabe destacar que se alude a propiedades posibles, dado que, como se mencionó, esta ontología se concibió en el contexto de las interpretaciones modales, donde la categoría de posibilidad tiene contenido ontológico. Sin embargo, nada impide su aplicación fuera de las interpretaciones modales. En esta ontología, los sistemas cuánticos se consideran haces de propiedades posibles. Esta propuesta se alinea con el enfoque tradicional de la individualidad de haz, pero con la distinción significativa de que, a diferencia de la teoría tradicional del haz de propiedades actuales, no se busca imponer sobre las propiedades las condiciones de identidad propias de los objetos individuales. Además de los retos que presenta el tratamiento ontológico de sistemas indistinguibles, un sistema cuántico no podría ser considerado un haz de propiedades actuales debido a las limitaciones asociadas a la contextualidad cuántica, claramente establecidas en el teorema de Kochen y Specker (1967). Por el contrario, esta ontología busca intencionadamente dismantelar cualquier condición de identidad con fundamento ontológico. En cuanto a propiedades posibles, el PII no es incorrecto; simplemente no es aplicable, ya que no hay impedimento para que exista diferencia numérica entre dos objetos formales con propiedades posibles idénticas. Para diferenciar más claramente de la teoría del haz tradicional, se ha adoptado el término “cúmulo” de propiedades posibles para referirse en el ámbito ontológico a los sistemas cuánticos (Lombardi & Pasqualini 2022).

Como se observa, la imagen convencional de los sistemas cuánticos como partículas con condiciones de identidad relativamente estables resulta diametralmente opuesta a la imagen de los sistemas cuánticos que proporciona esta ontología. Según ella, los subsistemas cuánticos, considerados individualmente, no poseen condiciones de identidad que se mantengan al integrarse en compuestos. Los cúmulos de propiedades pueden agregarse para formar nuevos cúmulos, sin que los originales puedan ser reidentificados. A su vez, un cúmulo puede desglosarse de diversas formas, sin que ninguna tenga preeminencia ontológica. Específicamente, retomando lo abordado desde el enfoque TPS mencionado previamente, si un sistema puede ser matemáticamente dividido de varias maneras, la ontología no

favorece ninguna división como representativa de condiciones de identidad que establezcan referencias singulares destacadas. La distinción entre sistemas “reales” y “virtuales” se atenúa. Esta ontología, por lo tanto, brinda un sentido ontológico claro a una noción de separabilidad completamente relativizada, conforme lo sugiere el enfoque TPS. De los postulados de esta ontología no se deriva ni la perspectiva atomista tradicional, donde toda realidad física se construye *bottom-up* desde sistemas elementales con condiciones de identidad absolutas, ni una visión holística, *top-down*, donde la identidad de las partes se relativiza completamente a las propiedades del conjunto. Esto no obstaculiza que, en la práctica física y en las interpretaciones de la mecánica cuántica, sea conveniente utilizar ciertas particiones en lugar de otras, estableciendo condiciones de identidad relativamente estables para determinados sistemas. Sin embargo, desde esta ontología, tal preferencia por ciertas divisiones no tiene fundamento ontológico, sino que resulta de estipulaciones orientadas a objetivos prácticos o interpretativos.

6.2. ONTOLOGÍA DE PROPIEDADES E INDISTINGUIBILIDAD

Desde una ontología de propiedades, donde los sistemas cuánticos se definen no por su espacio de estados o por su vector de estado, sino por sus propiedades-tipo y propiedades-caso posibles, es necesario reformular el postulado estándar de indistinguibilidad. En este contexto, son los observables cuánticos los que deben ser invariantes frente a los operadores de permutación disponibles. Esta reformulación recibe el nombre de principio de indistinguibilidad sobre observables PI_{obs} :

PI_{obs} : Si los operadores O representan a los observables del sistema compuesto cuyos subsistemas son indistinguibles, entonces el valor medio de cualquier observable representado por un operador O debe ser el mismo para O y para cualquier permutación O' .

$$PI_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } O' = P^\dagger O P \quad (18)$$

Para satisfacer PI_{obs} ya no hay necesidad de simetrizar o antisimetrizar el estado del sistema sino directamente simetrizar los observables del sistema. PS reformulado se lee:

PS_{obs} : Un sistema de múltiples partículas idénticas debe ser representando por un álgebra de operadores simétricos $O_{\text{sim}} \in \mathcal{O}_{\text{sim}}$, donde la simetría queda definida en términos de los operadores de permutación P .

$$O' = P^\dagger O P = (\pm 1)^2 O = O_{\text{sim}} \tag{19}$$

Esta condición impuesta a los observables incluye tanto bosones como fermiones. Resulta fácil reconocer esto si se remite a la restricción que se suele imponer a los estados. En el caso de los bosones se pide que la función de onda sea simétrica, es decir

$$|\psi_S\rangle = P|\psi_S\rangle \tag{20}$$

de modo que

$$\langle \psi_S | O_{\text{sim}} | \psi_S \rangle = \langle \psi_S | P^\dagger O P | \psi_S \rangle = \langle \psi_S | O | \psi_S \rangle \tag{21}$$

Y en el caso de los fermiones se tiene que $|\psi_A\rangle = -P|\psi_A\rangle$, de modo que

$$\langle \psi_A | O_{\text{sim}} | \psi_A \rangle = \langle \psi_A | P^\dagger O P | \psi_A \rangle = (-\langle \psi_A |) O (-|\psi_A\rangle) = \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle \tag{21}$$

Así, la condición expresada en (19) que define a los observables simétricos O_{sim} incluye ambos casos. Para obtener observables con una identidad estadística definida deberán aplicarse operadores de simetrización S (para el caso de bosones) o antisimetrización A (para el caso de fermiones) a los observables

$$\begin{aligned} S^\dagger OS &= O_B \\ A^\dagger OA &= O_F \end{aligned} \quad (22)$$

Los operadores simétricos O_B forman el álgebra bosónica \mathcal{O}_B , mientras que los operadores simétricos O_F forman el álgebra fermiónica \mathcal{O}_F . Cabe aclarar que los operadores O_F , aunque hayan sido resultado de aplicar un operador de antisimetrización, resultan simétricos y no antisimétricos ya que, al aplicarles operadores de permutación, el posible autovalor (-1) aparece elevado al cuadrado. Esto es

$$P^\dagger O_F P = (\pm 1)^2 O_F = O_F \quad (23)$$

Se obtienen así los valores medios esperados para sistemas bosónicos o fermiónicos sin necesidad de simetrizar o antisimetrizar el estado

$$\begin{aligned} \langle O \rangle_{|\psi_S\rangle} &= \langle \psi_S | O | \psi_S \rangle = \langle \psi | S^\dagger OS | \psi \rangle = \langle \psi | O_B | \psi \rangle = \langle O_B \rangle_{|\psi\rangle} = \text{Tr}(\rho O_B) \\ \langle O \rangle_{|\psi_A\rangle} &= \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle = \langle \psi | A^\dagger OA | \psi \rangle = \langle \psi | O_F | \psi \rangle = \langle O_F \rangle_{|\psi\rangle} = \text{Tr}(\rho O_F) \end{aligned} \quad (24)$$

Desde esta perspectiva ontológica, el postulado de simetrización deja de ser una adición *ad hoc* y se fundamenta ontológicamente. Cuando dos o más cúmulos de propiedades posibles idénticas se agregan para formar un único cúmulo, es natural esperar que el cúmulo resultante sea simétrico. Es decir, que los observables simétricos del sistema compuesto no hagan distinciones entre un subsistema y otro. Por ejemplo, consideremos dos cúmulos h^1 y h^2 definidos por distintas instancias de álgebras de observables idénticas $\mathcal{O}_1 = \mathcal{O}_2$ de modo que $h^1 \sqcap h^2$, siendo \sqcap la relación de indistinguibilidad. Los índices 1 y 2 no suponen aquí individualidad y

podrían ser arbitrariamente intercambiados. Estos dos cúmulos se agregan en un nuevo cúmulo compuesto h^U tal que $h^U = h^1 * h^2$, siendo $*$ la operación de agregación. El álgebra $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2 = \mathcal{O}_2 \vee \mathcal{O}_1$ definirá al cúmulo h^U . Enseguida, la restricción sobre los observables $O_U \in \mathcal{O}_U$ exigida por PS_{obs} debe ser llevada a cabo, con objeto de que los observables $O_U = \sum_{ij} k_{ij} (O_{1i} \otimes O_{2j})$ sean tales que $O_{1i} \otimes O_{2j} = O_{2i} \otimes O_{1j}$, es decir, resulten invariantes frente a la permutación de los cúmulos h^1 y h^2 (ver Fortin & Lombardi 2021).

7. VERSIÓN ALGEBRAICA DEL MODELO

Introducido el formalismo algebraico junto con la ontología de propiedades que le es connatural, se presenta a continuación la versión algebraica del modelo de juguete presentado en sección 5. Considérese un sistema U con observables O_U pertenecientes al álgebra \mathcal{O}_U . El estado del sistema U será el genérico $\rho = |\psi\rangle\langle\psi|$ (sin simetrizar o antisimetrizar).

Se introduce la partición A (TPS A) $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2 \vee \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$ del álgebra \mathcal{O}_U tal que para cada $O_U \in \mathcal{O}_U$ se da que

$$O_U = \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{2j} \otimes O_{3k} \otimes O_{4l}) \quad (25)$$

Los observables O_1 pertenecen a la subálgebra $\mathcal{O}_1 \subset \mathcal{O}_U$; los observables O_2 pertenecen a la subálgebra $\mathcal{O}_2 \subset \mathcal{O}_U$; los observables O_3 pertenecen a la subálgebra $\mathcal{O}_3 \subset \mathcal{O}_U$ y los observables O_4 pertenecen a la subálgebra $\mathcal{O}_4 \subset \mathcal{O}_U$. Finalmente, las subálgebras \mathcal{O}_1 , \mathcal{O}_2 , \mathcal{O}_3 y \mathcal{O}_4 definen respectivamente a los subsistemas S_1 , S_2 , S_3 y S_4 de modo que $S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 = U$.

Consecuentemente, los operadores de permutación de primer orden para esta partición se pueden definir de la siguiente manera

$$\begin{aligned}
 P_{2134}^\dagger O_U P_{2134} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{2i} \otimes O_{1j} \otimes O_{3k} \otimes O_{4l}) \\
 P_{3214}^\dagger O_U P_{3214} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{3i} \otimes O_{2j} \otimes O_{1k} \otimes O_{4l}) \\
 P_{4231}^\dagger O_U P_{4231} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{4i} \otimes O_{2j} \otimes O_{3k} \otimes O_{1l}) \\
 P_{1324}^\dagger O_U P_{1324} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{3j} \otimes O_{2k} \otimes O_{4l}) \\
 P_{1432}^\dagger O_U P_{1432} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{4j} \otimes O_{3k} \otimes O_{2l}) \\
 P_{1243}^\dagger O_U P_{1243} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{2j} \otimes O_{4k} \otimes O_{3l})
 \end{aligned} \tag{26}$$

Se introduce la partición B (beta) $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_i \vee \mathcal{O}_{ii}$ del álgebra \mathcal{O}_U tal que para cada $O_U \in \mathcal{O}_U$ se da que $O_U = \sum_{mn} k_{mn} (O_{im} \otimes O_{in})$. Los observables O_i pertenecen a la subálgebra \mathcal{O}_i , mientras que los observables O_{ii} pertenecen a la subálgebra \mathcal{O}_{ii} . Las subálgebras \mathcal{O}_i y \mathcal{O}_{ii} definen a los subsistemas S_i y S_{ii} respectivamente, de modo que $S_i \cup S_{ii} = U$. Finalmente, el álgebra \mathcal{O}_i tiene como subálgebras a las ya conocidas \mathcal{O}_1 y \mathcal{O}_2 de modo que $S_i = S_1 \cup S_2$, *i. e.* $\mathcal{O}_i = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2$; y \mathcal{O}_{ii} tiene como subálgebras a \mathcal{O}_3 y \mathcal{O}_4 de modo que $S_{ii} = S_3 \cup S_4$; *i. e.* $\mathcal{O}_{ii} = \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$.

El único operador de permutación correspondiente a esta partición es:

$$P_{ii-i}^\dagger O_U P_{ii-i} = \sum_{mn} k_{mn} (O_{im} \otimes O_{in}) \tag{27}$$

Dado que $\mathcal{O}_i = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2$ y que $\mathcal{O}_{ii} = \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$, existe una correspondencia entre el operador P_{ii-i} y uno de los operadores de permutación de la partición Λ . A saber

$$\sum_{mn} k_{mn} (O_{im} \otimes O_{in}) = \sum_i \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{3i} \otimes O_{4j} \otimes O_{1k} \otimes O_{2l}) \tag{28}$$

$$P_{ii-i}^\dagger O_U P_{ii-i} = P_{3214}^\dagger P_{1432}^\dagger O_U P_{1432} P_{3214}$$

Por tanto,

$$P_{ii-i} = P_{1432} P_{3214} \tag{29}$$

Si se asume que los subsistemas S_1, S_2, S_3 y S_4 son indistinguibles entre sí, debería darse, de modo de satisfacer PI_{obs}

$$\forall O_U \in \mathcal{O}_U, O_U = P_\alpha^\dagger O_U P_\alpha \tag{30}$$

Si adicionalmente se asume que S_1, S_2, S_3 y S_4 son fermiones, y de modo de asegurar que los observables que representen al sistema U cumplan la condición establecida en la ec. 30, se deberá aplicar el ya definido operador de antisimetrización A a los observables O_U

$$\forall O_F \in \mathcal{O}_F, O_F = A^\dagger O_U A \tag{31}$$

Se obtiene así el álgebra \mathcal{O}_F que representa al sistema U compuesto de cuatro fermiones S_1, S_2, S_3 y S_4 . La operación es análoga a aplicar el operador de antisimetrización A al estado. El PI_{obs} resulta satisfecho por esta álgebra ya que

$$\begin{aligned}
 \text{PI}_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle &= \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } O' = P^\dagger O P \\
 \langle \psi | P_\alpha^\dagger O_F P_\alpha | \psi \rangle &= (\pm 1)^2 \langle \psi | O_F | \psi \rangle = \langle \psi | O_F | \psi \rangle
 \end{aligned} \tag{32}$$

Asúmase ahora que los subsistemas S_i y S_{ii} son también indistinguibles entre sí, debería darse, para satisfacer PI_{obs}

$$\forall O_U \in \mathcal{O}_U, O_U = P_{ii}^\dagger O_U P_{ii-i} \tag{33}$$

Si adicionalmente se asume que S_i y S_{ii} son bosones, y de modo de asegurar que los observables que representen al sistema U cumplan la condición establecida en la ec. 33, se debería aplicar un operador de simetrización \tilde{S} a los observables O_U . El operador de simetrización \tilde{S} se define

$$\tilde{S} = \frac{1}{2}(I + P_{ii-i}) \tag{34}$$

Se obtendría un álgebra de observables $\tilde{\mathcal{O}}_B$ tal que

$$\forall \tilde{O}_B \in \tilde{\mathcal{O}}_B, \tilde{O}_B = \tilde{S}^\dagger O_U \tilde{S} \tag{35}$$

Sin embargo, si se hace uso de este operador, se obtendría un resultado indeseable, que es obtener un álgebra de observables $\tilde{\mathcal{O}}_B$ que definiría a U como un sistema distinto del definido anteriormente por el álgebra \mathcal{O}_F . Ya no se hablaría de dos particiones distintas de un mismo sistema compuesto sino de dos sistemas compuestos distintos. Sería el equivalente en el formalismo de espacios de Hilbert a simetrizar el estado respecto exclusivamente al operador P_{ii-i} , pero se perderían las simetrías y antisimetrías respecto de los operadores P_α .

La manera de encontrar un álgebra de observables adecuada, que satisfaga la ec. 33 sin dejar de satisfacer la ec. 30, es definir un álgebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ haciendo uso del mismo operador de antisimetrización A . El álgebra buscada es

$$\forall O_B \in \mathcal{O}_B, O_B = A^\dagger O_U A \tag{36}$$

Esto es perfectamente posible, ya que se demostró que la acción del operador A debe entenderse como una antisimetrización desde la partición A pero como una antisimetrización desde la partición B. Se obtiene así el álgebra \mathcal{O}_B que representa al sistema U compuesto de dos bosones S_i y S_{ii} . El PI_{obs} resulta satisfecho por esta álgebra ya que

$$PI_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } O' = P^\dagger O P$$

$$\langle \psi | P_{ii}^\dagger O_B P_{ii} | \psi \rangle = (1)^2 \langle \psi | O_B | \psi \rangle = \langle \psi | O_B | \psi \rangle \tag{37}$$

Como primer corolario se obtiene que una misma álgebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ obtenida a partir del operador de antisimetrización A define al sistema U como fermiónico o bosónico no en términos absolutos sino respecto a una determinada partición, a saber, U es fermiónico respecto a la partición A y bosónico respecto a B. Esto invita a cambiar la notación, para poner de relieve esta relatividad de la identidad estadística respecto a la partición. En lugar de \mathcal{O}_B se dirá \mathcal{O}_B^B , y en lugar de \mathcal{O}_F se escribirá \mathcal{O}_A^F . Un resultado análogo habíamos obtenido por medio de la versión en espacios de Hilbert del modelo, en la que para un sistema total representado por un mismo vector de estado $|\psi_A\rangle$ obteníamos tanto la identidad fermiónica como bosónica.

El segundo corolario es que el uso del operador de antisimetrización A para obtener el álgebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ no necesariamente debe inducir a pensar que el sistema U es fundamentalmente fermiónico y que la partición A tiene prioridad

ontológica respecto a la B. Sino que el uso del operador de antisimetrización A puede interpretarse como una cierta restricción sobre el álgebra de observables, de las muchas posibles, que definen una cierta subálgebra y de ese modo define un cierto conjunto de subsistemas. Esta restricción es el análogo en el espacio de observables que desde otro punto de vista podría introducirse a partir de una restricción de los estados accesibles al sistema. En concreto la restricción reside en limitar los estados posibles del sistema a aquellos estados que siendo simétricos en la partición B, se conviertan en antisimétricos vistos desde la partición A.

Este resultado emerge como una posibilidad latente sólo en la versión algebraica. A saber, contamos con un álgebra \mathcal{O}_{sim} constituida por operadores $O_{sim} = S^\dagger O_U S$ que se adapta perfectamente al cómputo de valores medios tanto para la partición fermiónica como la bosónica y que no podría ser considerada fermiónica en absoluto (ya que se emplea el operador de simetrización S) ni bosónica en absoluto ya que S se construye sobre la base de los operadores de permutación de la partición fermiónica.

8. CONCLUSIONES

La adopción de una ontología de propiedades sugerida por el formalismo algebraico de la mecánica cuántica permite levantar la medida de prudencia que había obligado a suspender las conclusiones parciales derivadas de la versión en espacios de Hilbert del modelo de juguete. La equivalencia ontológica de la pluralidad de TPSs a partir de una ontología en que los (sub)sistemas cuánticos no pueden ser considerados objetos con condiciones de identidad que puedan preservarse al ser particionados o al entrar en composición, impide la interpretación convencional que fundamenta la identidad estadística de un sistema compuesto en ciertas propiedades intrínsecas de aquellos subsistemas definidos por una TPS privilegiada, que delimita sistemas considerados elementales. Desde esta ontología, al habilitar una noción de separabilidad TPS-relativizada, se posibilita también una noción de identidad estadística TPS-relativizada.

Los subsistemas indistinguibles ya no son, en un sentido estricto, ni fermiones ni bosones, pero sí en sentido relativo. Es decir, la identidad estadística del sistema compuesto no depende ya de condiciones de identidad de cada subsistema numéricamente distinto considerado individualmente, sino que se atribuye al sistema compuesto en relación con una TPS específica y a cada subsistema en relación con el resto de los subsistemas de la partición. Recuérdese que adoptar una ontología de propiedades supone asumir un enfoque *top-down*, donde comenzamos con el sistema total como cúmulo único de propiedades, atenuando la noción de elementalidad. La identidad estadística del sistema total se determinará por las propiedades relacionales mutuas de los subsistemas definidos por cada TPS.

Desde la ontología de propiedades puede finalmente decirse: “este es un sistema de fermiones respecto a la partición A y es un sistema de bosones respecto a la partición B”. Al relativizar la identidad fermiónica o bosónica, se facilita una interpretación realista del comportamiento trans-estadístico. En una ontología de individuos, el comportamiento bosónico de un sistema de fermiones solo podía ser aparente. Sin embargo, desde una ontología de propiedades, el comportamiento trans-estadístico de un sistema que es fermiónico o bosónico de manera TPS -relativa ya no depende únicamente de circunstancias físicas específicas y puede tener un fundamento ontológico, vinculado a las condiciones bajo las cuales se establece la identidad cualitativa de los sistemas. Además, los cobosones resultan ser tan reales como los fermiones que los constituyen, y su estatus ontológico se equipara al de los bosones convencionales.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a Olimpia Lombardi por sus consejos y su inestimable ayuda. Esta investigación fue parcialmente financiada por las becas: “The Cosmological Origin of the Arrow of Time”, de la John Templeton Foundation; “Mecánica cuántica: interpretación y relaciones interteóricas” de la Universidad de Buenos Aires; “Relaciones interteóricas entre la mecánica cuántica y otros dominios teóricos” de la Universidad Austral; y “La interpretación de la mecánica cuántica y de sus relaciones con otros dominios teóricos y disciplinares” de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica.

REFERENCIAS

- Avancini, S., Marinelli, J. R. y Krein, G. “Compositeness Effects in the Bose–Einstein Condensation”. *Journal of Physics A: Mathematical and General* 36.34 (2003): 9045-9052. <<https://www.doi.org/10.1088/0305-4470/36/34/307>>
- Ballentine, Leslie. *Quantum Mechanics: A Modern Development*. Singapore: World Scientific, 1998.
- Belkhir, Lotfi. y Randeria, Mohit. “Collective Excitations and the Crossover from Cooper Pairs to Composite Bosons in the Attractive Hubbard Model”. *Physical Review B: Condensed Matter* 45.9 (1992): 5087. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.45.5087>>
- Brooks, James S. y Donnelly, Russell J. “The Calculated Thermodynamic Properties of Superfluid Helium-4”. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 6.1 (1977): 51-104. <<https://doi.org/10.1063/1.555549>>
- Butterfield, Jeremy. “Interpretation and Identity in Quantum Theory”. *Studies in History and Philosophy of Science* 24.3 (1993): 443-476. <[https://doi.org/10.1016/0039-3681\(93\)90037-K](https://doi.org/10.1016/0039-3681(93)90037-K)>
- Chudzicki, Christopher., Oke, Olufolajimi., y Wootters, William K. “Entanglement and Composite Bosons”. *Physical Review Letters* 104 (2010): 070402-070402.
- Combescot, M. y Tanguy, C. “New Criteria for Bosonic Behavior of Excitons”. *Europhysics Letters* 55.3 (2001): 390-396. <<https://doi.org/10.1209/epl/i2001-00427-7>>
- Cuestas, Eloisa., Bouvrie, P. Alexander., y Majtey, Ana P. “Fermionic versus Bosonic Behavior of Confined Wigner Molecules”. *Physical Review A* 101 (2020): 033620 <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.101.033620>>
- da Costa, Newton., y Lombardi, Olimpia. “Quantum Mechanics: Ontology without Individuals”. *Foundations of Physics: An International Journal Devoted to the Conceptual Bases and Fundamental Theories of Modern Physics* 44 (2014): 1246-1257. <<https://doi.org/10.1007/s10701-014-9793-1>>
- da Costa, Newton., Lombardi, Olimpia., y Lastiri, Mariano. “A Modal Ontology of Properties for Quantum Mechanics”. *Synthese* 190.17 (2013): 3671-3693. <<https://www.jstor.org/stable/24019905>>

- Dugić, M., y Jeknić, J. “What is ‘system’: Some Decoherence-Theory Arguments”. *International Journal of Theoretical Physics* 45 (2006): 2215–2225. <<https://doi.org/10.1007/s10773-006-9186-0>>
- Dugić, M. y Jeknić-Dugić, J. “What is «system»: The Information-theoretic Arguments”. *International Journal of Theoretical Physics* 47 (2008): 805–813. <<https://doi.org/10.1007/s10773-007-9504-1>>
- Earman, John. “Some Puzzles and Unresolved Issues about Quantum Entanglement”. *Erkenntnis* 80.1 (2015): 303–337. <<https://doi.org/10.1007/s10670-014-9627-8>>
- Fortin, Sebastian y López, Cristian. “Problemas ontológicos de la mecánica cuántica”. *Diccionario Interdisciplinar Austral*. Eds. Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck, 2016. *Online*. <http://dia.austral.edu.ar/Problemas_ontológicos_de_la_mecánica_cuántica>
- Fortin, Sebastián., y Lombardi, Olimpia. “Entanglement and Indistinguishability in a Quantum Ontology of Properties”. [Preprint] (2021): *Online*. <<http://philsci-archive.pitt.edu/19257/>>
- French, Steven. “Identity and Individuality in Classical and Quantum Physics”. *Australasian Journal of Philosophy* 67.4 (1989): 432–446. <<https://doi.org/10.1080/00048408912343951>>
- Gigena, N., y Rossignoli, R. “Entanglement in Fermion Systems”. *Physical Review A* 92 (2015): 042326. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.92.042326>>
- Harshman, N. L., y Wickramasekara, S. “Tensor Product Structures, Entanglement, and Particle Scattering”. *Open Systems and Information Dynamics* 14.3 (2007): 341–351. <<https://doi.org/10.1007/s11080-007-9057-z>>
- Kochen, Simon y Specker, E. “The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics”. *Journal of Mathematics and Mechanics* 17.1 (1967): 59–87 <<https://doi.org/10.1512/iumj.1968.17.17004>>
- Krause, Décio. “On a Quasi-set Theory”. *Notre Dame Journal of Formal Logic* 33.3 (1992): 402–411. <<http://dx.doi.org/10.1305/ndjfl/1093634404>>
- Law, C. K. “Quantum entanglement as an Interpretation of Bosonic Character in Composite Two-particle Systems”. *Physical Review A* 71.3 (2005): 034306. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.71.034306>>

- Laycock, Henry. “Object.” *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2014 Edition). Ed. Edward N. Zalta. Stanford, Stanford University, 2017. <<https://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/object/>>
- Lombardi, Olimpia. y Castagnino, Mario. “A Modal-Hamiltonian Interpretation of Quantum Mechanics”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 39 (2008): 380-443. <<https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2008.01.003>>
- Lombardi, Olimpia., y Pasqualini, Matías Daniel. “La controversia acerca de la identidad en su ingreso al ámbito de la mecánica cuántica”. *Ideas y Valores* 71.8 (2022): 138-164. <<https://doi.org/10.15446/ideasyvalores.v71n8Supl.102872>>
- Lombardi, Olimpia. y Dieks, Dennis. “Particles in a Quantum Ontology of Properties”. *Metaphysics in Contemporary Physics*. Eds. Tomasz Bigaj., y Christian Wüthrich. Leiden: Brill-Rodopi, 2016. 123-143. <https://doi.org/10.1163/9789004310827_007>
- Muller, F. A., y Saunders, S. “Discerning Fermions”. *The British Journal for the Philosophy of Science* 59.3 (2008): 499–548. <<http://dx.doi.org/10.1093/bjps/axn027>>
- Rombouts, S, Van Neck, D., Peirs, K. y Pollet, L. “Comment on New criteria for Bosonic Behavior of Excitons by M. Combescot and C. Tanguy”. *Europhysics Letters* 63.5 (2003): 785. <<https://doi.org/10.1209/epl/i2003-00589-8>>
- Tichy, Malte C., Bouvrie, Alexander P., y Mølmer, Klaus. “How Bosonic is a Pair of Fermions?” *Appl. Phys. B* 117 (2014): 785-796. <<https://doi.org/10.1007/s00340-014-5819-9>>
- van Fraassen, Bas. “Statistical Behaviour of Indistinguishable Particles: Problems of Interpretation”. *Recent Developments in Quantum Logic*. Eds. Mittelstaedt, Peter. y Stachow, Ernst-Walther. Mannheim, 1985. 161-187.
- Weyl, Hernan. *The Theory of Groups and Quantum Mechanics*. London: Methuen and Co., English trans., 2nd edition, 1931.
- Zanardi, Paolo. “Virtual Quantum Systems”. *Physical Review Letters* 87.7 (2001): 077901. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.077901>>

QUANTUM TRANS-STATISTICS FROM AN ONTOLOGY OF PROPERTIES*

TRANS-ESTADÍSTICA CUÁNTICA DESDE UNA ONTOLOGÍA DE PROPIEDADES*

MATÍAS PASQUALINI
CONICET – Instituto de Investigaciones
“Dr. Adolfo Prieto”,
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Argentina.
matiaspasqualini@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0084-1363>

SEBASTIAN FORTIN
CONICET – Universidad de Buenos
Aires, Argentina
Buenos Aires, Argentina.
sfortin@conicet.gov.ar
<https://orcid.org/0000-0002-4531-7461>



ABSTRACT

In recent years, the bosonic behavior that a many-fermion system can exhibit has raised interest among physicists. In this paper, an approach based on tensor product structures is taken and an ontology of properties is assumed to argue for the relativity of the notion of statistical identity and for a realistic interpretation of trans-statistical behavior.

Keywords: philosophy of physics; virtual particles; composite bosons; ontology of properties; tensor product structure.

* Este artículo se debe citar: Pasqualini, Matías y Fortin, Sebastián. “Trans-estadística cuántica desde una ontología de propiedades”. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 23.47 (2023): 293-330. <https://doi.org/10.18270/rfc.v23i47.4186>

RESUMEN

En los últimos años, el comportamiento bosónico que un sistema de fermiones puede exhibir ha despertado el interés de los físicos. En este trabajo, se adopta un enfoque basado en estructuras producto tensorial y se asume una ontología de propiedades para argumentar en favor de la relatividad de la noción de identidad estadística y en favor de una interpretación realista del comportamiento trans-estadístico.

Palabras clave: filosofía de la física; partículas virtuales; bosones compuestos; estructura producto tensorial; ontología de propiedades.

1. INTRODUCTION

According to quantum mechanics, systems composed of identical particles are either fermions or bosons in a mutually exclusive manner. However, under certain circumstances, pairs of fermions can behave as composite bosons, called cobosons. Generally, in the realm of physics, this behavior is not considered to be realistically interpretable but is merely a description based on idealized, and therefore approximate, models. This article defends the idea that the bosonic behavior that a system of fermions can exhibit can be realistically interpreted if certain ontological commitments are assumed. To do this, it will use: (1) a simple toy model that employs different partitions of Hilbert space, also called tensor product structures (TPS), from which it is argued that the statistical identity (fermionic or bosonic) of a system composed of identical particles is relative to the TPS; and (2) an ontology of properties where quantum systems are seen as clusters of possible properties, without identity conditions typical of individual objects. The structure of the article is as follows: Section 2 introduces the reader to a quantum feature called indistinguishability, which determines the identity and behavior upon permutations of quantum systems. Section 3 addresses the phenomenon of trans-statistical behavior and its conventional interpretation in the physical realm. Section 4 briefly presents some results of the approach based on TPSs that several authors have

developed in recent years, an approach in which this proposal seeks to be inscribed. Section 5 proposes a version in Hilbert space formalism of the toy model, suggesting the relativity of the notion of statistical identity with respect to the TPS. Section 6 provides an overview of the ontological challenges posed by quantum mechanics and introduces the ontology of possible properties, inspired by algebraic formalism. Finally, Section 7 presents an algebraic formalism version of the toy model from Section 5, showing more clearly the relevance of a property ontology to explain trans-statistical behavior realistically.

2. QUANTUM INDISTINGUISHABILITY AND STATISTICAL BEHAVIOR

The statistical behavior of quantum systems, whose subsystems possess identical properties, differs significantly from that of their classical counterparts. For reasons that will be explained below, this quantum behavior is based on the premise that quantum subsystems of the same type are indistinguishable. Statistical mechanics arises to explain the behavior of complex systems whose macroscopic properties are derived from the states of their subsystems. Take, for example, a volume of gas at a certain temperature, which is related to the kinetic energy of its molecules. Since it is unfeasible to obtain information about the individual state of each subsystem, statistical methods are used. These methods assume that all possible distributions of the subsystems among the different states have the same probability. In the following example, these distributions of subsystems among possible states will be called 'complexions'. Consider two subsystems S_A and S_B , and two possible states $|\Psi_1\rangle$ and $|\Psi_2\rangle$. If the subsystems are classical, the following complexions are obtained (Fortin & López 2016):

- (1) S_A and S_B both are found in the state $|\Psi_1\rangle$.

- (2) S_A is found in the state $|\Psi_1\rangle$ and S_B in the state $|\Psi_2\rangle$.
- (3) S_B is found in the state $|\Psi_1\rangle$ and S_A in the state $|\Psi_2\rangle$.
- (4) S_A and S_B both are found in the state $|\Psi_2\rangle$.

It's important to note that when taking complexion (2) and permuting the subsystems between the states (or, equivalently, permuting the states between the subsystems), one obtains complexion (3). The statistics that arise when considering that permutations of subsystems result in different complexions is known as the Maxwell-Boltzmann distribution and is used in the classical context.

Now consider the case of quantum subsystems, in particular, particles with integer spin or bosons. The following complexions are obtained:

- (1) Both systems are in the state $|\Psi_1\rangle$.
- (2) One system is in the state $|\Psi_1\rangle$ and the other in the state $|\Psi_2\rangle$.
- (3) Both systems are in the state $|\Psi_2\rangle$.

It should be noted that for quantum subsystems, it doesn't make sense to retain the labels S_A and S_B . This is because, unlike the classical case, when taking complexion (2) and permuting subsystems, one doesn't obtain a distinct complexion that needs to be statistically accounted for. Contrary to what one might expect, permuting quantum subsystems of the same type has no observational consequences. This peculiarity of quantum subsystems is reflected in what is called the indistinguishability postulate IP_{st} (the standard specification is added because a version of IP centered on observables rather than states will be introduced later):

IP_{st} : If the vector $|\psi\rangle$ represents the state of the composite system whose subsystems are indistinguishable, then the expected

value of any observable represented by an operator O must be the same for $|\psi\rangle$ and for any permutation $|\psi'\rangle$

$$\text{PI}_{\text{st}}: \langle \psi' | O | \psi' \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } |\psi'\rangle = P|\psi\rangle$$

Where P is a generic permutation operator (see Butterfield 1993). This postulate led some of the founding fathers of quantum mechanics, such as Born and Heisenberg, to consider that quantum systems might behave as non-individual entities. Indeed, among quantum systems, there can be a mere numerical difference, even when all their properties are indistinguishable. If there were numerical identity between them (i.e., if they were the same object), only two complexions would have been counted in the previous example. If the systems had at least some distinguishable properties, we should have counted four complexions, as it is the case in the classical scenario. However, the statistical law applicable to bosons leads us to account for only three complexions in our example. It is imperative to accept that, in the quantum context, indistinguishable systems can be numerically distinct, resulting in a violation of Leibniz's principle of the identity of indiscernibles. This principle, formulated in classical metaphysics, serves as a criterion for numerical identity for classical systems that possess identity conditions defining them as individual objects.

The quantum statistics mentioned in the previous example is known as Bose-Einstein statistics. Hence, integer spin particles that follow this statistical law are called "bosons". Correspondingly, we will say that indistinguishable systems governed by this law have bosonic statistical identity (using the notion of identity here in terms of qualitative identity). However, it is essential to note that this is not the only statistics applicable to quantum systems. Half-integer spin particles, or fermions, are governed by the Pauli exclusion principle, which prohibits two or more particles from coexisting in the same state. For these particles, the only possible complexion in our example of a system composed of two subsystems and two states is:

(1) One system is in the state $|\Psi_1\rangle$ and the other in the state $|\Psi_2\rangle$.

Fermions obey the statistics known as Fermi-Dirac, from which they derive their name. We will say that indistinguishable systems that adhere to this statistical law have fermionic statistical identity (in the sense of qualitative identity). The differentiation between the two types of statistical identity (fermionic and bosonic) in the quantum context is due to the fact that IPst is fulfilled only in symmetric states $|\psi_s\rangle$ or antisymmetric $|\psi_A\rangle$ regarding the permutation operators. Both types of states are eigenstates of the possible permutation operators, with eigenvalues (1) and (-1) respectively. That is:

$$\begin{aligned} P|\psi_s\rangle &= |\psi_s\rangle \\ P|\psi_A\rangle &= -|\psi_A\rangle \end{aligned} \qquad \text{MERGEFORMAT}$$

Due to the nature of the formalism, the previously mentioned exclusion principle is clarified, introduced initially to explain the distribution of electrons among different energy levels in atomic structure. Because of this, an additional postulate was incorporated into the formalism of quantum mechanics: the symmetrization postulate (SP). This postulate represents an *ad hoc* restriction on the set of possible states that the formalism admits for systems with indistinguishable subsystems, ensuring in these, the satisfaction of IP_{st}. SP can be formulated as follows (Fortin & Lombardi 2021):

SP: A multi-particle system of identical particles must be represented by a quantum state that is either fully symmetric (bosons) or fully antisymmetric (fermions), where the symmetry or antisymmetry is defined in terms of the permutation operators P .

$$|\psi'\rangle = P|\psi\rangle = \pm |\psi\rangle \qquad \text{MERGEFORMAT}$$

To obtain symmetric $|\psi_S\rangle$ or antisymmetric $|\psi_A\rangle$ states, symmetrization or antisymmetrization A operators must be applied respectively to a generic state $|\psi\rangle$

$$S|\psi\rangle = |\psi_S\rangle$$

$$A|\psi\rangle = |\psi_A\rangle$$

MERGEFORMAT

Based on what has been presented so far, it seems logical to interpret that the statistical identity of a composite system is predetermined in an absolute manner at a more fundamental level than that directly described by the formalism of quantum mechanics. This arises from the need to introduce a specific restriction to the formalism, either by symmetrizing the state or, as an alternative, by antisymmetrizing it. In other words, it seems that to address the notion of statistical identity, it is necessary to incorporate *ad hoc* a postulate that complements the formalism and aligns it with the statistically observed behavior. Clearly, with this interpretation, it becomes challenging to accept any kind of trans-statistics in a realistic sense, whether in terms of identity or behavior. However, as will be shown later, the argument developed in this article seeks to challenge this interpretation, relativize the notion of statistical identity, and allow a realistic understanding of trans-statistical behavior.

3. THE TRANS-STATISTICAL BEHAVIOR

In this presentation, the term "trans-statistical behavior" refers to a particular phenomenon that has captured the attention of physicists for several decades. It pertains to the fact that, under certain circumstances, a fermion system unexpectedly exhibits bosonic statistical behavior. It is argued that pairs of fermions can behave as composite bosons, also called cobosons. It's important to note that we are not referring to the already known cases where a strong

nuclear interaction between fermions is observed, such as in a set of protons and neutrons (half-integer spin particles) that interact through the strong nuclear force to form an atomic nucleus. For instance, two protons and two neutrons can make up a Helium-4 nucleus. These atomic nuclei are composite systems that can display empirically verifiable bosonic behavior, such as superfluidity (Brooks & Donnelly 1977).

On the other hand, trans-statistical behavior does not stem from the strong nuclear interaction between fermions, and therefore, each subsystem can be dynamically independent. This feature makes the phenomenon theoretically intriguing since, according to the symmetrization postulate, the state of a composite system must be symmetrized or antisymmetrized *ab initio*, while the dynamic law of quantum mechanics does not allow a symmetric state to evolve into an antisymmetric state and vice versa. The symmetry or antisymmetry of the state of an isolated composite system must be maintained in any unitary dynamic evolution. Law (2005) addressed this phenomenon and found that the degree of entanglement between fermions determines to what extent a fermion system acts as a coboson system, and that interactions are not essential. If they exist, they simply intensify quantum correlations, which do seem to be crucial for the emergence of bosonic behavior. Subsequently, Chudzicki *et al.* (2010) and Tichy *et al.* (2014) achieved a generalization of Law's approach using creation and annihilation operators. This phenomenon is also relevant due to its applications in areas such as quantum information processing (Gigena & Rossignoli 2015), Bose-Einstein condensates (Avancini *et al.* 2003; Rombouts *et al.* 2003), excitons (Combescot & Tanguy 2001), Cooper pairs in superconductors (Belkhir & Randeria 1992), and confined Wigner molecules (Cuestas *et al.* 2020).

Generally, in the field of physics, there is a tendency to accept that trans-statistical behavior cannot be interpreted in a realistic manner. The prevailing interpretation holds that attributing bosonic behavior to a fermion system is merely an empirically adequate description, based on the use of idealized models and, therefore, inherently approximate (see, for example, Tichy *et al.* 2014). To illustrate this point, consider the perpetual motion

inferred from models used to analyze pendulums. Physicists understand that perpetual motion is not expected in a real pendulum, which only behaves approximately in relation to the ideal model. Similarly, the bosonic behavior of a fermion system belongs, in a strict sense, to an ideal model and applies to real systems only approximately. Designating the behavior of a fermion system as bosonic is simply a useful description. This interpretation is supported by previously mentioned studies that link trans-statistical behavior to the degree of entanglement between the fermions of each pair. Thus, bosonic behavior, in a strict sense, would be viable only in an ideal situation where the degree of entanglement is total, that is, when $K = M$, where K is the Schmidt number and M is the number of modes that contain the Schmidt decomposition of the state (see Law 2005). It is considered, therefore, that the statistical behavior of a fermion system resembles bosonic behavior, but without being bosonic in a strict sense. The transition from one statistical behavior to another is understood, then, as a mere useful description without an *in re* reference. Consequently, the ontological status of cobosons is diminished. They are considered as virtual particles or quasiparticles, not comparable to conventional bosons, which are assumed to be elementary.

4. TPS APPROACH

A Tensor Product Structure (TPS) is a specific way (among several possible) to factorize or divide the Hilbert space, which represents a system, into subspaces that represent its subsystems. For example, consider a system U with an associated Hamiltonian H_U and eigenstates $|N\rangle$ such that $H_U|N\rangle = E_N|N\rangle$, where E_N are the possible values of the energy observable. The eigenstates $|N\rangle$ constitute a basis that generates the Hilbert space \mathfrak{H}_U , representing the system U , in which the possible states $|\psi\rangle$ of U can be defined. Suppose it is possible to factorize the eigenstates $|N\rangle$ through the tensor product

$|m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle = |N\rangle$. This way of decomposing $|N\rangle$ suggests that the system U is composed of two subsystems with states $|m_i\rangle$ and $|m_{ii}\rangle$. Under certain conditions, it is possible to define an H_i operator that acts as the Hamiltonian of the first particle so that the vectors $|m_i\rangle$ are eigenstates of this operator, such that $H_i|m_i\rangle = e_{m_i}|m_i\rangle$, while the vectors $|m_{ii}\rangle$ are the operator's eigenstates H_{ii} such that $H_{ii}|m_{ii}\rangle = e_{m_{ii}}|m_{ii}\rangle$, with $H_i \otimes I_{ii} + I_i \otimes H_{ii} = H_U$ (for the sake of simplicity, it is assumed that there is no interaction in this decomposition). Consequently, the energy values e_{m_i} and $e_{m_{ii}}$ are such that $e_{m_i} + e_{m_{ii}} = E_N$. The eigenstates $|m_i\rangle$ and $|m_{ii}\rangle$ respectively generate the subspaces \mathfrak{H}_i and \mathfrak{H}_{ii} so that $\mathfrak{H}_i \otimes \mathfrak{H}_{ii} = \mathfrak{H}_U$. The subspace \mathfrak{H}_i represents the subsystem S_i and the subspace \mathfrak{H}_{ii} represents the subsystem S_{ii} so that $S_i \cup S_{ii} = U$. In this way, a tensor product structure represents one way, among many mathematically possible, to decompose a system into subsystems.

In a manner analogous, if the focus is shifted from the state to the observables, as is done in the algebraic formalism, it's possible to decompose a system into subsystems by breaking down the algebra of observables that represents it into subalgebras. Consider a system U with observables O_U that form an algebra \mathcal{O}_U such that $O_U \in \mathcal{O}_U$. In this formalism, the state of the system is represented by a functional ρ acting on the operators in such a way that $\rho = |\psi\rangle\langle\psi|$. Now, a partition $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_i \vee \mathcal{O}_{ii}$ of the algebra \mathcal{O}_U is proposed, such that for each $O_U \in \mathcal{O}_U$ it holds that $O_U = O_i \otimes I_{ii} + I_i \otimes O_{ii}$ with I_i and I_{ii} as identity operators. The observables O_i form a subalgebra \mathcal{O}_i included in \mathcal{O}_U ($\mathcal{O}_i \subset \mathcal{O}_U$) such that $O_i \in \mathcal{O}_i$, while observables O_{ii} form the subalgebra \mathcal{O}_{ii} included in \mathcal{O}_U ($\mathcal{O}_{ii} \subset \mathcal{O}_U$) such that $O_{ii} \in \mathcal{O}_{ii}$. Ultimately, the subalgebra \mathcal{O}_i

defines the subsystem S_i and \mathcal{O}_{ii} defines the subsystem S_{ii} such that $S_i \cup S_{ii} = U$.

In this article, "TPS approach" refers to a line of research developed by various authors, who have examined the relativity of certain notions closely linked to quantum formalism in relation to the prior specification of a tensor product structure for a system. Thus, concepts such as the entanglement of quantum states or the separability between subsystems have been reconsidered from this perspective with notable results. Harshman and Wickramasekara (2007) emphasized the diversity of TPSs that a system can have, highlighting those that allow each subsystem to undergo both global symmetry transformations and dynamic transformations. These are termed by the authors as "symmetry invariant" and "dynamically invariant" TPSs. These TPSs are of special interest because the subsystems defined by them respect the symmetries of the Galilean group and have a unitary dynamic evolution.

Earman (2015), employing the algebraic formalism, placed emphasis on the relativity and even the ambiguity of the concept of *entanglement*. He posited that the entanglement of a system's state, delineated by its observable algebra, is inherently an entanglement relative to a decomposition of the algebra into subalgebras. A quantum state might be entangled with respect to one specific decomposition, yet be factorizable in relation to others. Absent a criterion that determines which decompositions ought to be favored, the concept of entanglement, in Earman's view, remains equivocal.

Zanardi (2001) and Dugić and Jeknić (2008) focused on the relativity of the notion of separability between subsystems. Zanardi attempted to circumvent the ambiguity of the separability notion by selecting those subalgebras of operators that represent a set of operationally accessible observables. These represent "real" subsystems as opposed to "virtual" subsystems, whose observables could not be measured. Dugić and Jeknić sought criteria to distinguish between "real" and "virtual" subsystems from the perspective of quantum decoherence and quantum information. However, they acknowledge that not only the notion of separability between subsystems, but also the very notion of a system should be relativized.

The intriguing question about the nature of systems (*what is a system?* 2006), posed by Dugić and Jeknić, might arise when taking the TPS approach beyond the purely physical realm, considering its ontological implications. This article proposes to address the question of the nature of systems as follows: are physical systems individual entities or, at least, objects with clear identity conditions, such that the choice of TPSs is not only mathematically viable but also physically relevant? Or is it possible that physical systems lack, even at an ontological level, identity conditions that allow for finding physical criteria to select the appropriate partition? Later on, this article will advocate for the idea of an equivalence between the different ways of partitioning the Hilbert space, based on an ontology of possible properties for quantum systems. Through a model of trans-statistical behavior introduced below, the equivalence between a partition that "separates" ordinary fermions and another that "separates" composite bosons or cobosons will be examined.

5. A TOY MODEL

In this section, we propose a toy model for four fermions and two cobosons, which can be easily generalized to any even number of fermions. We will decompose a system using two distinct TPSs. Through the first one, subsystems with fermionic identity will be derived, and through the second, subsystems with bosonic identity. It is important to note that, unlike the models used in previously mentioned physical studies, our model does not rely on an experimental context to assess the conditions of trans-statistics. Instead, it explores an inherent possibility in the mathematical formulation of the theory. As will be shown, one of the strengths of the model might be its ability to determine the fermionic or bosonic identity of a total system without the need to alter its state according to the demands of the symmetrization postulate (SP). We suggest that this model indicates a new finding within the TPS approach: not only are the notions of entanglement and separability relative to the prior

specification of the partition, but also the notion of statistical identity of a composite system becomes relative to the TPS from this perspective.

5.1 TENSOR PRODUCT STRUCTURE ALPHA (TPS OR PARTITION A)

Consider a system U associated with a Hamiltonian H with eigenstates $|N\rangle$ that generate a Hilbert space \mathfrak{H} . The possible states $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ of the system U can generally be written as:

$$|\psi\rangle = \sum_N c_N |N\rangle \quad \text{MERGEFORMAT}$$

In this model, the system is composed of four non-interacting spin- $\frac{1}{2}$ particles, thus there is an automatically defined partition which will be called TPS A (alpha). To make this explicit, the eigenstates are factorized $|N\rangle$ by means of the tensor product $|n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle = N$. Where $|n_1\rangle$, $|n_2\rangle$, $|n_3\rangle$ and $|n_4\rangle$ are the eigenstates of the Hamiltonians H_1 , H_2 , H_3 and H_4 for each particle respectively and generate the subspaces \mathfrak{H}_1 , \mathfrak{H}_2 , \mathfrak{H}_3 and \mathfrak{H}_4 such that $\mathfrak{H}_1 \otimes \mathfrak{H}_2 \otimes \mathfrak{H}_3 \otimes \mathfrak{H}_4 = \mathfrak{H}_U$. The subspace \mathfrak{H}_1 represents the subsystem S_1 , the subspace \mathfrak{H}_2 represents the subsystem S_2 , the subspace \mathfrak{H}_3 represents the subsystem S_3 and the subspace \mathfrak{H}_4 represents the subsystem S_4 , such that $S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 = U$. The possible states $|\psi_1\rangle \in \mathfrak{H}_1$ of the subsystem S_1 are written as $|\psi_1\rangle = \sum_{n_1} c_{n_1} |n_1\rangle$; the possible states $|\psi_2\rangle \in \mathfrak{H}_2$ of the subsystem S_2 are written as $|\psi_2\rangle = \sum_{n_2} c_{n_2} |n_2\rangle$; the possible states

$|\psi_3\rangle \in \mathfrak{H}_3$ of the subsystem S_3 are written as $|\psi_3\rangle = \sum_{n_3} c_{n_3} |n_3\rangle$ and the possible states $|\psi_4\rangle \in \mathfrak{H}_4$ of the subsystem S_4 are written as $|\psi_4\rangle = \sum_{n_4} c_{n_4} |n_4\rangle$. The possible states $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ of the subsystem U can now be rewritten in the following way:

$$|\psi\rangle = \sum_{n_1, n_2, n_3, n_4} c_{n_1, n_2, n_3, n_4} |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \text{ MERGEFORMAT}$$

Now, a first series of permutation operators that exchange the states of only two of the subsystems is defined:

$$\begin{aligned} P_{2134} |N\rangle &= |n_2\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{3214} |N\rangle &= |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{4231} |N\rangle &= |n_4\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_1\rangle \\ P_{1324} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_4\rangle \\ P_{1432} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_3\rangle \otimes |n_2\rangle \\ P_{1243} |N\rangle &= |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_3\rangle \end{aligned} \text{ MERGEFORMAT}$$

Since the subsystems S_1, S_2, S_3 and S_4 are fermions, the state $|\psi\rangle$ of the total system U must be antisymmetric with respect to a permutation. That is:

$$P_{2134}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

$$P_{3214}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

$$P_{4231}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

$$P_{1324}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

$$P_{1432}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

$$P_{1243}|\psi\rangle = -|\psi\rangle$$

MERGEFORMAT

To ensure that the state $|\psi\rangle$ is fully antisymmetric, the state $|\psi\rangle$ must be antisymmetrized using an antisymmetrization operator

$$A = \frac{1}{N!} \sum_{\alpha} \pm P_{\alpha} \tag{9}$$

that is constructed from all the permutation operators P_{α} , those defined in (7) along with other second and third-order permutators (see details in Ballentine 1998). In this way, A allows for the antisymmetrization of $|\psi\rangle$ to obtain the antisymmetric state $|\psi_A\rangle$ that ensures the fermionic identity of the subsystems S_1, S_2, S_3 and S_4 of the composite system U . Thus,

$$A|\psi\rangle = |\psi_A\rangle \tag{10}$$

and in this way satisfy the indistinguishability postulate P1st (eq. 1), as expected from a system of indistinguishable particles.

$$\text{P1st: } \langle \psi' | O | \psi' \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ siendo } |\psi'\rangle = P|\psi\rangle$$

$$\langle \psi_A | P_{\alpha}^{\dagger} O P_{\alpha} | \psi_A \rangle = (\pm 1)^2 \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle = \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle$$

Where P_α represents any permutation operator. As can be seen, the squared eigenvalues (1) or (-1) have a neutral effect.

5.2 TENSOR PRODUCT STRUCTURE BETA (TPS OR PARTITION B)

Consider the same system U associated with the same Hamiltonian H with the same eigenstates $|N\rangle$ that generate a Hilbert space \mathfrak{H} . Now define a new partition TPS B (beta) by factorizing the eigenstates $|N\rangle$ in a different way than was done in TPS A, now using the tensor product $|m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle = N$ such that $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$ and $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$. The bases $|m_i\rangle$ and $|m_{ii}\rangle$ respectively generate the subspaces \mathfrak{H}_i and \mathfrak{H}_{ii} such that $\mathfrak{H}_i \otimes \mathfrak{H}_{ii} = \mathfrak{H}_U$. The subspace \mathfrak{H}_i represents the subsystem S_i and the subspace \mathfrak{H}_{ii} the subsystem, such that $S_i \cup S_{ii} = U$. Given that

- $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$, it follows that $\mathfrak{H}_i = \mathfrak{H}_1 \otimes \mathfrak{H}_2$, hence $S_i = S_1 \cup S_2$.
- $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$, it follows that $\mathfrak{H}_{ii} = \mathfrak{H}_3 \otimes \mathfrak{H}_4$, hence $S_{ii} = S_3 \cup S_4$.

This establishes a clear correspondence between both partitions. The possible states $|\psi_i\rangle \in \mathfrak{H}_i$ of subsystem S_i are written as $|\psi_i\rangle = \sum_{m_i} c_{m_i} |m_i\rangle$ and the possible states $|\psi_{ii}\rangle \in \mathfrak{H}_{ii}$ of subsystem S_{ii} are written $|\psi_{ii}\rangle = \sum_{m_{ii}} c_{m_{ii}} |m_{ii}\rangle$. The possible states $|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$ of the system U can now be rewritten in the following way:

$$|\psi\rangle = \sum_{m_i, m_{ii}} c_{m_i, m_{ii}} |m_i\rangle \otimes |m_{ii}\rangle \quad (12)$$

In this case, it is possible to define a single permutation operator corresponding to TPS B:

$$P_{ii-i} |N\rangle = |m_{ii}\rangle \otimes |m_i\rangle \quad (13)$$

Since there is a correspondence between the states in TPS A and states in TPS B such that $|m_i\rangle = |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle$ and $|m_{ii}\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle$ exist, there is also a correspondence between the operator P_{ii-i} and one of the permutation operators of TPS A. Namely,

$$P_{ii-i} |N\rangle = |m_{ii}\rangle \otimes |m_i\rangle = |n_3\rangle \otimes |n_4\rangle \otimes |n_1\rangle \otimes |n_2\rangle = P_{3214} P_{1432} |N\rangle \quad (14)$$

Thus,

$$P_{ii-i} = P_{3214} P_{1432} \quad (15)$$

When considering partition A, it was assumed that the subsystems S_1 , S_2 , S_3 and S_4 are fermions, and therefore the state of the system U was antisymmetrized to obtain $|\psi_A\rangle$. Without abandoning this assumption in the following, let's see how the operator P_{ii-i} acts on the antisymmetric state $|\psi_A\rangle$.

$$P_{ii-i} |\psi_A\rangle = P_{3214} P_{1432} |\psi_A\rangle = |\psi_A\rangle \quad (16)$$

This result is significant because the same state $|\psi_A\rangle$ turns out to be symmetric with respect to the operator P_{ii-i} . Thus, the notation that introduces the subscript A when the state is antisymmetric ($|\psi_A\rangle$) and the subscript S when it is symmetric ($|\psi_S\rangle$) becomes insufficient because this example shows that the same state can be symmetric or antisymmetric depending on which TPS is considered. Indeed, in our example, the state of the system is antisymmetric if analyzed from TPS A but is symmetric if analyzed from TPS B, that is:

$$|\psi_{A(\text{TPSA})}\rangle = |\psi_{S(\text{TPSA})}\rangle \quad (17)$$

This means that precisely because it was assumed that the subsystems S_1, S_2, S_3 and S_4 of partition A are fermions, it must be admitted that the subsystems S_i and S_{ii} of partition B can be identified as bosons.

5.3 THE RELATIVITY OF THE NOTION OF STATISTICAL IDENTITY AND THE ONTOLOGICAL STATUS OF COBOSONS. PARTIAL CONCLUSIONS.

The aforementioned result leads to the assertion that the system U with respect to TPS A is a fermionic system and, at the same time, that the system U with respect to TPS B is a bosonic system, without the need to modify its state (*i.e.* without reapplying SP to obtain the bosonic identity). The model proposes that the statistical identity of a composite system, which can be divided into indistinguishable subsystems, depends on the selected tensor product structure (or simply *TPS-relative*). This suggests that for any system composed of an even number of fermions, there exists an alternative TPS where each pair of fermions is considered as a single subsystem. This perspective could be added to the results previously derived from the TPS approach. Specifically, in

addition to the relativity in the notions of separability and entanglement, we could now consider statistical identity as another relative property. If this interpretation is correct, the fermionic or bosonic identity of a system that can be divided into indistinguishable subsystems should be understood in terms relative to the TPS. In this framework, the designations "being a fermion" and "being a boson," applicable to indistinguishable subsystems, would be interpreted as relational properties. Thus, a subsystem would have a specific statistical identity in relation to other subsystems within the same partition, rather than possessing an identity in a more absolute sense. Therefore, it would not be essential to consider the properties of "being a fermion" or "being a boson" as fixed categories, and hence, it would not be necessary to adjust them to the formalism through a specific postulate, such as the *ad hoc* (SP).

The toy model suggests that the condition of possibility for trans-statistical behavior lies in this notion of TPS-relativized statistical identity. Thus, trans-statistical behavior would not depend solely on specific physical conditions modeled approximately (e.g., the degree of entanglement of the states of the fermions in each pair), but also on a form of trans-statistics present at a more fundamental level: the qualitative identity of the systems. Therefore, it could be interpreted that trans-statistical behavior is not merely a convenient description of a certain phenomenon. This behavior could be linked to the conditions under which the qualitative identity of indistinguishable quantum systems is established, and, from this perspective, could be interpreted in a realistic manner.

However, the partial conclusions that might be derived from the toy model based on the TPS approach should be considered with caution for the time being. Although the model succeeds in avoiding the repeated use of the symmetrization postulate (SP) to obtain a system of bosons from a system of fermions, it still relies on the formalism of Hilbert spaces. In this formalism, the state vector identifies a quantum system, and the operators representing observables act in an already defined state space. These particularities of the Hilbert space formalism align it with an ontology of individual objects that possess inherent properties. This ontology does not allow for the full

relativization of the notion of separability, and therefore blocks the path towards a relativized notion of statistical identity. Among all the available TPSs, some must give rise to subsystems that coincide with objects that maintain conditions of identity. Hence, for this ontology, the TPSs that define more basic subsystems will have priority. And since in the toy model the state vectors that define the subsystems of TPS B can be expressed as tensor products of the state vectors of TPS A (and not vice versa), the natural interpretation is that the total system is fermionic and that TPS A has ontological primacy over TPS B.

Therefore, at this stage of the proposal, where a model still based on the formalism of Hilbert spaces has been presented, the mentioned hierarchy between TPSs compels us to grant ontological priority to the subsystems of TPS A, and to reconsider what was previously stated about the relational character of the notion of statistical identity. The subsystems are fermions that can act like bosons when considered in pairs; however, these pairs are not genuine bosons, but cobosons. In other words, the statistical identity of the total system (fermionic) is determined by identity conditions linked to the subsystems in their individuality, disregarding the relationships that exist between subsystems within a composite system. From an ontology of individuals, one must assert: "this is a system of fermions that, although it is not a system of bosons, can behave as such." Fermions are concrete systems, while cobosons are merely apparent particles, in line with what is commonly assumed in the physical context.

However, a more detailed response to the dilemma of the relative or absolute nature of statistical identity (and, in relation to this, the problem of the ontological status of cobosons and the realistic interpretation of trans-statistical behavior) will be provided after introducing the algebraic version of the toy model and its interpretation based on the ontology of properties, suggested by the algebraic formalism of quantum mechanics.

6. THE ONTOLOGY OF PROPERTIES

Traditional metaphysics developed the ontological notion of individual object, pertinent to classical physical systems. This notion of individual object is linked to the semantic notion of singular reference and the logical notion of the subject of predication (Laycock 2014). Therefore, the idea of individual object is inherently complemented by the ontological notion of properties. In other words, a set of properties belongs to individual object and is predicated of it. Such an object is distinguished by possessing conditions of identity that differentiate it synchronically from other objects and allow its diachronic reidentification despite changes in its properties over time. Some approaches maintain that individuality of an object is based on a principle that goes beyond properties, such as substance (transcendental individuality). Others argue that individuality of an object lies solely in its properties (bundle individuality). Those who see individual object as a bundle of properties take on the additional challenge of establishing criteria for synchronic and diachronic identity based purely on properties. For diachronic identity, the object's spatiotemporal trajectory is commonly used. As for synchronic identity, some variant of Leibniz's Principle of Identity of Indiscernibles (PII) is generally adopted. The PII states that two objects with indistinguishable properties are numerically identical, that is, they must be considered in the ontological realm as a single object. Different interpretations of the PII derive from considering different sets of properties (monadic, relational, etc.) as essential for the criterion.

In section 2, the indistinguishability of quantum systems was alluded to. The statistics governing quantum systems of the same type led us to recognize that if these systems are objects in any sense, they are so in an atypical way, given that they lack conditions of identity that categorize them as individuals. Specifically, they do not obey the PII, since in quantum mechanics, systems with indistinguishable properties present only numerical difference. Moreover, the so-called quantum contextuality, which prevents all observables of a system from having simultaneously defined values, challenges the traditional principle of omnimodal determination expected of any individual object, and hinders the

possibility of using the spatiotemporal trajectory as a criterion for diachronic identity. Finally, there are situations in which quantum systems violate the principle of locality, which is expected to be fulfilled by every individual object. These three ontological challenges posed by quantum systems led, even in the initial phases of the formulation of quantum mechanics (see Weyl 1931), to the indication that quantum systems do not possess the typical conditions of identity of individual objects. This perception was consolidated in what is called the "received view" on the ontological status of quantum systems, which subsequently led to the development of alternative formal systems to represent non-individual objects (such as Krause's quasi-set theory of 1992). Recently, various authors have questioned the received view, arguing that the notion of an individual object can be reclaimed if the PII is discarded, or at least some of its more restrictive versions. Van Fraassen (1985) suggests abandoning the principle of equiprobability; French (1989) postulates that neither symmetric nor antisymmetric states are ontologically viable but physically unreachable; Muller and Saunders (2008) explore ways to identify relational properties that differentiate between fermions. In this context, some defenders of modal interpretations of quantum mechanics have outlined an innovative ontology of possible properties, in which quantum systems lack conditions of identity that define a subject of predication (see Lombardi & Castagnino 2008, da Costa, Lombardi & Lastiri 2013; da Costa & Lombardi 2014; Lombardi & Dieks 2016). This proposal aligns with the revolutionary character of the received view. According to this ontology, quantum systems cannot be seen as individuals, and not even as objects (see Lombardi & Pasqualini 2022). It will be discussed how, in this proposal, the notion of physical separability between systems is not ontologically predefined, but emerges from pragmatic stipulations in the realm of physics. Originally conceived to address the traditional ontological challenges of indistinguishability, contextuality, and non-locality, it is argued that this ontology is also the most appropriate for interpreting (in a realistic approach) the trans-statistical behavior that is the focus of this article.

6.1 THE ONTOLOGY OF PROPERTIES AND ALGEBRAIC FORMALISM

Standard presentations of quantum mechanics utilize the Hilbert space formalism for the mathematical representation of physical systems. A Hilbert space is structured from a set of complex vectors, where each vector symbolizes a possible state of the system. Physical observables are represented by operators acting on these pre-established state vectors. This logical primacy of the state space over the operators symbolizing observables points to an ontology of individuals, in which systems are defined by their state space and identified by their state vector. Subsequently, they acquire the properties associated with the operators (cf. Ballentine 1998 234-235).

However, it is also possible to employ the algebraic formalism in quantum mechanics, which is mathematically equivalent to the former. In this formalism, quantum systems are immediately represented by an operator algebra that represents their observables. Quantum states are represented by functionals acting on the previously defined operators. In this case, the logical priority of the operators representing the observables over the functional representing the state suggests an ontology of properties in which quantum systems are immediately defined by their properties, corresponding to the operators, without any substrate. The state of the system lacks an ontological correlate, being merely a mathematical device that encodes the probability distributions among possible values corresponding to each observable. (Ballentine 1998 48).

To be more specific, the ontology of possible properties is defined through the following semantic correspondences (cf. Lombardi & Pasqualini 2022):

- The algebra of *self-adjoint operators* represents the set of *physical observables* that define a quantum system, which in turn corresponds to the set of *instances of universal type- properties* in the ontological domain.

- The *eigenvalues* of the self-adjoint operators represent *possible physical values*, which in turn correspond to the set of *possible case-properties* belonging to each instance of type-property.
- *Probability functions* represent *probability distributions* for each physical observable, which in turn correspond to the *ontological propensities* for the actualization of each possible case-property.
- *Functionals* over the algebra of observables represent *physical states*. They are simple devices that assign a probability distribution to each observable of a singular system and, therefore, from the ontological point of view, encode the ontological propensities for all possible case-properties of the system.

It should be noted that the term "possible properties" is used because, as mentioned, this ontology was conceived in the context of modal interpretations, where the category of possibility has ontological content. However, nothing prevents its application outside of modal interpretations. In this ontology, quantum systems are considered bundles of possible properties. This proposal aligns with the traditional approach to bundle individuality, but with the significant distinction that, unlike the traditional theory of bundles of actual properties, it does not seek to impose the conditions of identity characteristic of individual objects onto properties. In addition to the challenges presented by the ontological treatment of indistinguishable systems, a quantum system could not be considered a bundle of actual properties due to the limitations associated with quantum contextuality, clearly established in the Kochen and Specker theorem (1967). On the contrary, this ontology intentionally seeks to dismantle any ontologically grounded conditions of identity. Regarding possible properties, the PII is not incorrect; it simply does not apply, as there is no impediment to the numerical difference between two formal objects with identical possible properties. To further differentiate from the traditional bundle theory, the term "cluster" of possible properties has been adopted to refer to quantum systems in the ontological domain (Lombardi & Pasqualini 2022).

As observed, the conventional image of quantum systems as particles with relatively stable conditions of identity is diametrically opposed to the

image of quantum systems provided by this ontology. According to it, quantum subsystems, considered individually, do not possess conditions of identity that are maintained when integrated into compounds. Clusters of properties can be aggregated to form new clusters, without the originals being reidentifiable. In turn, a cluster can be broken down in various ways, without any having ontological preeminence. Specifically, revisiting the TPS approach mentioned previously, if a system can be mathematically divided in various ways, the ontology does not favor any division as representative of conditions of identity that establish outstanding singular references. The distinction between "real" and "virtual" systems is blurred. This ontology, therefore, provides a clear ontological sense to a notion of separability that is completely relativized, as suggested by the TPS approach. From the postulates of this ontology, neither the traditional atomistic perspective, where all physical reality is constructed bottom-up from elementary systems with absolute conditions of identity, nor a holistic, top-down view, where the identity of the parts is completely relativized to the properties of the whole, is derived. This does not prevent that, in physical practice and in the interpretations of quantum mechanics, it is convenient to use certain partitions rather than others, establishing relatively stable conditions of identity for certain systems. However, from this ontology, such preference for certain divisions has no ontological foundation but results from stipulations oriented towards practical or interpretative goals.

ONTOLOGY OF PROPERTIES AND INDISTINGUISHABILITY

From an ontology of properties, where quantum systems are defined not by their state space or state vector, but by their possible type-properties and case-properties, it is necessary to reformulate the standard postulate of indistinguishability. In this context, it is the quantum observables that must be invariant under the available permutation operators. This reformulation is known as the principle of indistinguishability over observables IP_{obs} :

IP_{obs}: If the operators O represent the observables of the composite system whose subsystems are indistinguishable, then the expectation value of any observable represented by an operator O must be the same for O and for any permutation O' .

$$\text{IP}_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ where } O' = P^\dagger O P$$

To satisfy IP_{obs}, there is no longer a need to symmetrize or antisymmetrize the state of the system but to directly symmetrize the system's observables. The reformulated SP reads:

SP_{obs}: A system of multiple identical particles must be represented by an algebra of symmetric operators $O_{sim} \in \mathcal{O}_{sim}$, where symmetry is defined in terms of permutation operators P .

$$O' = P^\dagger O P = (\pm 1)^2 O = O_{sim} \tag{19}$$

This condition imposed on the observables includes both bosons and fermions. It is easy to recognize this if we refer to the restriction that is usually imposed on the states. In the case of bosons, it is required that the wave function be symmetric, that is:

$$|\psi_S\rangle = P |\psi_S\rangle \tag{20}$$

Such that,

$$\langle \psi_S | O_{sim} | \psi_S \rangle = \langle \psi_S | P^\dagger O P | \psi_S \rangle = \langle \psi_S | O | \psi_S \rangle$$

And in the case of fermions, it is required that $|\psi_A\rangle = -P |\psi_A\rangle$, such that

$$\langle \psi_A | O_{sim} | \psi_A \rangle = \langle \psi_A | P^\dagger O P | \psi_A \rangle = (-\langle \psi_A |) O (-| \psi_A \rangle) = \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle$$

Thus, the condition expressed in (19) that defines the symmetric observables O_{sim} includes both cases. To obtain observables with a defined statistical identity, symmetrization operators S (for the case of bosons) or antisymmetrization A (for the case of fermions) should be applied to the observables

$$\begin{aligned} S^\dagger O S &= O_B \\ A^\dagger O A &= O_F \end{aligned} \quad (22)$$

The symmetric operators O_B form the bosonic algebra \mathcal{O}_B , while the symmetric operators O_F form the fermionic algebra \mathcal{O}_F . It should be clarified that the operators O_F , although they have been the result of applying an antisymmetrization operator, turn out to be symmetric and not antisymmetric since, when permutation operators are applied to them, the possible eigenvalue (-1) appears squared. This is:

$$P^\dagger O_F P = (\pm 1)^2 O_F = O_F \quad (23)$$

Thus, the expected mean values for bosonic or fermionic systems are obtained without the need to symmetrize or antisymmetrize the state.

$$\begin{aligned} \langle O \rangle_{|\psi_S\rangle} &= \langle \psi_S | O | \psi_S \rangle = \langle \psi | S^\dagger O S | \psi \rangle = \langle \psi | O_B | \psi \rangle = \langle O_B \rangle_{|\psi\rangle} = \text{Tr}(\rho O_B) \\ \langle O \rangle_{|\psi_A\rangle} &= \langle \psi_A | O | \psi_A \rangle = \langle \psi | A^\dagger O A | \psi \rangle = \langle \psi | O_F | \psi \rangle = \langle O_F \rangle_{|\psi\rangle} = \text{Tr}(\rho O_F) \end{aligned} \quad (24)$$

From this ontological perspective, the symmetrization postulate ceases to be an ad hoc addition and is ontologically grounded. When two or more clusters of identical possible properties are combined to form a single cluster, it is natural to expect that the resulting cluster will be symmetric. That is, the symmetric observables of the composite system do not distinguish between one subsystem and another. For example, consider two clusters h^1 and h^2 defined by different instances of identical observable algebras $\mathcal{O}_1 = \mathcal{O}_2$ such that $h^1 \sqsubseteq h^2$, where \sqsubseteq is the indistinguishability relation. The indices 1 and 2 here do not imply individuality and could be arbitrarily interchanged. These two clusters are combined into a new composite cluster h^U such that $h^U = h^1 * h^2$, where $*$ is the aggregation operation. The algebra $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2 = \mathcal{O}_2 \vee \mathcal{O}_1$ will define the cluster h^U . Then, the restriction on the observables $O_U \in \mathcal{O}_U$ required by SP_{obs} must be carried out, so that the observables $O_U = \sum_{ij} k_{ij} (O_{1i} \otimes O_{2j})$ are such that $O_{1i} \otimes O_{2j} = O_{2i} \otimes O_{1j}$, that is, they are invariant under the permutation of the clusters h^1 and h^2 (Fortin & Lombardi 2021).

7. ALGEBRAIC VERSION OF THE MODEL

Introduced the algebraic formalism along with the possible property ontology, the algebraic version of the toy model presented in section 5 is presented below. Consider a system U with observables O_U belonging to the algebra \mathcal{O}_U . The state of the system U will be the generic $\rho = |\psi\rangle\langle\psi|$ (without symmetrizing or antisymmetrizing).

The partition A (TPS A) $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2 \vee \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$ of the algebra \mathcal{O}_U is introduced such that for each $O_U \in \mathcal{O}_U$ it is the case that:

$$O_U = \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{2j} \otimes O_{3k} \otimes O_{4l}) \quad (25)$$

The observables O_1 belong to the subalgebra $\mathcal{O}_1 \subset \mathcal{O}_U$; the observables O_2 belong to the subalgebra $\mathcal{O}_2 \subset \mathcal{O}_U$; the observables O_3 belong to the subalgebra $\mathcal{O}_3 \subset \mathcal{O}_U$ and the observables O_4 belong to the subalgebra $\mathcal{O}_4 \subset \mathcal{O}_U$. Finally, the subalgebras \mathcal{O}_1 , \mathcal{O}_2 , \mathcal{O}_3 and \mathcal{O}_4 define respectively the subsystems S_1 , S_2 , S_3 and S_4 such that $S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 = U$.

Consequently, the first-order permutation operators for this partition can be defined as follows:

$$\begin{aligned} P_{2134}^\dagger O_U P_{2134} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{2i} \otimes O_{1j} \otimes O_{3k} \otimes O_{4l}) \\ P_{3214}^\dagger O_U P_{3214} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{3i} \otimes O_{2j} \otimes O_{1k} \otimes O_{4l}) \\ P_{4231}^\dagger O_U P_{4231} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{4i} \otimes O_{2j} \otimes O_{3k} \otimes O_{1l}) \\ P_{1324}^\dagger O_U P_{1324} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{3j} \otimes O_{2k} \otimes O_{4l}) \\ P_{1432}^\dagger O_U P_{1432} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{4j} \otimes O_{3k} \otimes O_{2l}) \\ P_{1243}^\dagger O_U P_{1243} &= \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{1i} \otimes O_{2j} \otimes O_{4k} \otimes O_{3l}) \end{aligned}$$

Partition B (beta) is introduced $\mathcal{O}_U = \mathcal{O}_i \vee \mathcal{O}_{ii}$ for the algebra \mathcal{O}_U such that for each $O_U \in \mathcal{O}_U$ it holds that $O_U = \sum_{mn} k_{mn} (O_{im} \otimes O_{in})$. The observables O_i belong to the subalgebra \mathcal{O}_i , while the observables O_{ii} belong to the subalgebra \mathcal{O}_{ii} . The subalgebras \mathcal{O}_i and \mathcal{O}_{ii} define the subsystems S_i and S_{ii}

respectively, so that $S_i \cup S_{ii} = U$. Finally, the algebra \mathcal{O}_i has as subalgebras the already known \mathcal{O}_1 and \mathcal{O}_2 such that $S_i = S_1 \cup S_2$, *i. e.* $\mathcal{O}_i = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2$; and \mathcal{O}_{ii} has as subalgebras \mathcal{O}_3 and \mathcal{O}_4 such that $S_{ii} = S_3 \cup S_4$; *i. e.* $\mathcal{O}_{ii} = \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$.

The only permutation operator corresponding to this partition is:

$$P_{ii-i}^\dagger O_U P_{ii-i} = \sum_{mn} k_{mn} (O_{iim} \otimes O_{in}) \tag{27}$$

Since $\mathcal{O}_i = \mathcal{O}_1 \vee \mathcal{O}_2$ and $\mathcal{O}_{ii} = \mathcal{O}_3 \vee \mathcal{O}_4$, there is a correspondence between P_{ii-i} and one of the permutation operators of partition A. Namely

$$\begin{aligned} \sum_{mn} k_{mn} (O_{iim} \otimes O_{in}) &= \sum_i \sum_{ijkl} k_{ijkl} (O_{3i} \otimes O_{4j} \otimes O_{1k} \otimes O_{2l}) \\ P_{ii-i}^\dagger O_U P_{ii-i} &= P_{3214}^\dagger P_{1432}^\dagger O_U P_{1432} P_{3214} \end{aligned}$$

Thus,

$$P_{ii-i} = P_{1432} P_{3214} \tag{29}$$

If it is assumed that the subsystems S_1 , S_2 , S_3 and S_4 are indistinguishable from each other, it should be the case, in order to satisfy IP_{obs}

$$\forall O_U \in \mathcal{O}_U, O_U = P_\alpha^\dagger O_U P_\alpha \tag{30}$$

If additionally it is assumed that S_1 , S_2 , S_3 and S_4 are fermions, and in order to ensure that the observables representing the system U comply with the condition established in Eq. 30, the already defined antisymmetrization operator A must be applied to the observables O_U

$$\forall O_F \in \mathcal{O}_F, O_F = A^\dagger O_U A \quad (31)$$

Thus, the algebra \mathcal{O}_F is obtained, which represents the system U composed of four fermions S_1, S_2, S_3 and S_4 . The operation is analogous to applying the antisymmetrization operator A to the state. The IP_{obs} is satisfied by this algebra since

$$\begin{aligned} \text{IP}_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle &= \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ where } O' = P^\dagger O P \\ \langle \psi | P_\alpha^\dagger O_F P_\alpha | \psi \rangle &= (\pm 1)^2 \langle \psi | O_F | \psi \rangle = \langle \psi | O_F | \psi \rangle \end{aligned}$$

Assuming now that the subsystems S_i and S_{ii} are also indistinguishable from each other, the following should be satisfied to meet IP_{obs}

$$\forall O_U \in \mathcal{O}_U, O_U = P_{ii-i}^\dagger O_U P_{ii-i} \quad (33)$$

If additionally it is assumed that S_i and S_{ii} are bosons, and in order to ensure that the observables representing the system U comply with the condition established in eq. 33, a symmetrization operator \tilde{S} should be applied to the observables O_U . The symmetrization operator \tilde{S} is defined as follows:

$$\tilde{S} = \frac{1}{2}(I + P_{ii-i}) \quad (34)$$

One would obtain an algebra of observables $\tilde{\mathcal{O}}_B$ such that

$$\forall \tilde{O}_B \in \tilde{\mathcal{O}}_B, \tilde{O}_B = \tilde{S}^\dagger O_U \tilde{S} \quad (35)$$

However, if this operator were used, an undesirable result would be obtained, which is to obtain an algebra of observables $\hat{\mathcal{O}}_B$ that would define U as a system different from the one previously defined by the algebra \mathcal{O}_F . We would no longer be talking about two different partitions of the same composite system but about two different composite systems. It would be the equivalent in the Hilbert space formalism of symmetrizing the state with respect exclusively to the operator P_{ii-i} , but the symmetries and antisymmetries with respect to the operators P_α would be lost.

The way to find a suitable algebra of observables, which satisfies eq. 33 without failing to satisfy eq. 30, is to define an algebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ by making use of the same antisymmetrization operator A . The sought-after algebra is

$$\forall O_B \in \mathcal{O}_B, O_B = A^\dagger O_U A \tag{36}$$

This is perfectly possible, as it has been shown that the action of the operator A should be understood as an antisymmetrization from partition A but as a symmetrization from partition B. Thus, the algebra \mathcal{O}_B is obtained, which represents the system U composed of two bosons S_i and S_{ii} . The IP_{obs} is satisfied by this algebra because

$$IP_{\text{obs}}: \langle \psi | O' | \psi \rangle = \langle \psi | O | \psi \rangle \text{ where } O' = P^\dagger O P$$

$$\langle \psi | P_{ii-i}^\dagger O_B P_{ii-i} | \psi \rangle = (1)^2 \langle \psi | O_B | \psi \rangle = \langle \psi | O_B | \psi \rangle$$

As a first corollary, it is obtained that the same algebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ obtained from the antisymmetrization operator A defines the system U as fermionic or bosonic not in absolute terms but with respect to a certain partition; that is, U is fermionic with respect to partition A and bosonic with respect to B. This invites a change in notation to highlight the relativity of statistical identity with

respect to the partition. Instead of \mathcal{O}_B it will be said \mathcal{O}_B^B , instead of \mathcal{O}_F it will be said \mathcal{O}_A^F . A similar result had been obtained through the Hilbert space version of the model, in which for a total system represented by the same state vector $|\psi_A\rangle$ we obtained both fermionic and bosonic identities.

The second corollary is that the use of the antisymmetrization operator A to obtain the algebra $\mathcal{O}_B = \mathcal{O}_F$ does not necessarily have to lead to the conclusion that the system U is fundamentally fermionic and that partition A has ontological priority over B. Instead, the use of the antisymmetrization operator A can be interpreted as a certain restriction on the algebra of observables, among the many possible ones, that defines a certain subalgebra and thereby defines a certain set of subsystems. This restriction is the analogue in the space of observables that from another point of view could be introduced from a restriction of the states accessible to the system. Specifically, the restriction lies in limiting the possible states of the system to those states that, being symmetric in partition B, become antisymmetric when viewed from partition A.

This result emerges as a latent possibility only in the algebraic version. Namely, we have an algebra \mathcal{O}_{sim} composed of operators $O_{sim} = S^\dagger O_U S$ that perfectly adapts to the computation of mean values for both the fermionic and bosonic partitions and that could not be considered absolutely fermionic (since the symmetrization operator S) nor absolutely bosonic since S is built upon the permutation operators of the fermionic partition.

8. CONCLUSIONS

The adoption of a property ontology suggested by the algebraic formalism of quantum mechanics allows us to lift the caution that had forced us to suspend the partial conclusions derived from the Hilbert space version of the toy model. The ontological equivalence of the plurality of TPSs from an ontology in which

quantum (sub)systems cannot be considered objects with identity conditions that can be preserved when partitioned or when entering into composition, prevents the conventional interpretation that bases the statistical identity of a composite system on certain intrinsic properties of those subsystems defined by a privileged TPS, which delimits systems considered elementary. From this ontology, by enabling a notion of TPS-relativized separability, a notion of TPS-relativized statistical identity is also made possible.

Indistinguishable subsystems are no longer, in a strict sense, either fermions or bosons, but they are in a relative sense. That is, the statistical identity of the composite system no longer depends on the identity conditions of each numerically distinct subsystem considered individually, but is attributed to the composite system in relation to a specific TPS and to each subsystem in relation to the rest of the subsystems of the partition. Recall that adopting a property ontology implies assuming a top-down approach, where we start with the total system as a unique cluster of properties, attenuating the notion of elementality. The statistical identity of the total system will be determined by the mutual relational properties of the subsystems defined by each TPS.

From the property ontology, it can finally be said: "this is a system of fermions with respect to partition A and it is a system of bosons with respect to partition B." By relativizing the fermionic or bosonic identity, a realistic interpretation of trans-statistical behavior is facilitated. In an ontology of individuals, the bosonic behavior of a system of fermions could only be apparent. However, from a property ontology, the trans-statistical behavior of a system that is fermionic or bosonic in a TPS-relative manner no longer depends solely on specific physical circumstances and can have an ontological foundation, linked to the conditions under which the qualitative identity of the systems is established. Moreover, cobosons turn out to be as real as the fermions that constitute them, and their ontological status is equated with that of conventional bosons.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Olimpia Lombardi for her advice and invaluable assistance. This research was partially funded by the grants: "The Cosmological Origin of the Arrow of Time" from the John Templeton Foundation; "Quantum Mechanics: Interpretation and Intertwined Theories" from the University of Buenos Aires; "Intertwined Theories between Quantum Mechanics and Other Theoretical Domains" from the Austral University; and "The Interpretation of Quantum Mechanics and Its Relationships with Other Theoretical and Disciplinary Domains" from the Agency for Scientific and Technological Promotion.

REFERENCES

- Avancini, S., Marinelli, J. R. y Krein, G. "Compositeness Effects in the Bose–Einstein Condensation". *Journal of Physics A: Mathematical and General* 36.34 (2003): 9045-9052. <<https://www.doi.org/10.1088/0305-4470/36/34/307>>
- Ballentine, Leslie. *Quantum Mechanics: A Modern Development*. Singapore: World Scientific, 1998.
- Belkhir, Lotfi. y Randeria, Mohit. "Collective Excitations and the Crossover from Cooper Pairs to Composite Bosons in the Attractive Hubbard Model". *Physical Review B: Condensed Matter* 45.9 (1992): 5087. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.45.5087>>
- Brooks, James S. y Donnelly, Russell J. "The Calculated Thermodynamic Properties of Superfluid Helium-4". *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 6.1 (1977): 51-104. <<https://doi.org/10.1063/1.555549>>
- Butterfield, Jeremy. "Interpretation and Identity in Quantum Theory". *Studies in History and Philosophy of Science* 24.3 (1993): 443-476. <[https://doi.org/10.1016/0039-3681\(93\)90037-K](https://doi.org/10.1016/0039-3681(93)90037-K)>

- Chudzicki, Christopher., Oke, Olufolajimi., y Wootters, William K. “Entanglement and Composite Bosons”. *Physical Review Letters* 104 (2010): 070402-070402.
- Combescot, M. y Tanguy, C. “New Criteria for Bosonic Behavior of Excitons”. *Europhysics Letters* 55.3 (2001): 390-396. <<https://doi.org/10.1209/epl/i2001-00427-7>>
- Cuestas, Eloisa., Bouvrie, P. Alexander., y Majtey, Ana P. “Fermionic versus Bosonic Behavior of Confined Wigner Molecules”. *Physical Review A* 101 (2020): 033620 <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.101.033620>>
- da Costa, Newton., y Lombardi, Olimpia. “Quantum Mechanics: Ontology without Individuals”. *Foundations of Physics: An International Journal Devoted to the Conceptual Bases and Fundamental Theories of Modern Physics* 44 (2014): 1246-1257. <<https://doi.org/10.1007/s10701-014-9793-1>>
- da Costa, Newton., Lombardi, Olimpia., y Lastiri, Mariano. “A Modal Ontology of Properties for Quantum Mechanics”. *Synthese* 190.17 (2013): 3671-3693. <<https://www.jstor.org/stable/24019905>>
- Dugić, M., y Jeknić, J. “What is ‘system’: Some Decoherence-Theory Arguments”. *International Journal of Theoretical Physics* 45 (2006): 2215–2225. <<https://doi.org/10.1007/s10773-006-9186-0>>
- Dugić, M. y Jeknić-Dugić, J. “What is «system»: The Information-theoretic Arguments”. *International Journal of Theoretical Physics* 47 (2008): 805-813. <<https://doi.org/10.1007/s10773-007-9504-1>>
- Earman, John. “Some Puzzles and Unresolved Issues about Quantum Entanglement”. *Erkenntnis* 80.1 (2015): 303-337. <<https://doi.org/10.1007/s10670-014-9627-8>>
- Fortin, Sebastian y López, Cristian. “Problemas ontológicos de la mecánica cuántica”. *Diccionario Interdisciplinar Austral*. Eds. Claudia E. Vanney, Ignacio Silva y Juan F. Franck, 2016. *Online*. <http://dia.austral.edu.ar/Problemas_ontológicos_de_la_mecánica_cuántica>

- Fortin, Sebastián., y Lombardi, Olimpia. “Entanglement and Indistinguishability in a Quantum Ontology of Properties”. [Preprint] (2021): *Online*. <<http://philsci-archive.pitt.edu/19257/>>
- French, Steven. “Identity and Individuality in Classical and Quantum Physics”. *Australasian Journal of Philosophy* 67.4 (1989): 432–446. <<https://doi.org/10.1080/00048408912343951>>
- Gigena, N., y Rossignoli, R. “Entanglement in Fermion Systems”. *Physical Review A* 92 (2015): 042326. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.92.042326>>
- Harshman, N. L., y Wickramasekara, S. “Tensor Product Structures, Entanglement, and Particle Scattering”. *Open Systems and Information Dynamics* 14.3 (2007): 341–351. <<https://doi.org/10.1007/s11080-007-9057-z>>
- Kochen, Simon y Specker, E. “The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics”. *Journal of Mathematics and Mechanics* 17.1 (1967): 59-87 <<https://doi.org/10.1512/iumj.1968.17.17004>>
- Krause, Décio. “On a Quasi-set Theory”. *Notre Dame Journal of Formal Logic* 33.3 (1992): 402–411. <<http://dx.doi.org/10.1305/ndjfl/1093634404>>
- Law, C. K. “Quantum entanglement as an Interpretation of Bosonic Character in Composite Two-particle Systems”. *Physical Review A* 71.3 (2005): 034306. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.71.034306>>
- Laycock, Henry. “Object.” *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2014 Edition). Ed. Edward N. Zalta. Stanford, Stanford University, 2017. <<https://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/object/>>
- Lombardi, Olimpia. y Castagnino, Mario. “A Modal-Hamiltonian Interpretation of Quantum Mechanics”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 39 (2008): 380-443. <<https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2008.01.003>>
- Lombardi, Olimpia., y Pasqualini, Matías Daniel. “La controversia acerca de la identidad en su ingreso al ámbito de la mecánica cuántica”. *Ideas y Valores* 71.8 (2022): 138-164. <<https://doi.org/10.15446/ideasyvalores.v71n8Supl.102872>>

- Lombardi, Olimpia. y Dieks, Dennis. “Particles in a Quantum Ontology of Properties”. *Metaphysics in Contemporary Physics*. Eds. Tomasz Bigaj., y Christian Wüthrich. Leiden: Brill-Rodopi, 2016. 123-143. <https://doi.org/10.1163/9789004310827_007>
- Muller, F. A., y Saunders, S. “Discerning Fermions”. *The British Journal for the Philosophy of Science* 59.3 (2008): 499–548. <<http://dx.doi.org/10.1093/bjps/axn027>>
- Rombouts, S, Van Neck, D., Peirs, K. y Pollet, L. “Comment on New criteria for Bosonic Behavior of Excitons by M. Combescot and C. Tanguy”. *Europhysics Letters* 63.5 (2003): 785. <<https://doi.org/10.1209/epl/i2003-00589-8>>
- Tichy, Malte C., Bouvrie, Alexander P., y Mølmer, Klaus. “How Bosonic is a Pair of Fermions?” *Appl. Phys. B* 117 (2014): 785-796. <<https://doi.org/10.1007/s00340-014-5819-9>>
- van Fraassen, Bas. “Statistical Behaviour of Indistinguishable Particles: Problems of Interpretation”. *Recent Developments in Quantum Logic*. Eds. Mittelstaedt, Peter. y Stachow, Ernst-Walther. Mannheim, 1985. 161-187.
- Weyl, Hernan. *The Theory of Groups and Quantum Mechanics*. London: Methuen and Co., English trans., 2nd edition, 1931.
- Zanardi, Paolo. “Virtual Quantum Systems”. *Physical Review Letters* 87.7 (2001): 077901. <<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.077901>>A

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

Diciembre de 2023
Bogotá, Colombia

Contenido

Jean-Baptiste Lamarck entre la filosofía natural del siglo XVIII y la ciencia positiva del XIX
Eugenio Andrade - Colombia

Las colonias de hormigas como individuos biológicos
Ana María Martí Balsalobre - España

Algunas limitaciones epistemológicas sobre los posibles futuros climáticos, políticos y socioeconómicos en el escenario climático de Geoff Mann y Joel Wainwright
Heber Vázquez Jiménez - México

Ciber-seres en la literatura: el espejo de nuestro propio futuro en la ficción de Asimov y Dick
David Sebastián Lozano Torres - Colombia

Evaluación crítica de los compromisos epistemológicos, ideológicos y políticos de la neuroeconomía aplicada a políticas públicas
Leonardo Bloise, Carlos Arias Grandio & Guillermo Folguera - Argentina

El concepto de observación en Ludwik Fleck. Aportes para una epistemología socio-histórica
Alejandro López Jiménez - México

La razón naturalizada (una justificación empírica de la lógica)
María Alicia Pazos - México

Traducción: Reason naturalized (an empirical justification of logic)
María Alicia Pazos - México

Trans-estadística cuántica desde una ontología de propiedades
Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina

Traducción: Quantum trans-statistics from an ontology of properties
Matías Pasqualini & Sebastian Fortin - Argentina

Indicaciones para los Autores



UNIVERSIDAD
EL BOSQUE

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

Av. Cra 9 N° 131 a -02 Edificio Fundadores

Línea gratuita 018000113033 * PBX (571) 6489000

Bogotá D.C. - Colombia