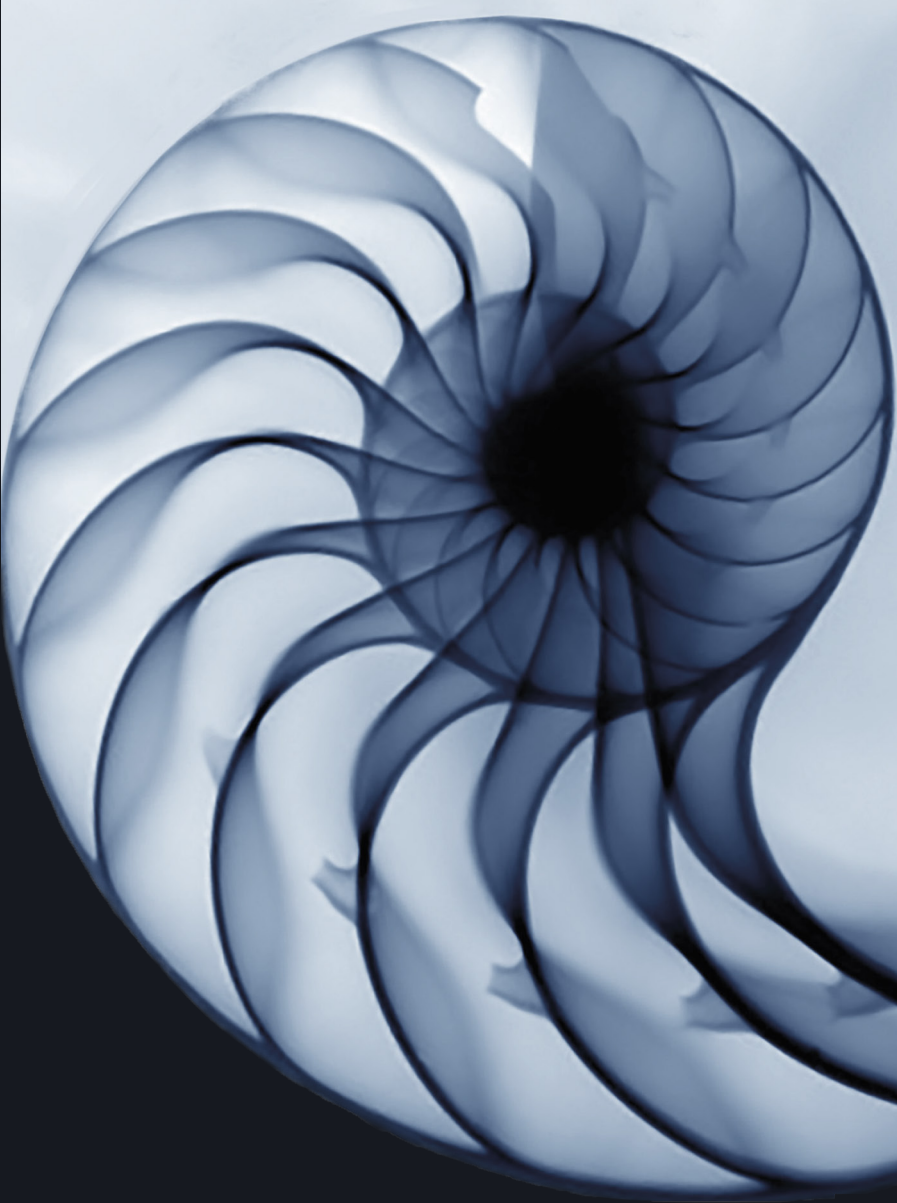


eISSN 1989-3612

artefaCToS

Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología

Vol. 13, No. 2 (2024)



Ediciones Universidad
Salamanca

INSTITUTO
eCyt

CDU: 10 – IBIC: Filosofía de la ciencia (PDA) – BIC: Humanities / Philosophy / Philosophy: epistemology and theory of knowledge (HPK) – BISAC: Philosophy / Philosophy of Science / Philosophy & Social Aspects (PHI030000)

Directores

M. Mar Cebrián Villar, Universidad de Salamanca, España
Carina Gabriela Cortassa Amadio, Universidad Nacional de Entre Ríos / REDES - Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior, Argentina
Francisco Del Canto Viterale, Universidad de Dakota del Norte, Estados Unidos

Editora

María Mar Cebrián Villar, Universidad de Salamanca, España

Editores asociados

Esther Palacios Mateos, Universidad de Salamanca, España
Benedicto Acosta Díaz, Universidad de Salamanca, España
Mariano Martín Villuendas, Universidad de Salamanca, España

Comité científico

Mario Albornoz, Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina
Wiebe E. Bijker, Norwegian University of Science and Technology, Noruega
Javier Echeverría, Ikerbasque, Basque Foundation for Science, España
María Carmen Fernández Juncal, Universidad de Salamanca, España
Santiago López García, Universidad de Salamanca, España
Diana Maffía, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Carl Mitcham, Colorado School of Mines, Estados Unidos
Carolina Moreno, Universidad de Valencia, España
Miguel Ángel Quintanilla Fisac, Universidad de Salamanca, España
Ana Rosa Pérez Ransanz, Universidad Nacional Autónoma de México, México
José Manuel Sánchez Ron, Universidad Autónoma de Madrid, España
Steven Shapin, Harvard University, Estados Unidos
Peter Vermaas, Delft University of Technology, Países Bajos
Hebe Vessuri, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología

Universidad de Salamanca
Edificio I+D+i, Calle Espejo, n.º 2, 37007, Salamanca, España
Teléfono: +34 923 294 834 – Email: artefactos@usal.es

Ediciones Universidad de Salamanca

OJS - EUSAL Revistas
Plaza de San Benito, n.º 2, 37008, Salamanca, España
Teléfono: +34 923 294 598

ArtefaCToS se encuentra indexada en DOAJ, ERIH-PLUS, REDIB, DIALNET, Latindex 2.0, MIAR, EBSCO (Applied Science & Technology Source), Proquest (Aerospace Database, Agricultural & Environmental Science Database, Civil Engineering Abstracts, Metadex), cuenta con el sello de calidad FECYT.



ArtefaCToS. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología

<https://revistas.usal.es/index.php/artefactos/index>

eISSN: 1989-3612 – DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024132>

CDU: 10 – IBIC: Filosofía de la ciencia (PDA) – BIC: Humanities / Philosophy /
Philosophy: epistemology and theory of knowledge (HPK) – BISAC: Philosophy / Philosophy of Science/
Philosophy & Social Aspects (PHI030000)

Vol. 13, No. 2 (2024), 2.^a Época

Índice

Contaminaciones deseables: arte, diseño y los estudios sociales de ciencia y tecnología Martín PARSELIS	1-26
La belleza e importancia de las revistas científicas Germán Octavio LOPEZ RIQUELME; Héctor SOLÍS-CHAGOYÁN; Diana Verónica CASTILLO PADILLA; Nino Angelo ROSANÍA-MAZA	27-54
Los supuestos teóricos acerca de la función de I+D en la Evaluación Institucional CONEAU. El caso de la Universidad Nacional de La Matanza Juan Pablo PIÑEIRO; Melina LEVY; Yanina AMARILLA	55-75
Percepción de investigadoras chilenas en ciencias sociales con respecto a su trabajo académico en tiempo de pandemia Claudia REYES BETANZO; Teresa VERNAL VILICIC	77-99
Mediatizaciones en ciencia y cerveza. Análisis de audiovisuales y contextos de la industria cervecera y la academia Santiago M. KADERIAN; Barbara MASSEILOT	101-130
La naturaleza de las funciones propias en los productos de la biología sintética Ariel GOLDRAIJ	131-152
Transición Energética desde la semiperiferia: desafíos de las Políticas Orientadas por Misión en la industria del litio en Argentina Bárbara BURTON; Agustín BARBERÓN; Juan Martín QUIROGA	153-183
Uranio, ¿“la peor de todas las minerías”? : Proyectos estratégicos y resistencias sociales en La Rioja, Argentina Agustín PIAZ	185-212

Diseño de tecnología industrial abierta a través de la modalidad de producción entre pares híbrida: funciones y límites para el desarrollo endógeno. El caso de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA) Antonela ISOGLIO	213-248
An introduction to the ethical and social problems of bodybuilding: a philosophical analysis from Science, Technology and Society studies (STS) Santiago COBO MARTÍNEZ	249-272
Universo de procesos: realidad física cambiante y cuádrdimensional Juan TOMÉ	273-299
Lógica y Agón Paul LORENZEN	301-308
La infraestructura ferroviaria y los borrados de la memoria en la ciudad de México: Una entrevista en movimiento con Guillermo Guajardo Reynaldo DE LOS REYES PATIÑO	309-333
Coeckelbergh, Mark (2024). <i>La ética de los robots</i> . Madrid: Cátedra. Traducción de Lucas Álvarez Cangal Virginia YOLDI LÓPEZ	335-339

CONTAMINACIONES DESEABLES: ARTE, DISEÑO Y LOS ESTUDIOS SOCIALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Desirable pollutions: Art, Design and Social Studies of Science and Technology

Martín PARSELIS
Pontificia Universidad Católica Argentina, Argentina
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9201-5159>

Recibido: 19/04/2024 Revisado: 05/05/2024 Aceptado: 14/05/2024

RESUMEN: En el campo CTS¹ se presentan dos tipos de contaminaciones deseables y pendientes: una interna y otra externa. La interna es una deuda de profundización de las disciplinas tecnológicas desde una epistemología desarrollada desde la práctica de la tecnología. La externa es la ampliación del marco interdisciplinar hacia campos equivalentes a los tradicionales, como el arte. Estas contaminaciones se hacen deseables porque advertimos que entre las culturas más orientadas a la práctica y las culturas más asociadas a la teoría se forman profundas grietas de entendimiento mutuo que adoptan distintas formas, y que no contribuyen a la comprensión de los fenómenos actuales en forma holística. Este ensayo presenta algunas de estas grietas en relación con el campo CTS y revisa algunas ideas proponiendo al diseño y a un cambio de actitud (al estilo polímata) frente a las disciplinas para superar dichas rupturas.

Palabras clave: CTS, interdisciplina, cultura, diseño, polímatas.

1. Ciencia, Tecnología y Sociedad

ABSTRACT: In the STS² field there are two types of desirable and pending pollutions: one internal and one external. The internal one is the debt to deepening the technological disciplines from an epistemology developed from technology practice. The external is the expansion of the interdisciplinary framework towards fields that are equivalent to traditional ones, such as art. These contaminations become desirable because we notice that between the practice cultures and the theoretical cultures, there are deep breaks not allowing the mutual understanding. Breaks take different forms, and they do not contribute to the understanding of current phenomena in a holistic way. This essay presents some of these ruptures in relation to the STS field and reviews some ideas that propose a design and a change of attitude (scholarly style) towards the disciplines to overcome the ruptures.

Keywords: STS, interdiscipline, culture, design, polymaths.

INTRODUCCIÓN

“La estética de la ciencia natural y de las matemáticas se da la mano con la estética de la música y de la pintura: ambas se apoyan en el descubrimiento de una pauta parcialmente oculta.”

Herbert A. Simon, Las Ciencias de lo Artificial

En algunos cursos realizamos una inmersión al entorno tecnológico a través de la reflexión acerca del significado de “habitar el mundo”. Encontramos así el problema de advertir una centena de acciones relacionadas con el “habitar” y también el problema de los elementos que consideramos dentro del mundo, entendiéndolo como nuestra construcción y no como el-mundo-en-sí-mismo. Repasamos algunas tendencias y ejemplificamos sobre algunos desarrollos que nos han cambiado muy rápidamente y de modo irreversible. Presentamos proyectos y tecnologías en desarrollo que prometen hacer lo mismo, y cuestionamos qué vamos a incorporar en nuestro mundo para contar con una lectura más exhaustiva y comprender mejor nuestro imaginario de época.

Menuda tarea para menos de dos meses. Inmediatamente intentamos pensar en entornos vitales para dar alguna estructura a ese mundo que exploramos, y en ellos intentamos discernir algunas dimensiones,

2. Science, Technology and Society

especialmente la dimensión tecnológica. Al final de un semestre los estudiantes agradecen ver el mundo de un modo diferente, más complejo y más interesante. Como profesor agregaría que logramos que el mundo se vuelva visible, que realizamos el ejercicio de situarnos en esos entornos y los/nos analizamos; y con una dosis de optimismo deseamos que ello los inspire a la acción y a la transformación.

El foco de la asignatura está cerca del campo CTS, aunque el acento se encuentra en la relación entre Tecnología y Sociedad. En este caso la Ciencia se encuentra en el borde, ocasionalmente asociada a la Tecnología y en parte influyendo en el imaginario epocal. Podríamos hacer un ejercicio análogo si buscáramos trabajar sobre la relación entre Arte y Sociedad, e incluso podría ser más sencillo inventar un campo ATS en lugar de CTS (Arte, Tecnología y Sociedad) para desarrollar buena parte de la asignatura.

Es cierto que el arte se menciona tímidamente en algunos rincones del campo CTS, usualmente asociado a su capacidad representativa de fenómenos científicos (que contribuye a comunicar la ciencia como a realizar aportes para su desarrollo)³ a veces bajo el concepto de Sci-Art;⁴ otras veces se ejemplifica la apropiación artística de desarrollos tecnológicos o conceptos científicos (como el bioarte);⁵ en ocasiones se busca mostrar al arte como la expresión política en un momento histórico representando un imaginario (como en la URSS);⁶ y en forma liviana como una especie de mejora perceptual, secundaria, de las creaciones humanas funcionales. Ninguna de estas aproximaciones habla realmente del arte.

Por otra parte, el campo se ocupa frecuentemente de la tecnología en forma de propuesta o análisis de políticas públicas (muchas de ellas operativas en Ministerios de Ciencia y Tecnología de Iberoamérica); de los procesos sociotécnicos que orientan el desarrollo tecnológico (como casos que pueden describirse como procesos de construcción social); de

3. Un caso paradigmático en este sentido fue Santiago Ramón y Cajal. Véase <https://www.csic.es/es/legado-cajal>

4. Un ejemplo de Sci-Art es el "Proyecto Biósfera" de Joaquín Fargas que aísla ecosistemas naturales en recipientes totalmente sellados donde la única interacción con el medio es a través del calor y la luz para representar a una escala infinitesimal nuestro planeta poniendo de manifiesto su fragilidad y el cuidado que le debemos todos los que habitamos la Tierra. Véase <https://www.joaquinfargas.com/obra/biosphere-project/>

5. Un ejemplo de bioarte es la obra "GFP Bunny" de Eduardo Kac que consiste en la creación de un conejo fluorescente a través de biología molecular. Véase: <https://www.ekac.org/gfpbunny.html>

6. Véase <https://es.rbth.com/historia/82334-urss-ciencias>

formas de organizar el desarrollo de tecnologías sociales en el sentido de finalidades sociales (por ejemplo tecnologías alternativas e inclusivas para sectores vulnerables); de analizar la relación entre los actores tecnológicos y sus formas de ejercicio de poder (por ejemplo Google y Meta como influenciadores de comportamientos sociales); de la tecnología como parte de la soberanía de un país o una región; de la discusión entre el desarrollo público y privado; entre otras discusiones.

En conclusión, el campo CTS se ocupa mayormente de cuestiones fundamentales que no son atendidas en las disciplinas convencionales asociadas a la Ciencia y a la Tecnología, posiblemente por tratarse de un campo híbrido, multidisciplinario, o interdisciplinario. Esa hibridación implica la necesidad de dar cuenta de las “contaminaciones” extradisciplinarias que implica ser un poco más humilde para no caer en la tentación de volver a explicar el mundo de un modo monodisciplinar. Además, involucra la decisión de cuáles “contaminaciones” podrían ser estudiadas. En el campo CTS hay una tradición posiblemente derivada de los perfiles que han iniciado los relevantes trabajos en este campo, orientada especialmente a política, sociología y a la filosofía/epistemología.

¿Se encuentra el campo CTS abierto a otras “contaminaciones multi/interdisciplinarias”?

En el campo CTS se presentan dos tipos de contaminaciones deseables y pendientes: una interna y otra externa. La interna es una materia pendiente sobre la comprensión de qué es lo que realmente hacen las personas que trabajan en ámbitos tecnológicos. Ingenieros, arquitectos, diseñadores industriales, rara vez son parte del foco de los estudios CTS, salvo desde alguna mirada sociológica o similar, que resulta incompleta y evidentemente no multidisciplinar. Otra mirada del campo es el supuesto fuerte de que la Tecnología es casi un apéndice casi trivial de la Ciencia, lo que deriva en una narrativa en la que la Tecnología desde el punto de vista metodológico y de conocimiento aplicado es como la Ciencia por herencia. Esta idea no se corresponde con el desarrollo tecnológico y constituye una caracterización muy limitada de la práctica tecnológica real. Adicionalmente, pasa por alto la complejidad de las actividades técnicas en relación con la naturaleza y con diversos elementos culturales.

Las contaminaciones externas pueden ser muy variadas, pero el tema que nos compete aquí es el Arte. Si podemos considerar una dimensión tecnológica en el mundo que permite comprendernos mejor en esta situación histórica, en lo que hacemos, en las acciones que podríamos realizar a futuro, en las transformaciones que emprendemos, en la imagen del futuro; podemos considerar también una dimensión artística del mundo que

contribuya a lo mismo. De hecho, mucho antes de que la Ciencia cuente con su estructura actual, nuestras realizaciones técnicas y artísticas fueron expresión de todo ello. Hace cientos de miles de años, por lo menos.

En este artículo tenemos una intención exploratoria más bien asociada a prácticas que pueden abrir caminos para la especulación sobre estas “contaminaciones” dejando de lado la pretensión por la definición de un campo que puede ser mirado desde múltiples disciplinas y situaciones y que no podría ser demarcado con una forma fija.

INVESTIGAR NO ES MONOPOLIO DE LA CIENCIA

La ciencia es una especie de la investigación; la investigación no es una especie de la ciencia.

(Eisner, 2002, 209)

No hay dudas de que la investigación es parte esencial de cualquier ciencia. Sin embargo, Eisner (2002, 214) advierte que otras prácticas humanas también realizan actividades de investigación.

Si nos mantenemos dentro del campo CTS encontraremos que existe dentro del conocimiento propiamente tecnológico muchas herramientas teóricas que provienen del conocimiento científico y muchas otras que son teorías empíricas sin pretensión de verdad científica que se estructuran, muchas veces en forma matemática, y que sirven al diseño pero que no explican un fenómeno (Vincenti, 1993, 136).

A su vez, el conocimiento sobre la práctica en el diseño o en la producción puede encontrarse registrado en múltiples lenguajes, entre ellos los diagramas y croquis son fundamentales y derivan de una potente sistematización visual y no derivan de ninguna ciencia. El mismo Ferguson citado en Giuliano (2016, 23) pone de manifiesto las imágenes mentales que tienen los técnicos imaginando sus futuros diseños, afirmando que las pirámides no existen por la geometría sino por estas visiones (Ferguson, 1994, xi).

Giuliano rescata como parte de la racionalidad ingenieril el proceso de variación y retención selectiva que realizan los ingenieros enfrentados a la resolución de un problema, ampliando este procedimiento al empleo de heurísticas según la descripción de Vaughn Koen. Es decir que la actividad propiamente ingenieril no es científica, aunque en el proceso heurístico pueda incorporarse eventualmente conocimiento científico por su utilidad predictiva (Giuliano, 2016, 26).

De un modo más analítico, Niiniluoto (1997, 290) analiza distintas formas en las que podemos relacionar conceptualmente ciencia y

tecnología. Dentro del análisis de sus cinco modos coincidimos con el autor en que la relación entre ciencia y tecnología es “interaccionista” (dejando de lado la mirada el “idealismo”, el “materialismo”, la “identidad” y el “paralelismo”). La postura interaccionista propone que se trata de dos sustancias ontológicamente independientes, pero entendiendo que pueden existir relaciones causales mutuas.

Por otra parte, analizando las definiciones canónicas que dirigen la formación de ingenieros, vemos que se articulan los conocimientos de las ciencias naturales con aportar al bien de la humanidad. Y entonces nos preguntamos: “¿Cuál es la ley general que rige la optimización y beneficio de la humanidad en el caso de la ingeniería? ¿Es suficiente el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales para comprenderlo?” (Giuliano, Giri, Nicchi, Weyerstall, Parselis, Mersé, 2023, 2).

Ciertamente los criterios sobre lo que puede ser un beneficio para la humanidad no se encuentra dentro del campo epistémico de las ciencias; pero sí encontramos que la formación de un “buen juicio” para el ejercicio de profesiones técnicas como la ingeniería es parte esencial de la enseñanza de la profesión. Esto abre una discusión sobre las profesiones tecnológicas que se separa de la discusión sobre cuánta más matemática o física es necesario estudiar. Más bien invita a redefinir el rol de estas profesiones dentro de la construcción del futuro, y el rol de los actores sociales en la definición de ese futuro (o al menos de las finalidades asociadas al diseño de las tecnologías).

En síntesis, en las actividades tecnológicas se realiza mucha investigación que no es investigación científica, y el conocimiento de las disciplinas tecnológicas producido de ese modo no es conocimiento científico. Esto es estudiado desde las epistemologías de estas disciplinas, como ocurre con la ingeniería.

Si Ferguson describía las imágenes mentales como anticipadoras de los diseños en ingeniería, Eisner (2002, 5) subraya a la imaginación en el arte como forma de pensamiento que genera “imágenes de lo posible” constituyéndose como una función cognitiva. Del mismo modo que afirma que imaginar permite el ensayo, la prueba, la especulación antes de la experimentación empírica.⁷

7. La función cognitiva asociada a obras de arte puede tomar caminos inesperados. Por ejemplo, el Proyecto Batea buscaba el ensayo de la transducción entre imágenes y sonidos, que puede realizarse de muchas formas, y dio lugar a una instalación sonora interactiva a partir de dibujos en tinta, en su primera versión. El comportamiento del público adulto muestra sorpresa, en tanto que los niños se aproximan con actitud lúdica encontrando patrones iterativamente. Véase <https://www.batea.ar/el-proyecto-batea/>

Eisner escribió sobre la educación en el arte, especialmente para niños. En ese contexto caracteriza procesos y condiciones que no son tan distintos cuando pensamos en los procesos de diseño generales:

Los aspectos del entorno a los que se presta atención, los fines para los que se usa esta atención y el material que emplea el niño para representarlos influyen en el tipo de aptitudes cognitivas que el niño tenderá a desarrollar. En términos más generales, la mente del niño está conformada por la cultura de la que forman parte las condiciones anteriores.

La mente humana es una especie de invención cultural. Es indudable que los niños ya vienen al mundo bien «cableados», pero su desarrollo concreto, las aptitudes que se van a cultivar y atrofiar, y los modos de pensamiento que llegarán a dominar, dependerán de la cultura en la que vivan. Las fuerzas que actúan en esa cultura se operacionalizan mediante la formación de propósitos.

El objetivo de la indagación o acción y el tipo de material que usa el niño determinan un conjunto de limitaciones y de posibilidades (Eisner, 2002, 22-23).

Podríamos asociar esta cita a la educación tecnológica sin modificaciones, al menos para el agente humano en relación con un propósito. La noción de entorno y el recorte conceptual que hacemos de él para orientar nuestras creaciones hacia un fin es parte del desarrollo de cualquier capacidad técnica. Del mismo modo que las discusiones sobre los imaginarios sociales de una comunidad en una época dada influyen en el tipo de finalidades que guiarán un diseño o un desarrollo tecnológico (Parselis, 2016, 83).

Fuera del ámbito académico, tal vez infundadamente, existe una gran valoración de los productos tecnológicos y en un segundo plano eventualmente los productos de la ciencia. Si el conocimiento tecnológico y científico (con sus entrecruzamientos) posibilita a estos productos respectivamente, tal vez también se valore más el conocimiento tecnológico más que el científico. En este sentido, es notable la afirmación de Eisner (2002, 214) que puede dar una pista más: el conocimiento práctico no puede ser subsumido por lo teórico; algunas cosas sólo pueden conocerse mediante el proceso de acción.

Schön observa que en algunas prácticas como la medicina, la agronomía, la ingeniería, los profesionales hacen uso ocasional del conocimiento científico, pero que también en la práctica los problemas que se presentan no se encuentran en la ciencia. El autor pone el acento en la divergencia (a diferencia de Niiniluoto que observa divergencias y convergencias),

que conforma mundos diferentes, creando lo que denomina el sugerente “dilema del practicante”: rigor o relevancia (Schön, 1983, 55).

El foco que pone Schön en la conciencia sobre el marco desde el que el profesional realiza su actividad puede resultar muy interesante para advertir en la práctica el contenido teórico heredado de la ciencia, y evaluarlo en términos de su utilidad práctica: “cuando un practicante toma conciencia de sus marcos, también toma conciencia de la posibilidad de formas alternativas de enmarcar la realidad de su práctica”⁸ (Schön, 1983, 356).

Una vez que los profesionales se dan cuenta de que construyen activamente la realidad de su práctica y se vuelven conscientes de la variedad de marcos disponibles para ellos, comienzan a ver la necesidad de reflexionar en acción sobre sus marcos previamente tácitos (Schön, 1983, 357).

En este punto podemos subrayar la idea de que la relevancia del conocimiento científico en la práctica es relativo, y en ocasiones inútil. Pero la práctica cuenta con contenido sistematizado o tácito que es producido con otro tipo de experiencias y métodos, sin vocación por la verdad científica sino más bien orientados a reglas con resultados pragmáticos. A partir de aquí, podríamos pensar en que la práctica puede ser más amplia que la práctica estricta de un técnico. La interacción entre ciencia y artes es cada vez más habitual y ha logrado ingresar al *mainstream* de los eventos artísticos hace algunas décadas.⁹ Se produce en esta interacción una suerte de polinización cruzada donde el arte se ve ampliado en la

8. Hay ejemplos muy contundentes de personas que, desafiadas en objetivos y en contextos no favorables, obtienen resultados asombrosos a partir de la práctica y de favorecer la relevancia por sobre el rigor. Un ejemplo que para algunos puede resultar algo banal es el evento Burning Man (véase <https://burningman.org/>). Otro ejemplo más asociado a la investigación, pero también con acento en la relevancia es Dinacon (véase <https://www.dinacon.org/>). En ambos casos el peso de la práctica es clave para llevar a cabo eventos de distinta naturaleza, pero con resultados concretos y evidentes. Buena parte de las personas que adhieren a estos enfoques han formado comunidades maker posibilitando la circulación libre del conocimiento y la colaboración para el diseño y la producción tanto de objetos útiles como obras de arte.

9. Un buen ejemplo es la conferencia Balance-Unbalance que desde la investigación artística promueve una mayor comprensión sobre las cuestiones ambientales, buscando formas de intervención concreta desde la hibridación entre ciencia, tecnología y arte. Otro ejemplo es la serie de eventos “Understanding Visual Music”. Adicionalmente, organizaciones como Hexagram (véase <https://hexagram.ca/en/>) o el CeiarTE (véase <https://ceiar-teuntref.edu.ar/>) se dedican en forma exclusiva a la investigación artística, mientras que Leonardo es una revista académica en la misma línea publicada por el MIT (véase <https://leonardo.info/leonardo>).

posibilidad de exploración de conceptos y materiales. Sin embargo, la producción artística que toma elementos científicos suele mirarse principalmente desde dos resultados: la estetización de las imágenes científicas, y la función pedagógico-comunicativa (en la popularización de la ciencia) o crítico-reflexiva (Reising, 2009, 181).

Para la autora la tecnología contribuyó a la reunificación de las dos culturas a través de estéticas reflexivas sobre la visualización científica, por una parte; y por la otra el desarrollo de técnicas de visualización que contribuyen a la investigación científica. Estas relaciones son extensamente estudiadas por Ede (2005) en "Art & Science". Hanrahan por su parte sostiene que "en la economía binaria del arte y la ciencia, se percibe ampliamente que la subjetividad del arte socava su contribución al conocimiento" y propone un análisis que "transgreda" ese binarismo desatendiendo a los límites, y ocupándose de las "inflexiones de comprensión entrelazadas" (Hanrahan, 2000, 267).

Como otros autores, Hanrahan plantea que tanto la ciencia como el arte constituyen formas de ordenar el mundo, y en el contexto de este apartado podríamos especular sobre la idea de que toda investigación propone una forma de ordenar el mundo.¹⁰

Esto abriría una posibilidad inconmensurable para pensar un campo CTS más interdisciplinar pivotando en la investigación en sentido general, más que en un tipo determinado. De este modo la investigación científica, tecnológica y artística podrían considerarse modos equivalentes de aproximación a un mundo que inevitablemente entreteje todas estas aproximaciones.

LA CUESTIÓN DE LAS DOS ALGUNAS CULTURAS

Si aceptamos la idea de que fuimos educados con tendencia a separar la cultura humanística de la científica, entenderíamos inmediatamente el problema derivado de la especialización, fenómeno que nos acompaña

10. Un ejemplo ilustrativo para visualizar ordenamientos alternativos del mundo puede ser la obra "Volvox" de Oliverio Duhalde que es una bio-instalación donde un ser vivo microscópico controla todo el entorno sonoro y visual. El volvox y sus colonias descendientes son monitoreados por un microscopio de alta precisión que con la ayuda de algoritmos de análisis de movimiento transforman sus patrones de movimiento en información sonora y lumínica. Véase <https://www.oliverioduhalde.com/volvox>

Otro ejemplo es la obra "Ensayos para una cruz del sur en el norte" de Martín Bonadeo. Véase <https://www.martinbonadeo.art/albums/72177720298523702>

con intensidad creciente desde la Modernidad. El siglo XX ha dado alarma sobre este punto de diversas maneras, por ejemplo, Ortega y Gasset (1929; 2004, 144) asocia este modo de conocimiento profundo, pero angosto, a la barbarie moderna. Esta temprana alarma casi centenaria contrapone al especialista y al enciclopédico que podría circular naturalmente entre disciplinas. De paso, su idea de “politicismo” puede ser aplicada también para no encorsetar el campo CTS dentro del derrotero de la discusión política. “La rebelión de las masas” fue ampliamente difundido y hasta hoy revela muchas cuestiones de interés.

Algunas décadas más tarde la idea de “las dos culturas” de Snow (1988, 73) también tuvo gran impacto dentro de la línea de una suerte de división del conocimiento orientado muy tempranamente a la especialización. La polarización que advirtió se da entre “intelectuales literarios” y “científicos”, no sin advertir que también se utilizó la palabra “intelectual” solo para las humanidades, expulsando de la categoría, por ejemplo, a los grandes físicos de la época. Ante la evidencia de los casos híbridos, Snow propondrá más tarde la “tercera cultura” que pueda salvar lo que irónicamente cuenta como anécdota:

En una o dos ocasiones me provocaron y pregunté a los invitados cuántos de ellos podían describir la segunda ley de la termodinámica. La respuesta fue fría; también fue negativa. Sin embargo, yo preguntaba algo que es el equivalente aproximado de: ¿Leyó usted una obra de Shakespeare? (Snow, 1988, 85).

La cultura científica tiene subculturas que tampoco se comunican demasiado entre sí, aunque comparten culturalmente las actitudes científicas. Es muy difícil encontrar dos científicos de disciplinas muy distantes que no compartan el *ethos* y la valoración de sus métodos y formas de trabajo.

La cultura humanística no cuenta necesariamente con un *ethos* común ni con metodologías o formas de trabajo comunes. Se encuentra diversificada en distintas expresiones del “mundo intelectual”. Snow plantea en fuertes palabras que lo que tienen en común es que su “total incompreensión de la ciencia irradia su influencia hacia todo el resto”; y que, como son las personas influyentes en la cultura, ésta se contagia de un sabor no-científico. Y va más allá caracterizándolos prácticamente como los conservadores de la cultura hasta extremos anticientíficos, sentenciando finalmente que “si los científicos tienen el futuro en sus huesos, la cultura tradicional responde deseando que ese futuro no exista” (Snow, 1988, 82).

Este agrietamiento fue visto también como una oportunidad creativa, aunque el autor mostraba una gran dosis de pesimismo en su momento advirtiendo que el arte había asimilado muy poco de la ciencia.

En línea con las observaciones de Snow, Foqué (2010, 26) advierte sobre la separación metodológica entre arte y ciencia, pero con la diferencia de que ve que el conocimiento se reduce al pensamiento racional, debido al éxito de la ciencia y la tecnología como agente cultural de los últimos años. Si bien es un autor que tiende a pensar a la tecnología como una aplicación de la ciencia (enfoque que no compartimos), pone de manifiesto en forma contundente el modo en el que la tecnología se hace presente en toda actividad humana, de la que dependemos, que es cada vez más compleja y transformadora del pensamiento "humanista" en pensamiento "técnico", valorando especialmente la eficiencia. Esta crítica puede alinearse con otras más antiguas como las de Ellul¹¹ o Feenberg.¹²

Esta "contaminación" del pensamiento técnico sobre el humanista también está presente en otros arquitectos como Le Corbusier que reconoce al ingeniero como el "técnico" y al arquitecto como el "artista" criticando también la estética del ingeniero avanzando sobre el arquitecto. Aun así, destaca una paridad deseable al afirmar que "el ingeniero, inspirado por la ley de la economía, y llevado por el cálculo, nos pone de acuerdo con las leyes del universo. Logra la armonía" citado en (Parselis, 2018, 146).

Para Foqué la intuición es una forma de conocimiento aún no conceptualizada ni sistematizada asociada directamente al arte, y basada en una combinación de teoría y práctica. A partir de esta definición, realiza una fuerte crítica considerando al arte, a la tecnología y a la religión como formas de adaptación de la cultura; pero advirtiendo que desde el mundo académico se considera que la investigación en general, y en particular la científica, está tan glorificada que hasta es posible aplicar sus métodos a la producción artística.

Hasta aquí, estos autores denuncian algo opuesto a lo que observaba Snow. Pero Foqué coincide en que es necesario buscar alguna paridad mencionando a su ensayo "La creatividad es poder": "se puede anular la discrepancia entre arte, ciencia y tecnología, partiendo del supuesto de que, tanto en sus métodos como en sus resultados, no logran mostrar un carácter absoluto, pero se complementan en la forma en que abordan la realidad" (Foqué, 2010, 27).

11. Nos referimos al libro de Jaques Ellul "La edad de la técnica" de 1954.

12. Nos referimos a la Teoría Crítica de la Tecnología de Andrew Feenberg.

Esta complementación posiblemente pueda darse al comprender que el autor piensa como resultado evaluable la transformación, volviendo evidente que todas las aproximaciones pueden ser válidas para ello. De hecho, esto es algo importante en todas las disciplinas técnicas: la utilización de cualquier fuente de conocimiento útil para lograr los objetivos.

Continúa Foqué:

El arte, la ciencia y la tecnología pueden verse como medios mediante los cuales el hombre puede comprender, intervenir, cambiar, modelar y estructurar su entorno. Puede descubrir estructuras en el mundo exterior e intentar modificarlas y reestructurarlas. De hecho, el hombre actúa entonces como un “ser diseñador”, por lo que el diseño se define como la actividad de transformar el espacio humano en una realidad nueva y estructurada (Foqué, 2010, 27).

La conclusión de Foqué es especialmente interesante en el contexto de este artículo dado que trae a la discusión la actividad de diseño como esencialmente transformadora, destacando que el arte siempre fue un aporte para “el pensamiento conceptual y la visión holística: el crisol de la razón y la intuición” (Foqué, 2010, 28).

El lugar del artista es la estructuración de la realidad a partir de la simetría entre el pensamiento intuitivo y el pensamiento racional, y la actividad del artista debe integrarse con la ciencia y la tecnología en forma creativa para lograr la innovación y la renovación. Los métodos operativos para lograrlo convierten al humano en un diseñador (Foqué, 2010, 29).

LAS TERCERAS CULTURAS NO FUERON LO QUE ERAN

Para Snow el diagnóstico de la grieta de las dos culturas surge por el desdén de los intelectuales hacia los científicos, y podía subsanarse con una comunicación fluida entre ellos. Para Foqué la grieta surge por el reinado del pensamiento técnico sobre el pensamiento artístico, proponiendo reducir la grieta siendo diseñadores que integran la intuición y la razón.

Una forma de escapar de los contextos particulares de estos dos diagnósticos opuestos puede ser encontrar algún patrón en distintos contextos históricos. Shlain estudia en distintas épocas la anticipación que manifestaron en sus obras algunos artistas visionarios sobre fenómenos que luego, o simultáneamente, algún físico descubre. Presenta los ejemplos de Giotto y Galileo, da Vinci y Newton, Picasso y Einstein, Duchamp y Bohr, Matisse y Heisenberg, o Monet y Minkowski (Shlain, 1991, 198).

Estas discusiones de corte académico usualmente se producen en paralelo a las realidades asociadas a las tecnologías de la información y la comunicación, especialmente en sus servicios asociados a las redes que nos han provisto de nuevos problemas y modelos.

Brockman (1991) adhiere entusiasta a que científicos y técnicos tomen el lugar de la tercera cultura desplazando a los intelectuales tradicionales. Agrega que los científicos se comunican directamente con el público en general rompiendo las jerarquías académicas clásicas verticalistas. Independientemente de los acuerdos que tengamos con ellos, Byung-Chul Han es un *best seller* y Harari es el segundo autor en ventas luego de Harry Potter. Posiblemente, en términos de relación con el público, el mundo académico deba tomar nota de este hecho.

Kevin Kelly es un prolífico y despierto actor de la revolución tecnológica de finales de siglo XX. Además de variadas observaciones en libros clave para entender la revolución que traerían las redes, hizo su contribución sobre la cuestión de la tercera cultura.¹³

Anuncia que hemos visto nacer la tercera cultura de la mano de los ordenadores, hija de la ciencia, y una “cultura pop”, una “cultura *nerd*” basada en la tecnología. La idea de que los *nerds* se volvieron actores importantes es compartida por muchos divulgadores, y según Kelly la síntesis es que su tecnología es su cultura (Kelly, 1998).

Esta cultura *nerd* que pregona el autor no es la simple comunicación de la ciencia (buscar la verdad en el universo) con las artes (expresar la condición humana); sino que se trata de una cultura completamente diferente. Sostiene que, observando el método científico, el valor de verdad es reemplazado por el de la novedad; y que en lugar de la expresión del arte busca la experiencia. La velocidad de creación de objetos es mayor que la velocidad de desarrollo de teorías, lo que implica que “La tercera cultura favorecerá lo irracional si aporta opciones y posibilidades, porque las nuevas experiencias triunfan sobre la prueba racional” (Kelly, 1998).

En este escenario, las preguntas existenciales tienen respuestas inesperadas, que los exponentes de las dos culturas que describe Snow se platearon durante siglos. Se trata además de una cultura de la clase media global (que se suma a otra clase transversal como lo recuerda a Sassen cuando encontraba semejanzas en las elites globales). Según Kelly:

13. Kevin Kelly es un referente contemporáneo a lo que se denominó “cibercultura”, lo que explica en parte su enfoque sobre las dos culturas. Algunos libros influyentes del campo son: *New Rules for the New Economy*, y *What Technology Wants*.

Mientras la ciencia y el arte generan verdad y belleza, la tecnología genera oportunidades: cosas nuevas que explicar; nuevas formas de expresión; nuevos medios de comunicación; y, si somos honestos, nuevas formas de destrucción. De hecho, las oportunidades en bruto pueden ser lo único de valor duradero que nos proporciona la tecnología. No solucionará nuestros males sociales ni dará sentido a nuestras vidas. Para eso, necesitamos las otras dos culturas. Lo que sí nos aporta –y esto es suficiente– son posibilidades.

La tecnología ahora tiene su propia cultura, la tercera cultura, la cultura de la posibilidad, la cultura de los *nerds*, una cultura que está empezando a globalizarse y generalizarse simultáneamente. La cultura de la ciencia, durante tanto tiempo a la sombra de la cultura del arte, ahora tiene otra orientación con la que lidiar, una que surgió de su propia costilla. Queda por ver cómo el noble y elevado esfuerzo de la ciencia aborda la lengua vernácula de la tecnología, pero por el momento, los *nerds* de la tercera cultura están aumentando (Kelly, 1998).

Está visto hasta aquí que Kelly simplifica el aporte de la ciencia y especialmente el aporte del arte cuando afirma que “genera belleza”, una visión que no se ajusta a los estudios de la estética, al menos, contemporánea. Sin embargo, es un exponente de la idea de la tercera cultura (la cultura *nerd* y las oportunidades derivadas de la tecnología) que propuso Snow muy diferente, y que a la vez se diferencia de Brockman (el triunfo de científicos y técnico en contacto directo con el público), y de Foqué que propone al diseño como la superación del conflicto.

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO EN RELACIÓN A UNA TERCERA CULTURA

Consideremos una de las ideas más abarcativas sobre el diseño de Simon:

Diseña todo aquel que concibe unos actos destinados a transformar situaciones existentes en otras, más dentro de sus preferencias. La actividad intelectual que produce artefactos materiales no es fundamentalmente diferente de la que receta medicamentos para un paciente enfermo ni de la que imagina un nuevo plan de ventas para una compañía o una política de mejoras sociales para un estado. El diseño, interpretado de ese modo, constituye la esencia de toda preparación profesional, es la marca distintiva que separa las profesiones de las ciencias. Las escuelas de ingeniería, al igual que las de arquitectura, comercio, cultura, leyes y medicina se centran sobre todo en el proceso del diseño o proyecto” (Simon 2006, 133).

En esta aproximación al diseño el autor incluye prácticamente a cualquier proyecto, como un proceso que requiere una etapa inicial de ideación, y la gestión de recursos para lograr algún objetivo cambiando el estado de algo. Pero no abunda sobre los tipos de imaginación ni los tipos de recursos, y asumimos que resume en lo “profesional” los conocimientos teóricos y operativos necesarios para tal transformación. Pero interesa también el modo en el que piensa los productos de la tecnología, derivados de lo que denomina “Ciencias de lo Artificial” (Simon, 2006, xv).

Para Simon, “las propiedades peculiares del artefacto estriban en la estrecha conexión entre las leyes naturales que hay en él y las leyes naturales fuera de él”. Es decir que el conocimiento sobre las regularidades naturales (que puede provenir de la ciencia) están presentes en el funcionamiento de las tecnologías, como lo están en el entorno en el que funcionan. La artificialidad consiste, entonces, en conectar esos mundos. La forma de adaptarlos, es el diseño.

Simon también se hace eco del problema de la fragmentación que producen las dos culturas, y encuentra que la solución se basa en encontrar un núcleo significativo que pueda ser compartido por todos:

A muchos de nosotros no nos satisface una división de la sociedad en dos culturas. Muchos pensamos que no hay sólo dos, sino muchas culturas. Y si nos desagrada esa fragmentación, entonces tenemos que proponer un núcleo de conocimientos que pueda ser compartido por los miembros de todas las culturas (Simon 2006, 163).

Y ejemplifica a través de la música:

Hay pocos ingenieros y pocos compositores -estén o no negados para la música o las matemáticas- que puedan mantener una conversación provechosa sobre el contenido del trabajo profesional del otro. Lo que yo sostengo es que es posible que sí tengan una conversación provechosa cuando hablen de diseño, que pueden identificar la misma actividad creativa en la que ambos participan, que les es posible compartir sus experiencias del proceso creativo, profesional, de diseño (Simon 2006, 164).

Esto implicaría que el diseño se convertiría en el lenguaje universal, o al menos transversal, para la oportunidad de superación de la fragmentación de las dos culturas. Es sabido que Simon proviene de campos relacionados con la ingeniería y la informática, por lo que no debería asombrar que no valore en forma explícita a la aproximación artística. Esto lo diferencia de Foqué quien, viniendo de la arquitectura, busca equiparar el pensamiento técnico con el artístico.

Desde la ingeniería, Ferguson contextualiza el diseño en un mundo de gran escala y complejidad, dominados por la incertidumbre que requiere la elaboración de nuevos marcos en relación al impacto de las decisiones de diseño. Como mencionamos, el diseño en ingeniería propone juicios para articular el conocimiento con los objetivos de diseño cada vez más amplios y sumando componentes no epistémicos, éticos, ambientales y sociales. La vinculación entre estos juicios y la información para tomar las decisiones de diseño, y esto requiere de una narrativa (Ferguson et al., 2023, 3201).

La idea de crear una narrativa que permite conciliar el análisis cuantitativo con la toma de decisiones es una idea fuerte dentro de un área que todavía es percibida sin relación con las humanidades, pero que produce transformaciones sociales en forma permanente. En este sentido, esta narrativa como marco general es la que guía el diseño y por lo tanto podemos preguntarnos si la tercera cultura puede consistir en estas narrativas posibles asociadas al diseño. Si tomamos la idea de “narrativa” para conciliar los aspectos que posibilitarían el buen juicio en las decisiones de diseño tecnológico, podremos encontrar algunos casos ilustrativos como el de las Tecnologías Entrañables o el “diseño para la humanidad”.

En el caso del “diseño para la humanidad” encontramos un traslado de objetivos no epistémicos desde la idea tradicional de “diseño para el humano” advirtiendo que nuestras acciones cada vez más tienen escala global. En base a esto, Norman (2023, 374) propone que necesitamos que el diseño también esté enfocado en la escala global. Para establecer este juicio se basa en problemas actuales como la sustentabilidad ambiental.

Las tecnologías entrañables son un decálogo de criterios para hacer un mejor desarrollo tecnológico. El juicio sobre qué es mejor ciertamente se encuentra dentro del campo de lo deseable, asociado a propósitos y a categorías culturales. En particular, son criterios que buscan que las tecnologías no sean alienantes, que no sean extrañas hacia los usuarios y por ello se utilizan adjetivos como “honestidad” asociados a lo entrañable (Parselis, 2018, 135).

Surgen a partir de una primera idea de Quintanilla (2009), y fueron desarrolladas en los aspectos de diseño por Parselis (2017, 20), constituyendo (retomando a Ferguson) en una narrativa que permite asociar factores cualitativos con exigencias técnicas concretas. No hay razones técnicas para pedir que las tecnologías sean sostenibles, socialmente responsables, participativas, o abiertas: se trata de la narrativa que propone que cambiemos el modo de diseñar para no volver a estar sujetos a tecnologías alienantes (Parselis, 2018, 151).

También existen controversias dentro de los campos disciplinares que dan cuenta de problemas similares a los de las dos culturas. Papanek

escribe en su famoso libro "Diseñar para el mundo real" que sus estudiantes preguntan "¿Debo diseñar basándome en la funcionalidad o en una estética agradable?". La existencia de esta pregunta insistente en el campo del diseño muestra de forma clara que estamos educados y formados profesionalmente a la luz de, al menos, dos culturas en cualquiera de las versiones que ya mencionamos. En el caso de la anécdota mencionada, se trata del funcionamiento pragmático versus la percepción del objeto. La respuesta de Papanek a la pregunta de sus estudiantes es tan simple en su formulación como compleja en su aplicación: "el valor estético es parte inherente de la función" (Papanek, 2014, 31).

En este caso particular, se trata de un diseñador muy particular por su compromiso profesional con el ambiente y las cuestiones sociales. El diseño para Papanek integra también (como en el caso de la narrativa que propone Ferguson) una serie de propósitos como luchar contra la obsolescencia programada, cuidar el medioambiente, y cómo formar a los nuevos diseñadores.

El principal inconveniente de las escuelas de diseño puede ser que enseñan demasiado diseño y poco entorno social, económico y político donde se manifiesta el diseño. No es posible enseñar nada en el vacío, mucho menos cuando se trata de un sistema tan profundamente implicado en las necesidades fundamentales del hombre como, según hemos visto, es el diseño (Papanek, 2014, 269).

Su propuesta de diseño integral propone una unidad en el diseño que derivaría de una educación menos especializada y de la incorporación de muchas disciplinas nuevas (¿una inesperada coincidencia con Ortega y Gasset?), promoviendo también interdisciplinariedad en la experiencia de trabajo. Debemos advertir que, en una visión similar a la de Simon, considera el diseño como parte de una "matriz primaria y subyacente de la vida", como base de toda actividad humana (Papanek, 2014, 305).

Esta amplitud implicaría entonces que en toda actividad humana debería existir la conciencia del entorno y la promoción de la interdisciplinariedad.

Schön por su parte reconoce que el diseño se asocia a la arquitectura y a la ingeniería, involucrando el aspecto de las cosas, pero observa que el concepto hoy se aplica también a políticas, instituciones y áreas del comportamiento. Recordamos que en todos los casos el autor propone el dilema entre "rigor y relevancia" como un reflejo situado de la cultura científica y la práctica técnica, que considera fuente de conocimiento, discutiendo este asunto en su libro desde la antigüedad hasta el presente (Schön, 1983, 62).

Buckminster Fuller (Bucky) presenta al diseño como un modo de ordenamiento de la aleatoriedad, a partir del ordenamiento de componentes unos con respecto a otros. Como el orden es deliberado, sostiene que la mente humana descubre de a poco. Pero una de las ideas fuertes es que ordenamos *a priori* el Universo, y que podemos decir cómo funciona algo, pero no exactamente que es, poniendo al conocimiento en un estado de misterio. Por supuesto no se trata de desestimar a la ciencia, sino de comprender nuestra limitación (tal vez *allá* Kant) o simplemente recordar la inconmensurabilidad de Kuhn. Interesa, junto con otros autores, la idea de que los seres humanos estamos en el mundo para hacer eso: “estamos destinados a utilizar cada parte de esta facultad que tenemos para aprehender, comprender y emplear principios. Para eso estamos aquí”; dicho por uno de los diseñadores que han revolucionado buena parte del pensamiento sobre el diseño de finales del siglo XX (Buckminster Fuller, 1975, 143).

Flusser por su parte también se hace eco de la grieta entre culturas, aunque polariza entre las artes y la tecnología, afirmando (confundiendo ciencia y tecnología) que son ramas mutuamente excluyentes: “una científica, cuantificable y dura; la otra estética, evaluativa y blanda”. Y a la vez propone al diseño como una suerte de puente entre ambas ramas. Agrega una observación al resto de los autores: el diseño es una conexión “interna” entre arte y tecnología, y donde lo encontremos estaremos en presencia de un producto de una nueva forma de cultura (Flusser, 1999, 24).

Afirma que una vez que el diseño derribó la barrera entre arte y tecnología, pudimos mejorar los diseños, escapar cada vez más de las circunstancias, y vivir cada vez más artísticamente (cuestión que seguramente podremos relacionar con “la estetización del mundo” que plantea Lipovetsky y Serroy); y todo ello a cambio de la verdad y la autenticidad. En otras palabras, perdimos la fe en el arte y en la tecnología como fuentes de valor (Flusser, 1999, 26).

Estas últimas ideas abren una serie de aspectos sociales de las últimas décadas, asociando al diseño con la superación de la falta de fe en el arte y la tecnología, en un tono pesimista clásico de fines de siglo XX. En otra mirada asociada a la práctica y desprendida de los problemas de Flusser, Munari afirma que el diseñador es el artista de hoy, pero en una descripción más bien funcional de contacto entre el arte y el público. Agrega que el diseñador responde a las demandas, conoce los medios para resolver los problemas de diseño, y responde a las “necesidades humanas de su tiempo” sin “prejuicios estilísticos ni falsas nociones de dignidad artística” (Munari, 2008, 30).

Podríamos inferir desde las Palabras de Munari, y por estudios de estética que no vamos a explorar aquí, que el arte se fue alejando del público

general desde “el fin de la modernidad”, y que el diseño ha ocupado el lugar que dejó el arte produciendo una dimensión estética omnipresente.

¿Podríamos extender esta afirmación al diseño tecnológico?

Hasta aquí el arte fue asomando desde diferentes lugares. Según cada uno de los autores involucrados hemos recorrido el contrapunto entre el arte y la tecnología, o el arte como parte de la cultura humanística, a veces en contraposición con la tecnología y otras con la ciencia. Algunos otros plantearon el diseño como el puente para unir culturas distintas de las que puede participar el arte. Pero no mencionamos aun a la estética como parte de la filosofía que da cuenta de una dimensión de nuestra experiencia vital. En este sentido, cabe aclarar que “lo estético” no coincide con “lo bello”, sino más bien con el acontecimiento estético, independientemente del juicio sobre lo bello o lo horroroso que puede resultar una obra de arte. Así, podremos encontrar en cada rincón de nuestra existencia una experiencia estética, incluso ante objetos tecnológicos.

Por ello, todo lo que deriva de un diseño tecnológico produce una experiencia estética; y como el diseño siempre es intencional, esa experiencia puede ser parte de la imaginación previa al diseño. Esta simple afirmación tiene implicancias gigantescas: el diseño no solamente define nuevas relaciones sociales y restringe o multiplica posibilidades humanas, sino que también genera experiencia estética. Es imposible pensar en cualquier tecnología sin reconocer su origen en el diseño. A medida que artistas, o al menos diseñadores no-tecnológicos, ingresan en el mundo de la producción de tecnologías, contamos con más argumentos para pensar en muchas de las hibridaciones que hemos mencionado hasta este punto. Pero además, es cada vez más fuerte la hibridación entre el arte y la tecnología, a diferencia de arte y ciencia donde hay más intercambios al modo “interaccionista” *allá* Niiniluoto.

Como mención especial, es necesario recordar que la Bauhaus fue un hito fundamental en el diseño y la hibridación identificando como disciplinas principales a la ciencia, el arte, el diseño y la ingeniería. Según Piscitelli (2023, 102) sus objetos revolucionarios “pueden ser vistos como nodos de problemas interconectados que requieren soluciones y enfoques anti-disciplinarios”.

EL DISEÑO OCUPA UN VACÍO QUE DEJÓ EL ARTE

La retirada del arte más conceptual y complejo de la consideración del público general ha dejado un espacio que fue ocupado por el diseño. Un diseño que dialoga de forma más fluida con el público y que integra

como condición necesaria al arte como uno de sus componentes principales. Desde el punto de vista procedimental tal vez no haya tanta diferencia entre la producción de una obra de arte y un objeto tecnológico, pero todavía se mantiene la diferenciación milenaria sobre sus finalidades.

Es cada vez más trabajoso mantener una definición sobre las categorías a las que pertenecen los objetos a los que accedemos, las disciplinas han borrado sus delimitaciones y gran parte de nuestro entorno vital es una hibridación de categorías tradicionales. En los objetos tecnológicos y el arte esto ocurre permanentemente, al punto de que (dice el mito) el propio Steve Jobs aseguraba que sus creaciones debían ser tratadas como obras de arte. En este contexto de delimitaciones cada vez más borrosas, el diseño siempre gana espacio. Es especialmente interesante relacionar su posible contribución a una cultura diferente de cualquiera de las polarizaciones que repasamos, y especular sobre algunas de sus influencias socio-culturales.

En este sentido, Lipovetsky y Serroy (2015, 9) también observan que en algún tiempo la producción industrial y la producción cultural estaban completamente separadas; pero advierten que hoy “los sistemas de producción, distribución y consumo están impregnados, penetrados, remodelados por operaciones de naturaleza fundamentalmente estética”.

Lo que Munari, Schön o Papanek ven como una influencia deseable del diseño, es abordado por Lipovetsky y Serroy como la construcción de un universo de sentido que nos influye, habiendo abandonado el afán por el reflejo objetivo y neutro de la función de los objetos. Ese universo de sentido es también una narrativa que puede competir con otras que hemos mencionado, como las Tecnologías Entrañables o la generalización de Ferguson. Resulta evidente que Lipovetsky y Serroy apuntan directamente contra el capitalismo observando una desdiferenciación entre la economía y la estética, borrando la diferencia entre “la industria y el estilo, la moda y el arte, el pasatiempo y la cultura, lo comercial y lo creativo, la cultura de masas y la alta cultura”. Este sería un rasgo del hiperconsumo donde todo esto se encuentra confundido presentando una paradoja: “cuanto más se impone la exigencia de racionalidad calculada del capitalismo, más concede éste una importancia de primer orden a las dimensiones creativas, intuitivas, emocionales” (Lipovetsky & Serroy, 2015, 10).

Podríamos inferir también que la diversidad está diseñada, ya que una fuerte disidencia se deslegitima, incluso estéticamente, o es incorporada a esta suerte de hegemonía estética posmoderna. Ante este escenario, podríamos preguntarnos por los actores que podrían filtrarse dentro de esta hegemonía, o al menos mantener la vocación por el diseño con una narrativa que deseamos, y que podamos construir.

“POLÍMATAS”: DISEÑADORES DE UNA CULTURA SUPERADORA

Todo artista verdaderamente grande es un hombre de ciencia. Todo hombre de ciencia verdaderamente grande es un artista.

Buckminster Fuller

La frase de Buckminster Fuller sugiere el desarrollo, en una sola persona, de lo que hemos identificado a lo largo del artículo como “dos culturas”. Denomina “inventor” tanto al artista como al científico, conformando un solo agente “artista-científico-inventor”. Recordemos que el autor fue arquitecto, científico y poeta; y muy crítico de la escisión entre estética y objetividad científica (El Correo de la UNESCO, 1969).

En ediciones posteriores sobre el planteo inicial de las dos culturas, Snow concluye que la educación no podrá resolver la grieta, que ella nos hace obtusos, y que además no produciremos personajes que entiendan el mundo como Piero della Francesca, Pascal o Goethe. Aparentemente sugiere una especie de atención a la formación de las mentes más brillantes en aptitudes imaginativas, como integración de la ciencia, las artes y la tecnología, junto con sus responsabilidades y la atención a sus semejantes (Snow, 1988, 57).

Conocemos muy pocos personajes como Pascal y Goethe en relación a la cantidad de personas que han habitado el planeta. No sabemos si los humanos geniales son necesariamente una elite. Tal vez algunos no son correctamente interpretados, o algo está fallando en el modo en el que formamos a nuestra descendencia. Tal vez porque no son tantos es posible compilar vidas y obras como lo hace Burke en su libro sobre polímatas. Pascal y Goethe están en él.

Un polímata, ¿podría ser el arquetipo de una cultura superadora? Tal vez una de las características más asombrosas de muchos de ellos es que han hecho caso omiso a las disciplinas y sus categorías, o al menos las han trasladado exitosamente de una disciplina hacia otras. Para Ahmed los polímatas son motivados por su autorrealización rechazando toda especialización, persiguiendo distintos objetivos que para otros no tendrían sentido. Sus mentes entonces son multidimensionales y por lo tanto complejas, y según el autor, “han dado forma a nuestro pasado y serán dueños de nuestro futuro” (Ahmed, 2018, 29).

Se diferencian de los eruditos porque por lo general éstos son especialistas profundos, y aun siendo personas profundamente especializadas en más de una disciplina, esto no los hace polímatas. Podemos esperar eruditos en algún extremo de la polarización entre culturas que hemos revisado, pero resultaría más difícil encontrar especialistas en más de una

disciplina, y más aún auténticos interdisciplinarios, o creadores de nuevas disciplinas. Evidentemente se trata de personas excepcionalmente versátiles que manejan una diversidad dominios. Sin embargo, hay algunos rasgos entre los casos más asombrosos como la autonomía, la mentalidad holística, la formación de nuevas conexiones, hambre de curiosidad, gran inteligencia y creatividad.

Sería difícil entonces que un científico contradiga a un polímata que entre sus intereses se asomó a la ciencia siendo músico o antropólogo. Del mismo modo que sería poco conducente que un artista desprecie la opinión de un polímata que proviene de la tecnología contando con experiencia de producción artística. El ejemplo de Leonardo da Vinci es clásico y bien estudiado, pero existen muchos polímatas a lo largo de la historia, y se han multiplicado multiplicación en los últimos tiempos, al menos en comparación con la época del Renacimiento.

Pero es interesante destacar que en el Renacimiento tanto los artistas como los ingenieros podrían considerarse polímatas por la diversidad de campos que debían conocer para realizar sus actividades, al menos en comparación con los estudiosos de una disciplina. Esto nos remite a las observaciones sobre qué consideraríamos como una tercera cultura superadora.¹⁴ Al menos sabemos que en aquellos tiempos, artistas e ingenieros fueron asimilables a polímatas (Burke, 2022, 115).

Ciertamente parece difícil alcanzar las habilidades y la mirada del mundo que tenía Leonardo, o Bacon o de cualquiera de los cientos de registros que tenemos de hombres y mujeres que a lo largo de la historia que han cruzado distintas disciplinas en forma creativa realizando aportes muy relevantes. ¿Por qué una serie de personajes logra traspasar con cierta naturalidad los límites de las disciplinas mientras las instituciones se ocupan de mantenerlos? ¿No es este trasvasamiento interdisciplinar

14. "En aquella época los académicos no detentaban el monopolio del polifacetismo. En ese periodo, ser artista o ingeniero equivalía a ser una especie de polímata. Por ejemplo, Filippo Brunelleschi, amigo de Alberti, es famoso por dos logros bastante distintos. Uno de ellos fue diseñar y supervisar la construcción de la cúpula de la catedral de Florencia, superando unos problemas de ingeniería estructural que otros habían considerado imposibles de resolver. El otro fue volver a descubrir las reglas de la perspectiva lineal. Aquellas reglas se ejemplificaban en lo que aparentemente era una obra maestra del ilusionismo, un cuadro del Baptisterio de Florencia, que se ha perdido, ideado para ser contemplado a través de una mirilla desde la parte posterior, por la que se podía ver un espejo. Se ha sugerido que Brunelleschi aplicó a la pintura las técnicas de agrimensura que había aprendido cuando midió las ruinas de los edificios de la antigua Roma. De ser así, su logro nos brinda un impresionante ejemplo de la forma en que los polímatas contribuyen al saber, trasladando ideas y prácticas de una disciplina a otra" (Burke, 2022, 115).

parte de la motivación de los estudios CTS? Cualquier respuesta a estas preguntas nos pondría ante un dilema asociado a las responsabilidades y garantías que la esfera pública debe asegurar a sus ciudadanos (organizadas en Ministerios y múltiples organismos de gestión) por una parte; y por la otra el fomento de una libertad casi desprejuiciada en la búsqueda personal y creativa entre diferentes formas y tipos de conocimiento.

El polímata va mucho más lejos que la tercera cultura de Snow o de cualquiera de las otras propuestas revisadas en este artículo. Estos personajes son capaces de establecer relaciones novedosas, e incluso nuevas disciplinas. El campo CTS, en el que concurren interesadamente varias disciplinas, está perdiendo esta gimnasia, desarrollando muchos materiales mono o bi-disciplinares sobre la ciencia y/o la tecnología. Nos referimos particularmente a miradas sociológicas, económicas, o desarrollos sobre políticas de ciencia y tecnología.

¿Es posible acoger al arte como un camino de investigación y conocimiento dentro del campo CTS? ¿Es posible que la estética forme parte del universo filosófico que se ocupa del derrotero de la ciencia y la tecnología, o al menos de los rasgos estéticos de los entornos vitales en los que nos desplegamos?

¿Es posible concebir a la ciencia sin la estética? ¿Es posible concebir a la tecnología sin el arte?

¿Se trata de la demarcación del campo, o más bien de no contar con polímatas en nuestras comunidades profesionales y de práctica?

CONCLUSIÓN

Más que una conclusión, necesitamos una pausa en la reflexión. Muchas veces encontramos que lo novedoso puede generar disturbios en nuestras estructuras, y otras veces pueden resultar tan atrapante como ajeno. El propósito de este artículo no es sentar las bases epistemológicas para la inclusión de la estética o el arte como otros campos concurrentes con los estudios CTS. Por el contrario, se trata de una exploración sobre prácticas y campos que eventualmente pueden ser decisivos en algunos de los fenómenos típicos del campo, como la producción tecnológica. También es otro intento por desarmar la jerarquización entre ciencia y tecnología tan habitual dentro del campo. Y finalmente, luego de una buena pausa, tal vez comenzar a vislumbrar que el arte puede proporcionarnos un entendimiento del mundo que la ciencia no puede.

El campo CTS fue madurando. Lo que fue una promesa inicial (cumplida) de espacio abierto e interdisciplinar, hoy parece haberse

consolidado en algunas líneas principales que le otorgan una identidad que no se ocupa demasiado de algunas relaciones CTS (internas y externas) que consideramos esenciales. La expresión artística y la estética pueden ser algunas de ellas, pero aún sin aceptar este punto, podremos reconocer un articulador clave: el diseño, que sin dudas es una actividad esencial en cualquier fenómeno sociotécnico y en el desarrollo tecnológico, y que tiene la potencia de modelar nuestro entorno vital y nuestra forma de vida.

La incorporación de polímatas en este trabajo está directamente relacionada con nuestra cercanía a la educación y la preocupación por el futuro, cuestiones que han sido de interés de Alejandro Piscitelli quien propone “sembrar polímatas” y que recientemente ha publicado una idea sugerente y perfectamente alineada con nuestras especulaciones disciplinares: deberemos ser antidisciplinares (Piscitelli, 2023, 110).

A medida que los campos de estudio se consolidan, suelen definir cáscaras cada vez más duras. Pero la búsqueda por una mejor y más amplia articulación puede mantener el fruto en crecimiento. Quizás parte del crecimiento es aprovechar la oportunidad de establecerse como una hermenéutica sobre las fuerzas que conforman nuestra época desde nuestras acciones técnicas, inseparables del arte y el diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, Wakas. (2018). *The polymath. Unlocking the Power of Human Versatility*. John Wiley & Sons Ltd.
- Brockman, John. (1991). *The emerging third culture*. <https://www.edge.org/the-third-culture>
- Buckminster Fuller, Richard. (1975). Everything I know—Session 2. *The Library of Consciousness*. <https://www.organism.earth/library/document/everything-i-know-2>
- Burke, Peter. (2022). *El polímata*. Alianza Ensayo.
- Ede, Sian. (2005). *Art and Science*. I.B.Tauris & Co Ltd.
- Eisner, Elliot. (2002). *The arts and the creation of mind*. Yale University Press/New Haven & London.
- El artista como inventor. (1969). *El Correo de La UNESCO*, XXII(5).
- Ferguson, E. (1994). *Engineering and the mind's eye*. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/9780262560788/engineering-and-the-minds-eye/>
- Ferguson, Scott, Drobac, Kye y Bryden, Kenneth (2023). *Solving tomorrow's design challenges requires new tool for large world decision-making*. International Conference on Engineering Design, ICED23, Bordeaux, France. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.320>

- Flusser, Vilém. (1999). *The Shape of Things A Philosophy of Design*. MPG Books Group.
- Foqué, Richard. (2010). *Building Knowledge in Architecture*. University Press Antwerp.
- Giuliano, Gustavo. (2016). *La Ingeniería. Una introducción analítica a la profesión*. Nueva Librería.
- Giuliano, Gustavo, Giri, Leandro, Nicchi, Fernando, Weyerstall, Walter, Ferreira Aicardi, Fabiana, Parselis, Martín y Vasen, Federico. (2022). Critical Thinking and Judgment on Engineer's Work: Its Integration in Engineering Education. *Engineering Studies*, 14(1). <https://doi.org/10.1080/19378629.2022.2042003>
- Hanrahan, Siun. (2000). An Exploration of How Objectivity Is Practiced in Art. *Leonardo - The MIT Press*, 33(4), 267–274. <http://www.jstor.org/stable/1576900>
- Kelly, Kevin. (1998). The Third Culture. *Science*, 279(5353). <https://www.science.org/doi/10.1126/science.279.5353.992>
- Lipovetsky, Gilles y Serroy, Jean. (2015). *La estetización del mundo*. Anagrama.
- Munari, Bruno. (2008). *Design as art*. Penguin Group.
- Niiniluoto, Ilkka (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, CLVII(620), 285–299.
- Norman, Don (2023). *Design for a Better World*. MIT Press.
- Ortega y Gasset, José (2004). *La rebelión de las masas*. RBA Coleccionables.
- Papanek, Viktor (2014). *Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social*. (2nd ed.). Pol-len edicions.
- Parselis, Martín (2016). *Las Tecnologías Entrañables como marco para la Evaluación Tecnológica* [Universidad de Salamanca]. <http://hdl.handle.net/10366/133006>
- Parselis, Martín (2017). Repensando la relación entre diseñadores y usuarios a través de las tecnologías entrañables. In *Tecnologías Entrañables ¿es posible un modelo alternativo de desarrollo tecnológico?* (pp. 54–80). Organización de Estados Iberoamericanos - Catarata.
- Parselis, Martín (2018). *Dar sentido a la técnica ¿pueden ser honestas las tecnologías?* Organización de Estados Iberoamericanos - Catarata.
- Piscitelli, Alejandro (2023). *Polímatas. El perfil antidisciplinario del trabajador del futuro*. Santillana.
- Quintanilla, Miguel Angel. (2009). *Tecnologías Entrañables*. Publico. Es. <http://blogs.publico.es/delconsejoeditorial/351/tecnologias-entranables/>

- Reising, Ailín (2009). La reunificación de las “dos culturas” a través de la vía tecnológica. In F. Tula Molina, Fernando y Giuliano, Gustavo (Eds.), *Culturas Científicas y Alternativas Tecnológicas, I Encuentro Internacional*. Buenos Aires (p. 8). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Schön, Donald (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. Basic Books, Inc.
- Shlain, Leonard (1991). *Art & Physics. Parallel visions in space, time and light*. Willima Morrow and Company Inc. New York.
- Simon, Herbert (2006). *Las ciencias de lo artificial*. Editorial Comares.
- Snow, Charles Perry (1988). *Las dos culturas*.
- Vincenti, Walter (1993). *What engineers know and how they know it: Analytical studies from aeronautic history*. John Jopkins University Press.

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32052>

LA BELLEZA E IMPORTANCIA DE LAS REVISTAS CIENTÍFICAS

The Beauty and Importance of Scientific Journals

Germán Octavio LOPEZ RIQUELME

Laboratorio de Socioneurobiología, Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas, UAEM. Edificio 41, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C.P. 62209

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8031-4522>

Héctor SOLÍS-CHAGOYÁN

Laboratorio de Neurobiología Cognitiva, Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas, UAEM. Edificio 41, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C.P. 62209

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0692-6931>

Diana Verónica CASTILLO PADILLA

Laboratorio de Neurobiología Cognitiva, Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas, UAEM. Edificio 41, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C.P. 62209

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8840-4939>

Nino Angelo ROSANÍA-MAZA

Facultad de Filosofía, Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, Cra. 8h # 172-20, Bogotá, Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9123-8860>

Recibido: 10/04/2024

Revisado: 25/07/2024

Aceptado: 30/07/2024

RESUMEN: Durante más de 300 años, las revistas académicas han sido el principal medio de comunicación en todas las disciplinas para difundir los descubrimientos y avances científicos, tanto teóricos como metodológicos, a través del artículo científico, ya que han cubierto todas las funciones de la generación del conocimiento. La escritura de artículos es el punto culminante del proceso de investigación y, a través de ella, no sólo compartimos ideas y fomentamos el espíritu del intercambio libre y cooperativo de información, sino que también alimentamos el proceso de autocorrección que hace poderosa a la ciencia. Para que puedan ser compartidos a la comunidad, los artículos deben pasar por un proceso atribución de autoría, certificación de la validez, difusión, distribución y archivado del conocimiento. A lo largo de la historia, las revistas científicas han pasado por diferentes etapas y por diferentes problemáticas inherentes al proceso editorial. En este ensayo sobre las publicaciones científicas, reflexionaremos sobre la naturaleza de las publicaciones, su importancia y utilidad tanto social como económica, su lado menos luminoso así como su papel, como mecanismo sistémico y casi irremplazable, en la generación y transmisión de la cultura científica, de nuestro conocimiento y entendimiento sobre el mundo y sobre nosotros mismos.

Palabras clave: publicaciones académicas, revistas científicas y desarrollo, artículos científicos, ciencia y economía, comunicación científica, editoriales comerciales y no-comerciales, economía política de la ciencia, revistas depredadoras.

ABSTRACT: For more than 300 years, academic journals have been the main means of communication in all disciplines to disseminate scientific discoveries and advances, both theoretical and methodological, through scientific article, since they have covered all the functions of knowledge generation. Writing articles is the highlight of the research process and through it we not only share ideas and foster the spirit of free and cooperative exchange of information, but also fuel the process of self-correction that makes science powerful. To be shared with the community, articles must go through a process of attribution of authorship, certification of validity, dissemination, distribution and archiving of knowledge. Throughout history, scientific journals have gone through different stages and through different problems inherent to the editorial process. In this essay on scientific publications, we will reflect on the nature of publications, their importance and usefulness both social and economic, their less luminous side as well as their role, as a systemic and almost irreplaceable mechanism, in the generation and transmission of scientific culture, of our knowledge and understanding about the world and about ourselves.

Keywords: academic publications, scientific journals and development, scientific articles, science and economics, scientific communication, commercial and non-commercial publishing houses, political economy of science, predatory journals.

Dichas o escritas, las palabras avanzan
y se inscriben una detrás de otra en su espacio propio:
la hoja de papel, el muro de aire.

Octavio Paz
El mono gramático

1. INTRODUCCIÓN

Nuestra cultura y el avance del conocimiento ha dependido casi por completo de la palabra escrita: libros y artículos contienen todo lo que sabemos del mundo, organizado en diversos campos del conocimiento, artes, humanidades o ciencia. Todo el trabajo de un científico que involucra elegir un tema, plantear un problema, diseñar su correspondiente investigación teórica o experimental, ejecutarla, obtener y analizar datos e interpretarlos, se resume en una publicación en forma de un artículo que se escribe con la intención de ser enviado a una revista especializada para su publicación ulterior. Aunque gran parte de las ideas y procedimientos llevados a cabo quedan plasmados en dicha publicación, en realidad, nunca evidencia toda la complejidad, las dificultades, los detalles cotidianos e incluso los pesares ocurridos durante el tiempo que el trabajo ha sido llevado a cabo desde su concepción. Medawar (en Meadows, 1985) se preguntaba si el artículo científico era un fraude, refiriéndose justamente a esto, ya que los artículos científicos cuentan un relato demasiado aséptico y racionalizado del proceso de investigación real, un tipo de ideal de investigación que no incluye los problemas reales ocurridos en las diferentes etapas del proceso. De cualquier manera, los académicos nos sentimos orgullosos de nuestros artículos al verlos publicados en el formato de la revista y de compartir con otros colegas, las ideas, el trabajo experimental realizado y los descubrimientos, pequeños o grandes.

Aunque durante la formación de grado y posgrado, los científicos tenemos que realizar trabajos escritos, proyectos o ensayos, en realidad, pocas veces se nos capacita formalmente para ejercer la escritura a pesar de que es el punto culminante del proceso de investigación y de

que, a través de ella, no sólo compartimos ideas y fomentamos el espíritu del intercambio libre y cooperativo de información, sino que también alimentamos el proceso de autocorrección que hace poderosa a la ciencia al someter nuestro trabajo (ideas, teorías y métodos en los artículos) al escrutinio de colegas experimentados del mismo campo de conocimiento y a la potencial replicación que confirmará o refutará los resultados. No obstante que existe una plétora de libros sobre ciencia, epistemología de la ciencia y método científico, son menos populares aquellos sobre los artículos y las publicaciones *per se* como objeto de análisis y reflexión, a pesar de ser el punto culminante del proceso creativo y metodológico del quehacer científico. En este breve ensayo sobre las publicaciones científicas, reflexionaremos sobre la naturaleza de las publicaciones, su importancia y utilidad, su lado menos luminoso así como su papel, como mecanismo sistémico y casi irremplazable, en la generación y transmisión de la cultura científica, de nuestro conocimiento y entendimiento sobre el mundo y sobre nosotros mismos.

2. EL ASCENSO DE LA CIENCIA: LAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS

Aunque el espíritu de intercambio de conocimiento y la publicación del trabajo científico nos parece normal hoy en día, no siempre fue así. El alcance de la difusión del conocimiento fue limitado en la antigüedad debido a las dificultades técnicas de la manufactura de libros o debido a la secrecía con la que se manejaba el conocimiento, como ocurría, por ejemplo, durante la Edad Media (Bernal, 1989). Numerosos libros que marcaron hitos importantes fueron publicados antes de la llegada del método experimental impulsado por Galileo y los nuevos filósofos experimentales del Renacimiento. Estos nuevos filósofos naturales eran médicos, abogados, comerciantes o nobles, como Copérnico, William Gilbert, William Harvey, Pierre de Fermat, Tycho Brahe y Johannes Kepler, por mencionar sólo algunos. No obstante que estos nuevos científicos eran pocos, mantenían contacto unos con otros debido precisamente a las facilidades que proporcionaba su pequeño número. Con el creciente interés en la ciencia, la cantidad de personas que realizaban investigaciones y experimentos fue en aumento y, como se reunían frecuentemente para discutir e intercambiar sus ideas, pronto consideraron la creación de una organización con el propósito de entender los fenómenos de la naturaleza a través de la experimentación y compartir sus propias experiencias. La fundación del Gresham College en Inglaterra a finales del siglo XVI fue un hito fundamental en la historia de la ciencia, ya que fue la primera institución en la

que oficialmente se enseñaba la nueva ciencia y porque, posteriormente, incorporó a la Real Sociedad de Londres para el Avance del Conocimiento Natural cuando ésta se fundó en 1660, asociación vaticinada por Francis Bacon y su visión sobre la necesidad de crear instituciones oficiales para el desarrollo de la ciencia. Así, además de la incorporación de las ciencias a las universidades, surgieron también sociedades científicas, como la Real Sociedad (financiada con las aportaciones de sus miembros) y la Académie des Sciences de París (una organización gubernamental financiada por el rey), cuyos miembros estuvieron interesados en esta nueva forma de conocimiento, convirtiendo a la ciencia en una institución descentralizada y distribuida multinacionalmente con autoridad suficiente como para hacer frente a la charlatanería (Bernal, 1989). Desde que comenzaron a reunirse estos filósofos naturales, tanto en Inglaterra como en Francia, para mostrar sus experimentos o intercambiar ideas y conocimiento, tuvieron la inquietud de comunicar todo aquello que ocurría en las reuniones a sus colegas ausentes, o a aquellos ubicados en otros países, a través de cartas informales que, después, se hicieron cada vez más regulares convirtiéndose en antecesoras de las revistas científicas y formando grandes redes de correspondencia.

3. LAS REVISTAS CIENTÍFICAS

La primera revista científica publicada oficialmente fue el *Journal des Sçavans*, editada por Denis de Sallo y aparecida en 1665 en París, la cual incluía contenido no científico, como catálogos de libros publicados en Europa, obituarios de famosos y listas de sus publicaciones, e informes legales, y también tenía contenido científico, pues daba a conocer los experimentos de física y química que explicaban el funcionamiento de la naturaleza. Durante la Revolución Francesa la revista cesó su publicación, pero al terminar la revolución reapareció en 1797 como el *Journal des Savants*, la cual todavía se publica como una revista de humanidades. Antes de la aparición del primer número del *Journal des Sçavans*, Henry Oldenburg, filósofo natural alemán y secretario de la Real Sociedad de Londres y cercano a Robert Boyle, fue invitado como un colaborador y corresponsal inglés para dicha revista con la misión de informar sobre nuevos libros y descubrimientos científicos en Inglaterra. Esta invitación le recordó a Oldenburg una vieja idea que había tenido unos años antes y que había compartido con Boyle, la de publicar un boletín informativo sobre noticias literarias y del Estado. Con el primer número del *Journal des Sçavans* publicado en enero de 1665 y lleno de entusiasmo por las

reuniones de la Real Sociedad, Oldenburg anunció a sus colegas que iniciaría su propia revista, la cual incluiría temas filosóficos y experimentos de ciencias naturales realizados en las reuniones de la Real Sociedad. El 1 de marzo de 1665, Oldenburg presentó el primer número de su nueva revista *Philosophical Transactions: Giving some Accompt of the Present Undertakings, Studies and Labours of the Ingenious in Many Considerable Parts of the World*, la primera revista científica con una gran historia y enorme prestigio (Issac Newton y Charles Darwin publicaron en ella) que aún continúa publicándose. Aunque, obviamente la *Philosophical Transactions* no era una revista como las que conocemos hoy en día, ya que no había procesos formales de envío y Oldenburg realizaba todas las tareas, editor, compilador e incluso se autonabraba autor, sí fue el antepasado directo de ellas así como de las investigaciones revisadas por pares. El contenido incluía adaptaciones de la correspondencia que Oldenburg sostenía con una amplia red de personas que realizaban experimentos, reseñas de libros e informes de experimentos realizados en la Royal Society y en otros lugares (Fyfe et al., 2015a). Con el tiempo, el contenido de las revistas fue cambiando y formalizándose, dominando el formato de informe de investigación, el cual fue el ancestro directo del artículo científico original que conocemos hoy en día.

Hacia el siglo XVIII, el entusiasmo por la ciencia se desbordaba y el público interesado se hacía más abundante. Al principio, sólo había cuatro revistas científicas, pero hacia 1800 ya se conocían más de setenta revistas especializadas. A inicios del siglo XIX, surgió la organización del conocimiento en campos y disciplinas que conocemos actualmente, la cual fue haciéndose cada vez más compleja. En Inglaterra, Francia, y también en América, surgían sociedades científicas por todos lados. Aunque la revista científica más antigua de Estados Unidos es el *American Journal of Science* fundado en 1818 por Benjamin Silliman, revista dedicada a la geología que aún se sigue editando, no es la revista más antigua de América. La primera revista americana, surgida en países de dominio portugués y español, fue el *Mercurio Volante*, un tipo de periódico de física y medicina creada por José Ignacio Bartolache de México en 1772 que sólo duró unos meses (Bartolache, 1993). Posteriormente, José Antonio Alzate y Ramírez, científico y filósofo pariente de Sor Juana Inés de la Cruz, interesado no sólo en la investigación, sino también en la difusión del conocimiento, creó varias publicaciones periódicas (Alzate, 1768; Alzate, 1980; Alzate, 1985). En 1768 lanzó el *Diario Literario de México*, que publicaba noticias de ciencia y tecnología, pero fue suprimido por el virrey de Croix el mismo año. Posteriormente, en 1772 inició *Asuntos varios sobre ciencias y artes*, que también fue suprimido por el

gobierno en 1773. Después de esto, inició una tercera publicación periódica en 1787, *Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles*, que incluía artículos extensos y que se canceló en 1788 por decisión del propio Alzate.

Durante el siglo XX, las publicaciones científicas se consolidaron como el principal medio para difundir el conocimiento generado a través de la investigación, lo cual fue un factor importante en la profesionalización de la ciencia, ya que propició la delimitación entre ciencia popular y la investigación de frontera, aumentando la especialización de la investigación y promoviendo la proliferación de disciplinas (Larivière et al., 2015). Durante los siglos posteriores al origen de las primeras sociedades científicas, las universidades se reorganizaron tanto epistemológica como físicamente para albergar los campos de conocimiento crecientes que dieron origen a las disciplinas, y los filósofos naturales pasaron de ser burgueses o comerciantes interesados en la nueva filosofía a profesionales de la ciencia. Conforme emergían las disciplinas y las asociaciones científicas, y la ciencia se volvía parte de las universidades, los nuevos académicos comenzaron a controlar la relevancia del conocimiento de cada campo, surgiendo las autoridades científicas. Esto produjo cambios importantes. En primer lugar, el establecimiento de las asociaciones científicas (y sus jerarquías de autoridad), las cuales asumieron la publicación de revistas especializadas. En segundo lugar, las universidades institucionalizaron el conocimiento organizándolo y acomodándolo (de manera epistemológicamente coherente) en campos y sus correspondientes disciplinas con el objetivo de generar nuevo conocimiento y enseñarlo a estudiantes para producir nuevos investigadores profesionales (Weingart 2010). No obstante que la mayoría de las revistas científicas fueron creadas por sociedades científicas con el espíritu del intercambio de conocimiento, una proporción importante de revistas de la época victoriana fue publicada por empresas comerciales, cuyos procesos de publicación y difusión fueron, desde el inicio, más eficientes, pero con un interés económico (Larivière et al., 2015).

4. COMUNIDADES EPISTÉMICAS: LAS CULTURAS DE LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS

Toda la complejidad y ultraespecialización dentro de los campos y las disciplinas es producto de un proceso evolutivo, muy similar a la evolución biológica, que ha llevado a la divergencia y al desarrollo de la enorme diversidad de disciplinas y especializaciones actuales, e incluso

a la extinción de algunas. A partir de la división del trabajo cada vez más sofisticada, la investigación se ha vuelto más compleja y organizada en una plétora de actividades cada vez más especializadas.

Conforme aumentó la especialización, se formaron nuevas disciplinas y subdisciplinas que requirieron nuevos métodos e instrumentos, así como nuevos conceptos y cuerpos teóricos empleados por los especialistas de cada campo, y cada vez menos por los especialistas de otras disciplinas, formando tribus académicas (Becher, 2001; López-Riquelme, 2024) o culturas epistémicas (Cetina, 1999), cuyos miembros tienden a defender tenazmente su territorio académico (López-Riquelme, 2024; López-Riquelme & Delgado-Villalobos, 2021). La alta especialización de las disciplinas ha conducido al establecimiento de fronteras entre ellas, debido a la comunicación autorreferencial. Dado que el lenguaje empleado por cada disciplina se ha construido a partir de su propio desarrollo conceptual y teórico, es decir, es autorreferencial, se ha especializado y alejado de aquellos provenientes de otras disciplinas, por lo que la evolución de la investigación ha producido fronteras comunicativas entre disciplinas. Esto puede observarse en las revistas especializadas y en las asociaciones académicas, para las cuales sus propias comunidades disciplinares constituyen su público relevante. Estas fronteras de comunicación son tan claras y los lenguajes tan diferentes que pueden reconocerse distinciones en la escritura de estudiantes de disciplinas duras, blandas, puras y aplicadas, lo cual refleja diferencias interesantes en procesos mentales y formas de pensar implicadas en la construcción del conocimiento que se aprenden durante la formación universitaria (Holmes & Nesi, 2009). Esto también es conocido como ideologías lingüísticas, es decir, representaciones lingüísticas explícitas o implícitas relacionadas con una cultura específica: su identidad, moral y epistemología (Schieffelin et al., 2012), es una forma de epistemología ideológica (Clark & Winegard, 2020; López-Riquelme, 2024).

No obstante lo anterior, el componente ideológico de las disciplinas no se limita al lenguaje, sino a todo lo que representa. Las disciplinas tienen una estructura tribal e ideológica, es decir, tienen componentes de identidad (nosotros *versus* ellos), un *ethos* (moral y práctica) y narrativas fundacionales moralizadoras (López-Riquelme, 2024). Las disciplinas no son dimensiones aisladas de conocimiento, sino organizaciones humanas difusas estrechamente relacionadas a partir de las ideas (dispositivos cognitivos) que practican y hacen crecer, y con las cuales plantean y resuelven problemas del mundo, que, cognitivamente, tienen semejanzas con una ideología (López-Riquelme, 2024). Desde el punto de vista sociológico, las disciplinas son unidades sociales compuestas de individuos

similarmenete expertos que hacen uso de esos dispositivos cognitivos compartidos que les permite identificar problemas similares y métodos para su solución, desarrollando y refinando esos dispositivos (Becher, 2001). La ciencia es parte de la cultura de una sociedad, es un sistema social con una estructura jerárquica, tribal, con reglas, costumbres, creencias, valores, tradiciones y dinámicas complejas que son vinculantes para los científicos. De hecho, existe una asombrosa similitud entre la devoción hacia una nación y hacia una disciplina: en ambos casos se presentan padres fundadores venerados y respetados, mitos fundacionales que incluyen narraciones heroicas del papel de sus fundadores, un tipo de ideología que integra las normas de comportamiento de los individuos y la defensa férrea de su territorio o del campo académico (Giddens, 1997; López-Riquelme, 2024).

No obstante que la práctica disciplinaria ha producido conocimiento cada vez más profundo y complejo en cada campo particular de investigación, también ha limitado el contacto entre disciplinas, cercanas y, principalmente, lejanas. Así pues, la propia evolución de las disciplinas en campos especializados así como su organización tanto física como epistemológica en las universidades y asociaciones académicas, ha producido en las últimas décadas una gran diversidad de subculturas académicas desconectadas entre sí y cuyos cuerpos teóricos y productos son elaborados y consumidos principalmente al interior de cada disciplina. Rara vez, los miembros de un laboratorio, área o departamento saben lo que hacen los miembros de otro, más aún si pertenecen a mundos tan diferentes como las ciencias y las humanidades, las dos grandes culturas del conocimiento que propuso Snow en 1959 (Snow, 2006).

Estas no fueron las únicas fronteras que se generaron, ya que, debido a la alta especialización del lenguaje científico y de sus cuerpos teóricos, la comunicación científica también se cerró para los legos. Además, del esfuerzo colectivo de objetividad de la comunidad académica, hacia finales del siglo XIX, surgió un estilo de escritura científica impersonal y estandarizado, desapasionado comparado con la prosa isabelina de las antiguas revistas científicas (Gross et al., 2002). Durante el siglo XVIII, tanto libros como artículos estaban dirigidos a la sociedad en general, pero, poco a poco, la especialización técnica y teórica fue alejando al público general de las publicaciones científicas. La ciencia, que había surgido del interés de la sociedad, ahora le cerraba sus puertas debido a la alta especialización, convirtiéndose en una fuerza tras bambalinas de cambio social e impulsora del conocimiento y la industria. Para subsanar esta brecha, la divulgación científica se ha constituido como una

actividad enfocada en traducir la especialización y complejidad teórica del conocimiento científico al público en general y también a los especialistas de disciplinas diferentes (Weingart 2010).

5. LA IMPORTANCIA DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Thomas Henry Huxley afirmaba que uno de los papeles centrales de las revistas científicas es el registro del progreso de las ciencias (Fyfe et al., 2015b). Esto es cierto, tanto en la profundidad del conocimiento del mundo que desarrolla como en la organización y las formas sociales con las que se genera y se comunica ese conocimiento. El establecimiento de las revistas científicas como medio de comunicación científica cambió drásticamente el proceso por medio del cual los académicos difundían sus estudios: de la correspondencia personal a través de cartas, reuniones de sociedades y libros monográficos a un sistema colectivo, estructurado, regular y rápido de distribución de avances científicos que implica una amplia distribución, y un registro y archivo sistemático de descubrimientos y del conocimiento científico (Larivière et al., 2015). Pero las revistas científicas no sólo constituyeron un registro de descubrimientos, sino que también fomentaron la teorización, creando modelos más adecuados y predictivos del mundo, lo cual incide directamente en el desarrollo tecnológico y, por ende, en el económico.

El artículo científico es el producto fundamental en la ciencia: se difunde el conocimiento, teórico o técnico, generado de manera que todos los miembros de la comunidad pueden conocerlo, se acumula el conocimiento en un campo científico, se evita que se repitan investigaciones en un mismo tópico y se mantiene el proceso de autocorrección de la ciencia. Este proceso de autocorrección inicia con la revisión por pares. Durante el proceso editorial, los artículos enviados a una revista se mandan a especialistas en el tema para que sean revisados y, en su caso, corregidos para que, al final, el editor de la revista decida qué artículos serán publicados. Aunque se ha criticado recientemente el proceso de revisión por pares tanto por la gratuidad del trabajo realizado por los revisores como por las cada vez más frecuentes fallas encontradas en el proceso (por ejemplo, rechazos o aceptaciones sin sentido, demoras por revisores rivales, o los recientes y escandalosos casos de artículos que han sido elaborados con ayuda de generadores de textos que emplean inteligencia artificial), sigue siendo el único método aceptado para la validación de una investigación.

Además, la publicación académica es una forma de prestigio y de obtención de beneficios en diversos niveles. Para el investigador, los beneficios provienen del reconocimiento, gloria, admiración, fama, valor profesional, curiosidad, avances en su carrera, remuneración. Para la institución de la cual forma parte, para su comunidad y para su nación implican mejoras culturales y mejoras en civilización, reputación y reconocimiento, superioridad científica y tecnológica, creación de bienestar y desarrollo económico, dominancia y poder socioeconómico (Coccia, 2018). Pero, además y principalmente, la publicación académica es parte de un complejo sistema que participa en la difusión del conocimiento que favorece el desarrollo cultural, económico y el bienestar de una sociedad. Aunque la cultura académica proviene de los eruditos voluntarios de los siglos XVIII y XIX, cuyo *ethos* siempre fue el deseo de desentrañar los secretos de la naturaleza y el intercambio no comercial de conocimientos, las sociedades académicas y las universidades sin fines de lucro (Fyfe et al., 2017), el aparato científico-tecnológico tiene enormes implicaciones económicas. Desde la revolución industrial, el efecto de la ciencia y la tecnología ha sido principalmente el aumento de la manipulación de la naturaleza a través de su comprensión profunda, y la capacidad de predicción que de ella se deriva, lo cual ha transformado todas las esferas de la vida humana y su organización social.

Por su naturaleza, la ciencia es un fenómeno social implicado en una amplia gama de ámbitos de una sociedad. En principio, aunque la ciencia tiene un impacto en la economía y la política, es parte de la cultura de una sociedad (Merton, 1973). De acuerdo con Bunge (1998), la ciencia básica, la aplicada, la tecnología y la industria se encuentran vinculadas, de manera que, aunque diferentes, son insolubles y es a partir de su interacción que la ciencia básica tiene efectos en los sistemas de producción. Además, es necesario considerar la filosofía y a la ideología, primero, porque ninguna investigación científica carece de supuestos filosóficos acerca de la naturaleza, y, segundo, porque la ideología determina los valores con los que se desarrolla la ciencia y la tecnología en un sistema político (Bunge, 1998; López-Riquelme, 2024). No hay ámbito social que no haya sido impregnado por la ciencia: el desarrollo del aparato científico-tecnológico, universidades, centros e institutos de investigación, ha invadido de uno u otro modo todos los ámbitos sociales. Mientras más desarrollada sea la ciencia en una sociedad, más sistémica e interrelacionada se encontrará con los subsistemas de dicha sociedad y, por tanto, tendrá una mayor cantidad y calidad de productos científicos, principalmente publicaciones.

6. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, LIBERTAD ACADÉMICA Y DESARROLLO ECONÓMICO

Como productos finales de la comunicación científica, los artículos son indicadores de la robustez de la estructura científica de las naciones y también parte del impacto de la ciencia en la cultura, la industria y la economía. Por ende, el número de publicaciones de un país puede ser un indicador del desarrollo del aparato científico-tecnológico y de su economía. Por ejemplo, de acuerdo con Curcic (2023), los seis países que más revistas publican son: Reino Unido tiene 5,856 (12.53% del total de publicaciones) y tiene un PIB de 2.915, Estados Unidos cuenta con 5,712 (12.22%) y un PIB de 3.457, Países Bajos tiene 1,372 (2.94%) con un PIB de 2.269, Alemania con 1,339 (2.87%) y un PIB de 3.129, Suiza tiene 805 (1.72%) con un PIB de 3.359, y China 637 (1.36%) con un PIB de 2.433. Se ha encontrado que la inversión en investigación y desarrollo, medida como el número de artículos científicos publicados por un país, se correlaciona fuertemente con el tamaño de la economía de dicho país, lo cual es más marcado en países con economías emergentes (Arana-Barbier, 2023; Rodríguez-Navarro & Brito, 2022). Como ejemplo, los tres países con mayor número de publicaciones por año en el 2020 fueron China, Estados Unidos y Reino Unido; precisamente China y Estados Unidos son los países que más invirtieron en investigación y desarrollo y también tuvieron el mayor producto interno bruto de ese año (PIB) (OECD, 2024). La India, como una economía emergente, ocupó la cuarta posición a nivel mundial en artículos y tiene la sexta posición en PIB a nivel mundial, mientras que México estuvo en la posición 29 en número de publicaciones y el lugar número 16 en PIB de ese año. En términos del impacto de las publicaciones, hay datos que relacionan el porcentaje de citas de las publicaciones de un país y su porcentaje de crecimiento anual: por ejemplo, Corea del Sur tuvo en el 2013 un crecimiento anual del 11.59% y un porcentaje de citas del 1.44, mientras que China tuvo un crecimiento de 11.57% y 3.59% de citas, Brasil un crecimiento de 6.61% y 0.95% de citas, mientras que México presentó un crecimiento de 7.38% y 0.36% de citas, y Estados Unidos tuvo un crecimiento de -2.25% con un porcentaje de citas de 29.35%. Estos datos muestran que los países en desarrollo reducen su brecha científica cuando invierten más en investigación y desarrollo cuyo impacto crece más del doble que la tasa de desarrollo de países del mundo desarrollado (Gonzalez-Brambila et al., 2016).

Así, aunque estemos enamorados del estereotipo del científico abnegado que hace su ciencia sólo por amor al conocimiento, la realidad es que en las sociedades modernas, el desarrollo científico no sólo se debe

al esfuerzo individual de los académicos, sino a los esfuerzos sociales y organizados de las naciones para generar sistemas de producción de conocimiento enlazados con los sistemas de aplicación y desarrollo tecnológico que impactan directamente en la industria, la producción y la economía. Así, la publicación científica, incluso de ciencia básica, tiene un alto impacto en la investigación aplicada, lo cual favorece el crecimiento económico, probablemente no en el corto plazo, pero sin duda, en el mediano o en el largo (Barret et al., 2021; Prettner & Werner, 2016). Por ello, tanto la política y la ideología dominantes de una nación, así como la educación de una sociedad (que influye en el entendimiento y apreciación de la ciencia), de sus universidades y centros generadores de conocimiento así como de los descubrimientos científicos, determinan el desarrollo de la investigación científica de una nación (Coccia & Wang, 2016). Una sociedad desinformada y desconectada de su sistema científico-tecnológico, es decir, analfabeta científicamente, no lo apreciará y, por ello, no entenderá ni valorará la relevancia de los esfuerzos realizados por los investigadores dentro de sus laboratorios ni del significado completo de una publicación científica. De hecho, es muy posible que ni siquiera esté enterada de que se realiza dicha investigación a pesar de ser parte esencial de la vida de una sociedad.

La ciencia no es un lujo, es una necesidad, no porque resuelva de inmediato los problemas nacionales, sino porque satisface la necesidad cognitiva de conocer y saber, lo cual es fuente del mejoramiento del intelecto de una sociedad que cultiva la libertad científica. La función más relevante de la ciencia es la educación. Además de hacernos ver el mundo diferente, los avances científicos siempre han propiciado el desarrollo social, cultural y, finalmente, el tecnológico. A través de la enseñanza del método crítico de la ciencia, y no sólo de sus descubrimientos, formamos humanos pensantes y críticos que ejercen su ciudadanía responsablemente; ciudadanos difíciles de ser engañados y manipulados por charlatanes y políticos. Por ello, es fundamental preservar la libertad académica (López-Riquelme, 2021). Desde el origen de las academias griegas de los antiguos filósofos, todos los logros del conocimiento han estado basados en la libertad de la inteligencia y la creatividad humanas y nuestro deseo de comprender el mundo y nuestra condición humana (Rull, 2016). La libertad de investigación es fundamental en todas las sociedades democráticas, además del motor del progreso social y tecnológico, es decir, el desarrollo del mejor ambiente posible para todos los humanos. Es en estas sociedades en las que la investigación prospera y se desarrolla mejor, ya que garantiza constitucionalmente la libertad de investigación al nivel de un derecho fundamental como la libertad de pensamiento y expresión (Vrieling et al., 2011).

Aunque podamos creer que las presiones y la persecución científica son cosa del pasado y sólo están en los libros de historia de la ciencia, como el proceso del que fue objeto Galileo, la libertad de investigación, así como la ciencia misma, continúa amenazada no solamente por los profetas sociales, como Freeman Dyson los llamó, quienes consideran la ciencia y la tecnología como una fuerza destructiva y no liberadora que debe ser vigilada por el estado, sino también por la ciencia de mercado. Los primeros, inspirados en el libro “La función social de la ciencia” de John D. Bernal, y llamados bernalistas en aquella época y actualmente neobernalistas, consideran que el estado debe controlar y planear el desarrollo de la investigación científica para maximizar su utilidad y beneficios, ya que la ciencia debe servir al estado para resolver problemas sociales y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Ellos consideran que producir conocimiento no es suficiente si no hay beneficio para el pueblo. Aseguran que los científicos no deben ser libres de elegir sus temas de investigación, sino que deben someterse a la planificación central del Estado para que su trabajo pueda ser organizado para la satisfacción de necesidades (ver López-Riquelme, 2021). Por su parte, la ciencia de mercado ha transformado la investigación en una actividad empresarial en la que los investigadores e instituciones son evaluados de acuerdo con el número de publicaciones, el factor de impacto, el número de citas y otros indicadores de productividad relacionados con la aplicabilidad de su investigación que constituyen la base para el acceso a fondos para su trabajo (Rull, 2014, 2016). Gradualmente, las instituciones de investigación, universidades y agencias de financiamiento, no sólo promueven, sino que, de alguna manera, coercionan a los investigadores para producir propiedad intelectual, patentes y aplicaciones comerciales derivadas de su investigación. Así, es común que los investigadores tiendan a hacer malabares argumentativos para justificar que su investigación básica tiene el potencial de ser aplicada. El problema del utilitarismo científico puede poner en riesgo la ciencia básica si los políticos son presionados para que las agencias de financiamiento dirijan los fondos hacia instituciones que hacen investigación aplicada. Tanto el neobernalismo como la ciencia de mercado, constituyen una forma de planeación de la investigación científica que vulnera la libertad académica. Las perspectivas utilitaristas, tanto marxistas como de mercado, imposibilitarían descubrimientos fundamentales para el entendimiento del universo y de nosotros mismos tales como la teoría cósmica, las leyes de la gravitación, la evolución biológica, los fundamentos neurobiológicos del comportamiento y cognición, las leyes de la herencia, la relatividad general o la mecánica cuántica, ya que ninguno fue resultado de investigaciones que pretendieran resolver

problemas prácticos o generar ganancias (Rull, 2016) sino producto de la curiosidad e imaginación de individuos deseosos de entendimiento.

En 1940, en respuesta a los bernalistas de la época, surgió la Sociedad para la Libertad de la Ciencia (SFS por sus siglas en inglés) con el fin de proteger la libertad académica (McGucken, 1978). Al expandirse la libertad por todo el mundo, la SFS se disolvió en 1963. Actualmente, no hay una sociedad como la SFS, pero sí existen embates para acotar la libertad académica por parte de los utilitaristas marxistas y de mercado. Por ello, todos los involucrados debemos ser vigilantes de que el estado garantice tanto el ejercicio de la libre generación del conocimiento como el libre acceso a él. El avance científico tendrá implicaciones en el desarrollo de una sociedad, ya que, tarde o temprano, tiene un impacto en la economía.

Aunque la investigación aplicada y la tecnología son fundamentales para que todos los productos de la innovación lleguen a la economía, la investigación básica es fundamental porque hace cada vez más grande el marco teórico de conocimientos que pueden ser útiles o necesarios para poder producir innovaciones tecnológicas que tengan un impacto económico. La investigación básica, según Barrett y cols. (2021), tiene más efectos en muchos más sectores en más países y durante más tiempo que la investigación aplicada: los artículos de ciencia básica siguen siendo citados por mucho más tiempo después de su publicación, un aumento permanente del 10% en el stock de la investigación básica de un país puede aumentar la productividad en un 0,3%. El impacto del mismo aumento en el stock de investigación básica extranjera aumenta la productividad un 0,6 %. Considérese el acelerado desarrollo de las vacunas contra el COVID-19 las cuales no sólo permitieron la reapertura de las economías, sino que también formaron nuevas, ya que incorporaron miles de millones de dólares a la economía global. Estas vacunas de ARN se basaron en décadas de conocimiento básico y aplicado acumulado en diferentes campos (Barrett et al., 2021). Así pues, contrario a las perspectivas pragmatistas de la ciencia, la utilidad es el subproducto del mejoramiento intelectual de una sociedad que cultiva la libertad científica (Bunge, 1998).

7. LA EXPLOSIÓN DE LAS REVISTAS CIENTÍFICAS Y SU LADO OSCURO

Las revistas científicas cumplen dos funciones fundamentales en el desarrollo del conocimiento: i) la comunicación de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por académicos de todo el mundo para compartirlas con la comunidad, y ii) promover el proceso de autocorrección, que es la principal fortaleza del conocimiento científico, a través del

diligente y minucioso examen que realizan los académicos del mismo campo de conocimiento que cuestionará los resultados de una investigación (tanto a través de la revisión por pares como cuando los artículos se publican). Pero, además, aunque la publicación científica constituye parte del progreso humano, también es un jugoso negocio para las empresas editoriales que concentran cada vez más las revistas científicas y, por tanto, un negocio millonario.

Existen dos categorías de revistas científicas: las que son producidas por sociedades científicas sin fines de lucro y que, incluso, pueden financiar la investigación de los miembros de su comunidad, y las que son producidas por editoriales comerciales con fines de lucro. Aunque muchas revistas, incluyendo las principales, son publicadas por sociedades científicas sin fines de lucro cuyos miembros forman parte de los comités editoriales y del resto del personal operativo, el mercado de publicaciones académicas, incluyendo aquellas de más alto impacto, está dominado por grandes corporaciones editoriales comerciales. Esto hace que el mercado no responda a los intereses de la comunidad académica porque la estructura del mercado está constituida por dos mercados interconectados, el mercado académico y el mercado comercial, los cuales funcionan con reglas y prioridades diferentes (Walport, 2003). Para el mercado académico lo más importante es la publicación de trabajos de investigación; los académicos ignoran cómo opera el mercado comercial, mientras que el mercado comercial, cuyo principal interés son las ganancias, intenta gestionar el mercado académico y controlarlo a través de servicios rápidos, la concentración de revistas y el manejo de la demanda a través del precio y el servicio a las bibliotecas académicas (Walport, 2003). Durante más de 300 años, las revistas académicas han sido el principal medio de comunicación en casi todas las disciplinas, ya que han cubierto todas las funciones de la generación del conocimiento: registro de los artículos (atribución), certificación de los artículos por medio de la revisión por pares, la difusión y distribución, la preservación y archivo del conocimiento, y la evaluación de los investigadores y sus instituciones (Eger & Scheufen, 2021).

Puesto que cada revista tiene alcances o campos limitados y dado que las disciplinas se especializan en subcampos aún más especializados, en general, las revistas no pueden sustituirse unas con otras. Esto ha conducido a la creación de nuevas revistas que deben satisfacer las demandas específicas de la academia favoreciendo la productividad científica (Zarif, 2023). Aunque es difícil determinar el número exacto de revistas académicas, en 2018 se contabilizaron 33,119 revistas activas (sin contar unas 9,732 revistas publicadas en idiomas diferentes al inglés) en todo el mundo que trabajan bajo el modelo de revisión por pares, las

cuales publican un aproximado de 3 millones de artículos al año (Eger & Scheufen, 2021), dirigidos a un público consumidor cautivo constituido por la comunidad académica de todo el mundo, es decir, los productores del contenido de los artículos, también son los consumidores: los investigadores leen las revistas académicas para poder realizar sus propias investigaciones y para poder impartir sus clases con información actualizada. Aunque existen muchos editores comerciales de revistas académicas, más de la mitad de esos 33,119 títulos son publicados principalmente por cinco poderosos grupos editoriales que controlan el mercado editorial: Elsevier (Países Bajos), SAGE (Estados Unidos), Springer (Alemania), Taylor & Francis (Reino Unido), and Wiley-Blackwell (Reino Unido). El negocio es tan lucrativo que, por ejemplo, en 2010 la editorial Elsevier obtuvo 1,000 millones de dólares en ingresos con un margen de ganancias del 26% (Phelps, 2022). Estas cinco editoriales comerciales, conocidas en conjunto como *the big five*, compartieron 51.7% del mercado de publicaciones en el 2019 (Eger & Scheufen, 2021), concentrando la mayoría de revistas a través del control del producto final de la investigación e, indirectamente, de todo el aparato científico-tecnológico con un enorme impacto global.

El poderoso oligopolio editorial de las revistas científicas ha convertido a la ciencia en un producto mercantil que representa una industria de miles de millones de dólares anuales a partir del costo que los investigadores pagan por publicar, costos exorbitantes por suscripción por biblioteca institucional y por artículo comprado debido a la cesión de copyright por parte de los autores, sin un pago por ello. Así es, los científicos cedemos todos los derechos del artículo que resume meses o años de trabajo. Todos los recursos recibidos por parte de organizaciones gubernamentales o privadas, o sociedades científicas, o por la propia institución en la que un científico labora y que se encuentran en el artículo, son, en cierta forma, cedidos a las revistas. Si los autores desean leer su propio trabajo o compartirlo con otros colegas, deben pagar por el artículo o por la suscripción a la revista para tener acceso al documento publicado, o compartirlo de manera ilegal. Aunque todo esto suene raro, durante la historia de la ciencia, las editoriales comerciales se han apoderado del producto final y más importante de la investigación: el artículo científico.

No obstante lo anterior, los autores de los artículos buscan ávidamente publicar en dichas editoriales porque obtienen recompensas: prestigio por publicar en las revistas con altos factores de impacto controladas por las poderosas editoriales (Zarif, 2023). Los investigadores necesitan que sus trabajos sean difundidos para que se les conozca, y ya que los artículos que son sometidos a revisión por pares y publicados en revistas con

altos factores de impacto garantizan la certificación independiente y la conservación a largo plazo de los resultados, permiten que los investigadores interesados en los mismos temas mantengan comunicación entre ellos favoreciendo la colaboración y mejorando las redes de investigadores en contacto. Esto beneficia a los investigadores quienes adquieren reputación, con lo que pueden ser promovidos y, con ello, pueden lograr la titularidad en sus puestos de trabajo (Forgues & Liarte, 2013). Debido a esta necesidad de los investigadores, estas editoriales se apoderan de una enorme proporción de los presupuestos de las universidades y de los recursos obtenidos por los investigadores provenientes de diversas instituciones del estado o privadas, ya que con ello pagan a las revistas para que sus trabajos sean publicados. Téngase en cuenta que las editoriales no pagan ni un centavo por las investigaciones realizadas por los académicos, por los artículos que estos mismos escriben ni por la revisión por pares que realizan otros académicos, quienes invierten mucho tiempo y esfuerzo por cada artículo revisado voluntariamente sin pago. Los revisores también aceptan ser parte de este sistema debido a que obtienen beneficios intangibles más importantes que el dinero: los revisores son conscientes de que el sistema depende de este trabajo voluntario, se mantienen al día en su campo revisando artículos y mejoran sus habilidades de escritura, pueden ir escalando posiciones dentro de una revista o sociedad, mejoran su posición dentro de su propio campo, todo lo cual les permite mejorar su posición dentro de sus lugares de trabajo (Forgues & Liarte, 2013). Como las publicaciones de las revistas son bienes de información que no se desgastan con el uso (no se devalúan) y, puesto que los costos invertidos por las editoriales se han reducido debido a la creciente publicación en línea (ya que no se requieren de los costosos procesos de impresión de revistas), pueden ser reproducidos a muy bajo costo aumentando el margen de ganancia (Zarif, 2023). A pesar de esto, el precio de las revistas académicas ha aumentado dramáticamente, por ejemplo, de 1986 a 2001, aumentó un 226%, con un aumento anual promedio de 7.6% (Forgues & Liarte, 2013).

Con un mercado en aumento debido a la creciente comunidad académica en todo el mundo, los procesos de las editoriales dominantes para publicar se han mostrado ineficientes en cierta medida y probablemente han desarrollado ciertos vicios que están en contra del espíritu de la ciencia (Zarif, 2023). La propia naturaleza del proceso de publicación ha favorecido la concentración del mercado en un oligopolio: la política de “publicar o perecer” favorece que los autores cedan sus derechos por el prestigio de publicar, la urgencia por publicar en revistas indizadas y con altos factores de impacto, los autores no se preocupan por precio o

costos, la especialización de las revistas y su relación con la especialización de las investigaciones, el número limitado de revistas en las que se puede publicar, escasa competencia entre editoriales y revistas, el mercado de consumo obligado para las instituciones de investigación que obliga a las bibliotecas a pagar las suscripciones, las editoriales proporcionan todos los servicios y resultados que necesitan, los escasos o nulos costos de las editoriales en el proceso editorial así como en la revisión por pares que avala un trabajo, el consumo de los bienes de información que son dirigidos a consumidores de la comunidad académica, la privatización de una gran parte de las investigaciones que son financiadas por los estados al cobrar para tener acceso a ellas (Walport, 2003; Zarif, 2023).

Como una respuesta ante el oligopolio de las grandes corporaciones, un creciente número de académicos, inicialmente en Estados Unidos, ha promovido el acceso abierto (*open access*) de artículos académicos como un reemplazo o competencia al modelo de suscripción de las editoriales comerciales. Esto ha sido gracias al desarrollo de internet y de los formatos de revistas electrónicas. Sin embargo, no ha resultado ser una gran solución al problema del oligopolio, ya que, no obstante que los lectores no pagan por el acceso a las publicaciones, los costos de procesamiento son pagados por los autores, bibliotecas, sociedades académicas u otras fuentes de financiamiento. Un tipo particular de revistas de acceso abierto son las megarevistas, como *PLOS One*, publicada desde 2006, las cuales publican artículos que pasan por la revisión por pares, pero no les interesa si el tema es de interés para la comunidad. Otra opción de acceso abierto a los artículos académicos es el autoarchivado de preimpresiones o postimpresiones de sus artículos en repositorios de acceso libre, paralelos a las publicaciones editadas y en formato de revistas tradicionales de suscripción. Muchos de estos repositorios son institucionales y administrados por universidades, facultades u otras instituciones académicas. La mayoría respetan el copyright de autores o editoriales, pero otros, como *Sci-Hub*, que cuenta con acceso público a unos 6 millones de artículos, no lo hacen (Eger & Scheufen, 2021).

Sin duda, el sistema de acceso abierto ha favorecido que los autores tengan más visibilidad para sus artículos y que la comunidad de académicos pueda acceder a ellos con mucha mayor facilidad. Sin embargo, también ha acarreado discusiones sobre la calidad de los artículos y de las revistas debido a que se ha ponderado la cantidad sobre la calidad aumentando la eficiencia y la productividad, pero sacrificando la calidad (Sarewitz, 2016). Considérese que el modelo de acceso abierto puede ser corrompido al incluir el componente financiero, es decir, el pago de quien envía el artículo a una revista (Eger & Scheufen, 2021). Esto puede tener

efectos devastadores en el sistema de comunicación y de generación e intercambio de conocimiento. Lo anterior puede verse, por ejemplo, en las desigualdades que se derivan del pago por cargos de procesamiento de artículos entre autores, instituciones o países con diferentes recursos (Eger & Scheufen, 2021 ; Frank et al., 2023). Otra desigualdad importante en la publicación científica de alto impacto es el idioma o la nacionalidad de los autores, ya que se ha evidenciado, por ejemplo, que el número de citas disminuye cuando el autor es latinoamericano (Meneghini et al., 2008). Además, en Latinoamérica, aunque también en otras regiones de habla no-inglesa, las grandes editoriales exigen la escritura de los artículos de investigación en inglés nativo. Si bien han surgido revistas que promueven la publicación en español u otros idiomas, las revistas con altos factores de impacto exigen el empleo del inglés, lo que puede bloquear la posibilidad de publicar en dichas revistas a investigadores con otra lengua materna.

Pero esos no son los únicos problemas que se han generado debido a toda la serie de factores involucrados, desde la obsesión por publicar numerosos artículos, hasta las editoriales comerciales y su meta de obtener ganancias. Esta tendencia a promover la cantidad sobre la calidad puede salirse de control en algún momento. De acuerdo con Sarewitz (2016), el número de científicos y publicaciones ha crecido exponencialmente durante los últimos 250 años, y esta tendencia resulta ya insostenible. Además, debido a ello, recientemente ha proliferado una forma de corrupción aún mayor, el negocio de las revistas “depredadoras”, las cuales tienden a explotar a académicos, jóvenes e inexpertos que dependen de publicaciones para ascender en sus carreras o a investigadores experimentados que tienen urgencia de publicaciones para mantener su posición, permitiendo que publiquen artículos de baja calidad aceptados con poca o ninguna revisión por pares, enumerando académicos en juntas editoriales sin su permiso, imitando el nombre o estilo de sitio web de revistas de buena reputación, etcétera (Eger & Scheufen, 2021). Hay muchos otros problemas en el mundo de la publicación académica, como la falta de ética, el plagio, el fraude, etc., los cuales no debemos pensar que están asociados solamente a la publicación académica, sino a cualquier actividad humana, ya que cualquiera es susceptible de corromperse. Se han propuesto diversas soluciones a todos estos problemas derivados del lado oscuro de las publicaciones académicas, ninguna de las cuales está libre de problemas (Carrell & Rajpert-De Meyts, 2018), por ejemplo: a) evaluar a los investigadores con otro tipo de métricas como el número de citas por artículo (Eger & Scheufen, 2021), b) limitar el número de publicaciones o palabras que un investigador puede redimir en toda su carrera,

lo cual incentivaría la investigación de alta calidad (Martinson, 2017), c) que los revisores obtengan crédito por su invaluable servicio (Carrell & Rajpert-De Meyts, 2013) y d) que todos los autores tomen la decisión colectiva de publicar menos y con menos frecuencia (Sarewitz, 2016).

8. CONCLUSIÓN: LA BELLEZA DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Así como la reina roja de Alicia en “A través del espejo y lo que Alicia encontró allí” cuando corría a toda velocidad, pero sin avanzar, junto con la Reina Roja, cada solución encontrada para resolver un problema que presenta la publicación científica, vendrá con nuevos retos que requerirán imaginación para resolverlos nuevamente, por ejemplo, emplear la teoría de juegos (Samuelson, 2016). Así es toda actividad cultural humana, imperfecta pero perfectible. No obstante, desde que las publicaciones académicas se crearon, constituyen el medio más eficaz para la transmisión del conocimiento y como herramientas fundamentales de los académicos para la enseñanza y formación de nuevos investigadores. Transmiten nuevos hallazgos, pero también son esenciales para la divulgación del conocimiento generado en laboratorios y cubículos de instituciones de investigación y universidades, que hacen llegar el conocimiento a quienes sostienen el aparato científico-tecnológico. Son muestra de la robustez de un sistema científico-tecnológico y de la economía de un país. A pesar de todos los desafíos que acarrearán las publicaciones como un negocio millonario de unos pocos, actualmente las sociedades científicas comienzan a retomar su papel central en el mundo de las publicaciones académicas, ya que ha descendido la proporción de publicaciones con fines de lucro (Eger & Scheufen, 2021).

La ciencia está siempre ahí aunque no nos percatemos de ella; diariamente los científicos realizan una labor triple, formar nuevos investigadores, generar nuevo conocimiento que difunden a través de sus artículos en revistas e intentar divulgar su ciencia en favor de la sociedad. Las publicaciones científicas, como hemos visto, reflejan la importancia del aparato científico tanto de una institución como de un Estado y, además, el estatus de su propia economía. En México, actualmente, de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONHACyT, hay unas 216 revistas académicas, mientras que, a partir de otras bases de datos como SciELO, Journal Citation Reports, JCR o Web of Science, pueden registrarse más de 400 revistas, aunque no todas continúan publicándose debido a la inestabilidad editorial de publicaciones científicas en México, lo cual muestra la fragilidad del

sistema científico-tecnológico del país, pero también la falta de conocimiento, experiencia y profesionalización editorial de revistas académicas. La falta de revistas científicas, o su desaparición, evidencia lo magro de la estructura científica de una nación, del aparato de generación y transmisión de conocimiento de una sociedad. La pena no es para quienes necesitan publicar en revistas periódicas, sino para la sociedad. Nosotros los académicos, lo lamentamos por razones inherentes a la academia, pero la sociedad, quizá ni esté enterada de la escasez ni de la existencia ni de la desaparición de revistas científicas. Por eso no puede lamentarlo, y precisamente ese podría ser el hecho más trágico.

En su libro “Consejos a un joven científico” (2013), Peter Medawar nos dice que, aunque la justificación tradicional de la renuencia del científico a escribir artículos es que le aparta de la laboratorio, en realidad se debe a que los científicos no sirven para escribir, porque es una habilidad que no han adquirido. En efecto, los investigadores, en general, aprendemos el oficio de escribir muy lentamente y de manera informal. Lenta y dolorosamente aprendemos a escribir guiados por nuestros tutores y maestros que nos forman; también lo aprendemos de manera intuitiva al consultar artículos durante los estudios de grado y posgrado. Pero las publicaciones científicas no son sólo una labor interna de la vida dentro del laboratorio, sino también del desarrollo de una comunidad. Aunque las publicaciones son el producto directo de uno o varios autores tecleando y analizando datos en una computadora, en realidad, reflejan la compleja estructura social que existe en el mundo académico en un tiempo y lugar determinados, cuyos vínculos, convenciones y reglas de comportamiento son implícitamente establecidos a través de las publicaciones, como una tradición. El registro y archivo que ofrecen las publicaciones científicas apenas ha sido explotado para estudiar cómo cambian con el tiempo las costumbres de la comunidad científica, el discurso académico y su visión de la ciencia. Representan una oportunidad etnográfica importante para relacionar los patrones de discurso, que se extienden a través de oraciones y párrafos, en los particulares contextos sociales, intelectuales e ideológicos de cada disciplina (Charles et al., 2009). Por ejemplo, no obstante que los miembros de una disciplina defienden su territorio académico, también al interior de las disciplinas existen diferendos y posiciones políticas que defender que deben ser resueltos a través de la negociación, ya que los propios miembros de una disciplina tienen subespecialidades, así como intereses y visiones particulares de un mismo fenómeno. Sobre esto, Myers (1997), analizando la construcción conceptual y discursiva de dos artículos de investigación en biología, mostró cómo lo publicado resulta de la negociación entre autores y con los revisores que representan a la

revista (con sus exigencias, sus convenciones formales, etc.). Por consiguiente, como observa Hyland (2000), “en los campos académicos los textos materializan las negociaciones sociales de la investigación de cada disciplina y revelan cómo se construye el conocimiento, cómo se negocia y cómo se persuade” (p. 3, la traducción es nuestra). Sea como fuere, a pesar de las críticas señaladas hay que destacar que la evaluación no se le puede entender sólo como un requisito editorial, sino como una importante validación y prolongación del proceso científico. Un aspecto relevante de la metodología científica es precisamente que pretende establecer, de manera rigurosa, los géneros discursivos que le son atinentes a la ciencia (Bajtín, 1979; Parodi, 2008), así como las formas discursivas y sus estructuras gramaticales que requiere (Cassany et al., 2000, p.2), puesto que la finalidad de una revista científica no es sólo generar conocimiento, sino validarlo a través de dicho género académico especializado (Swales, 2013), y establecer, a través de su registro lingüístico particular, un sistema de etiquetaje que adopta la comunidad científica cuando ya ha aceptado una determinada investigación. Como hemos mencionado anteriormente, en sus inicios (siglo XVII), los reportes científicos correspondían a géneros como el epistolar, el ensayo y la escritura periodística, a los cuales recurrían los investigadores para intercambiar y divulgar sus trabajos empíricos (Bazerman, 1988). Sin embargo, la reducción contemporánea del discurso científico a los artículos, trajo consigo las estrictas convenciones formales de las revistas científicas (estructura, formato de citación, estilo, límite de cuartillas, revisión por pares) que inciden en la configuración del contenido de los discursos científicos. Estos cambios, no sólo en la manera de concebir la ciencia, sino en sus formas de comunicación (como el artículo científico) indican la dinámica del género en cuestión. Es por ello, por lo que el discurso especializado que encontramos en las revistas científicas tenga que caracterizarse por su alto grado de formalidad, rigor conceptual, demostraciones, presentación de una tesis y confeccionado de argumentos sólidos que la justifiquen, manejo de operadores lógicos, entre otros. Todo ello en franca oposición a las interacciones informales, así como a otras prácticas académicas institucionales que no están relacionadas con el quehacer científico, académico o profesional.

El artículo científico, como ha dicho Meadows (1985), es un objeto arqueológico cuyo estudio puede decirnos mucho sobre cómo hemos enfrentado el entendimiento del mundo y de nosotros mismos en el tiempo, y también podría ayudarnos a visualizar cómo lo enfrentaremos en el futuro. Por ejemplo, el paso de las revistas impresas en papel a la publicación electrónica, lo tenemos bien documentado y sólo está en espera de que se estudie con profundidad para poder determinar cuáles

han sido los efectos y cómo han sido enfrentados los retos por los investigadores. Estos retos no sólo se circunscriben a los cuerpos teóricos relacionados con nuestro entendimiento sobre el mundo, sino también, sobre cómo realizamos nuestra labor y cómo la socializamos. Las publicaciones científicas constituyen un medio para transmitir ideas. En este sentido, el objetivo de toda publicación debe ser desarrollar mecanismos para que así sea, para que el conocimiento esté disponible para la humanidad y que entendamos nuestro mundo. Peter Medawar lo resume de manera magistral (en Medawar, 2013, p. 132): “Un científico que completa un escrito debe sentirse orgulloso de él; en realidad, debe pensar, ‘esto hará que la gente comprenda’”.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, José A. (1768). *Diario Literario de México*. Imprenta de la Bibliotheca Mexicana en el Puente del Espíritu Santo y Librería del Arquillo, frontero al Real Palacio.
- Alzate, José A. (1980). *Obras I. Periódicos: Diario literario de México; Asuntos varios sobre ciencias y artes; Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles*. Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM.
- Alzate, José A. (1985). *Memorias y ensayos*. UNAM
- Arana-Barbier, Pablo José. (2023). The Relationship Between Scientific Production and Economic Growth Through R&D Investment: A Bibliometric Approach. *Journal of Scientometric Research*, 12(3), 596-602. <https://doi.org/10.5530/jscires.12.3.057>
- Bajtín, Mihail Mihajlovič (1979). *Estética de la creación verbal*. Madrid: Siglo XXI.
- Bartolache, José Ignacio. (1993). *Mercurio volante*. UNAM. (Trabajo original publicado en 1772 a 1773).
- Barrett, Philip, Hansen, Niels-Jakob, Natal, Jean-Mark & Noureldin, Daa. (2021). *Why basic science matters for economic growth*. Washington, DC: International Monetary Fund. Recuperado el 27 de marzo de 2024 de: <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2021/10/06/blog-ch3-weo-why-basic-science-matters-for-economic-growth>.
- Bazerman, Charles. (1988). *Shaping Written Knowledge: The Genre and Activity of the Experimental Article in Science*. Wisconsin: University of Wisconsin Press.
- Becher, Tony. (2001). *Tribus y territorios académicos: la indagación intelectual y las culturas de las disciplinas*. Barcelona: Gedisa.

- Bernal, John D. (1989). *La ciencia en la historia*. Nueva Imagen – UNAM.
- Bunge, Mario. (1998). *Ciencia, técnica y desarrollo*. Buenos Aires: Editorial Hermes
- Cassany, Daniel, López, Carmen, & Martí, Jaume. (2000). Divulgación del discurso científico: La transformación de redes conceptuales. Hipótesis, modelo y estrategias. *Discurso y sociedad*, 2(2), 73-103.
- Carrell Douglas T. & Rajpert-De Meyts Ewa. (2013). Meaningful peer review is integral to quality science and should provide benefits to the authors and reviewers alike. *Andrology* 1, 531–532. <https://doi.org/10.1111/j.2047-2927.2013.00105.x>
- Carrell, Douglas T., & Simoni, Manuela. (2018). Easier ways to get a publication: the problem of low-quality scientific publications. *Andrology*, 6(1), 1-2. <https://doi.org/10.1111/andr.12460>
- Cetina, Karin K. (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Harvard University press.
- Charles, Maggie, Pecorari, Diane, & Hunston, Susan. (2009). Introduction: Exploring the interface between corpus linguistics and discourse analysis. En: Charles, M., Pecorari, D., & Hunston, S. (Eds). *Academic writing. At the interface of corpus and discourse*, (1-13). Continuum International Publishing Group.
- Clark, Cory J., & Winegard Bo B. (2020). Tribalism in war and peace: The nature and evolution of ideological epistemology and its significance for modern social science. *Psychological Inquiry*, 31(1), 1-22.
- Coccia, Mario. (2018). Socioeconomic driving forces of scientific research. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.05028>
- Coccia, Mario, & Wang, Lili. (2016). Evolution and convergence of the patterns of international scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(8), 2057-2061. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510820113>
- Curcic, Dimitrije. (2023). *Number of Academic Papers Published Per Year*. Recuperado el 27 de marzo de 2024 de: <https://wordrated.com/number-of-academic-papers-published-per-year/>
- Eger, Thomas, & Scheufen, Marc. (2021). Economic perspectives on the future of academic publishing: Introduction to the special issue. *Managerial and Decision Economics*, 42(8), 1922-1932. <https://doi.org/10.1002/mde.3454>
- Forgues, Bernard, & Liarte, Sebastien. (2013). Academic publishing: Past and future. *M@n@gement*, (5), 739-756. <https://doi.org/10.3917/mana.165.0739>
- Frank, John, Foster, Rosemary, & Pagliari, Claudia. (2023). Open access publishing—noble intention, flawed reality. *Social Science & Medicine*, 317, 115592. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.115592>

- Fyfe, Aileen, Coate, Kelly, Curry, Stephen, Lawson, Stuart, Moxham, Noah, & Røstvik, Camille M. (2017). *Untangling academic publishing: A history of the relationship between commercial interests, academic prestige and the circulation of research*. Discussion Paper. University of St Andrews. Recuperado el 27 de marzo de 2024 de: <https://eprints.bbk.ac.uk/id/eprint/19148/>
- Fyfe, Aileen, McDougall-Waters, Julie, & Moxham, Noah. (2015a). 350 years of scientific periodicals. *Notes and Records: The Royal Society journal of the history of science*, 69(3), 227-239. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2015.0036>
- Fyfe, Aileen, Moxham, N., McDougall-Waters, Julie. & Røstvik, Camilla M. (2015b). *A History of Scientific Journals*. UCL Press.
- Giddens, Anthony. (1997). *Política, sociología y teoría social*. Paidós. Barcelona, España.
- Gonzalez-Brambila, Claudia N., Reyes-Gonzalez, Leonardo, Veloso, Francisco, & Perez-Angón, Miguel A. (2016). The scientific impact of developing nations. *PLoS One*, 11(3), e0151328. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151328>
- Gross, Alan G., Harmon, Joseph E., & Reidy, Michael S. (2002). *Communicating science: The scientific article from the 17th century to the present*. Oxford University Press.
- Holmes, Jasaper, & Nesi, Hilary. (2009). Verbal and mental processes in academic disciplines. En: Charles, M., Pecorari, D., & Hunston, S. (Eds). *Academic writing. At the interface of corpus and discourse*, (58-72). Continuum International Publishing Group.
- Hyland, Ken. (2000). *Disciplinary discourses: social interactions in academic writing*. UK, Harlow: Longman.
- Larivière, Vincent, Haustein, Stefanie, & Mongeon, Philippe. (2015). The oligopoly of academic publishers in the digital era. *PloS One*, 10(6), e0127502. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127502>
- López-Riquelme, Germán O. (2021). La necesidad de la libertad. *Ludus vitalis*, 29(55), 149-153.
- López-Riquelme, Germán O. (2024). La geopolítica del conocimiento: una perspectiva cognitiva y evolutiva de los territorios y tribus académicas. En: Pérez-Álvarez, L. & Delahanty-Matuk, G. (Edits). *Epistemología de la transdiscipliniedad: proyecto y elucidación*. CIPsi-UAEM. (En prensa).
- López-Riquelme, Germán O., & Delgado-Villalobos, Mayra. (2021). De las emociones sociales a las competencias socioemocionales: evolución, neurociencia cognitiva, desarrollo e intervención. En Montiel-Rojas, T.J. (Coordinadora). *El desarrollo teórico-metodológico en el estudio de la cognición y el aprendizaje*. (97-179). Universidad de Guadalajara.

- Martinson, Brian C. (2017). Give researchers a lifetime word limit. *Nature*, 550(7676), 303-303. <https://doi.org/10.1038/550303a>
- McGucken W (1978). On freedom and planning in science: the Society for Freedom in Science, 1940–46. *Minerva*, 16, 42 – 72. <https://www.jstor.org/stable/41827223>
- Meadows, Arthur J. (1985). The scientific paper as an archaeological artefact. *Journal of information science*, 11(1), 27-30. <https://doi.org/10.1177/016555158501100104>
- Medawar, Peter. (2013). *Consejos a un joven científico*. Fondo de Cultura Económica.
- Meneghini, Rogerio, Packer Abel L. & Nassi-Calo, Lilian. (2008). Articles by latin american authors in prestigious journals have fewer citation. *PLoS One*, 3: e3804. 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003804>
- Merton, Robert K. (1973). *The sociology of science. Theoretical and empirical investigations*. The University of Chicago press.
- Myers, Greg. (1997). Texts as Knowledge Claims: The Social Construction of Two Biology Articles. En: Harris, R. A. (coord.) *Landmark Essays on Rhetoric of Science. Case Studies*. Mahwah (New Jersey): Lawrence Erlbaum. pp. 169-186.
- OECD. (2024). *Gross domestic spending on R&D (indicator)*. Recuperado el 27 de marzo de 2024 de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>. Doi: <https://doi.org/10.1787/d8b068b4-en>
- Parodi, Giovanni. (2008). *Géneros académicos y géneros profesionales. Accesos discursivos para saber y hacer*. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Phelps, Richard. (2022). *Challenging the Academic Publisher Oligopoly Technological and political changes may liberate scientific research*. Recuperado el 27 de marzo de 2024 de <https://www.jamesgmartin.center/2022/11/challenging-the-academic-publisher-oligopoly/>
- Prettner, Klaus, & Werner, Katharina. (2016). Why it pays off to pay us well: The impact of basic research on economic growth and welfare. *Research Policy*, 45(5), 1075-1090. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.03.001>
- Rodríguez-Navarro, Alonso, & Brito, Ricardo. (2022). The link between countries' economic and scientific wealth has a complex dependence on technological activity and research policy. *Scientometrics*, 127(5), 2871-2896. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04313-w>
- Rull, Valenti. (2014). The most important application of science. *EMBO Reports*, 15, 919-922. <https://doi.org/10.15252/embr.201438848>
- Rull, Valenti. (2016). Free science under threat: The current revival of Bernalism and the use of market-based scientific practices are undermining science as we know it. *EMBO Reports*, 17(2), 131-135.

- Samuelson, Larry. (2016). Game theory in economics and beyond. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), 107-130. <https://doi.org/10.1257/jep.30.4.107>
- Sarewitz, Daniel. (2016). The pressure to publish pushes down quality. *Nature*, 533(7602), 147-147. <https://doi.org/10.1038/533147a>
- Snow, Charles P. (2006). Las dos culturas (Vol. 29). UNAM.
- Schieffelin, Bambi. B., Woolard, Kathryn. A., & Kroskrity, Paul V. (2012). *Ideologías lingüísticas: práctica y teoría*. Catarata.
- Swales, John. (2013). *Research genres. Explorations and applications*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Vrielink, Jogachum, Lemmens, Paul, & Parmentier, Stephan. (2011). Academic freedom as a fundamental right. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 13, 117-141. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.009>
- Walport, Mark J. (2003). *Economic Analysis of Scientific Research Publishing – A Report Commissioned by the Wellcome Trust*. SQW Limited Enterprise House. <https://wellcomecollection.org/works/e9edrgbv>
- Weingart, Peter. (2010). A short history of knowledge formations. En: Frodeman, R., Thompson-Klein, J., Mitcham, C. & Holbrock, J.B. (Edits) *The Oxford handbook of interdisciplinarity*, (2010) (3-14). Oxford Universiti press. New York, USA.
- Zarif, Azmaeen. (2023). Focus: Climate Change and Environmental Health: The Economics of Scientific Publishing. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 96(2), 267. <https://doi.org/10.59249/OMSP9618>

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32067>

LOS SUPUESTOS TEÓRICOS ACERCA DE LA FUNCIÓN DE I+D EN LA EVALUACIÓN INSTITUCIONAL CONEAU. EL CASO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

Theoretical assumptions about the R&D function in the CONEAU Institutional Evaluation. The case of the Universidad Nacional de La Matanza

Juan Pablo PIÑEIRO

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2151-5749>

Melina LEVY

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4081-7150>

Yanina AMARILLA

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9308-1561>

Recibido: 15/04/2024

Revisado: 04/07/2024

Aceptado: 18/07/2024

RESUMEN: No son pocos los especialistas que se han concentrado en el estudio de las implicancias que la evaluación tiene para la gestión del campo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Para algunos los procesos de evaluación institucional representan espacios que propenden a la

mejora continua. Para otros, la evaluación esconde siempre sesgos y subjetividades que orientan la toma de decisión. Este trabajo se propone analizar los supuestos teóricos que subyacen a la Evaluación Institucional de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) respecto a la función de I+D. Así, se busca inferir una definición de ciencia reflejada en esos complejos procesos. Para ello, seleccionamos un caso de estudio, la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), que, a lo largo de su historia, ha recibido la visita de la Comisión en tres oportunidades: 2010, 2015 y 2022. Aquí se analizan los informes correspondientes a las visitas de los años 2010 y 2015, que corresponden a los informes publicados durante los años 2012 y 2017. La metodología aplicada es cualitativa, ya que, esta investigación se nutre del análisis documental de los informes de evaluación publicados en la página web oficial de la CONEAU.

Palabras clave: ciencia, tecnología, universidades nacionales, gestión, revisión.

ABSTRACT: Several specialists have studied the effects of evaluation in the management of Science, Technology and Society fields. For some of them, institutional evaluation processes represent the possibility of improvement. For others, evaluation implies biases and subjectivities which affect the decision making. The main purpose of this paper is to analyze the theoretical assumptions within the Institutional Evaluation of the National Commission for University Evaluation and Accreditation (in Spanish CONEAU) with respect to the R&D function. We seek to infer the definition of science reflected in these complex processes. We selected a case of study, the Universidad Nacional de La Matanza (in Spanish UNLaM), that across its history, has been evaluated by CONEAU in three times: 2010, 2015 and 2022. We analyze the reports of the first two evaluations carried out in 2010 and 2015 corresponding to the reports published in 2012 and 2017. The methodology is qualitative since this research uses documentary analyzes of the reports published in the official website of the CONEAU.

Keywords: science, technology, national universities, management, review.

1. INTRODUCCIÓN

La literatura especializada en el campo CTS ha echado luz sobre un tema sustancial: la falacia que reside en la pretensión de neutralidad de la evaluación de la ciencia y la tecnología (Chubin y Hackett, 1990;

Martin, 2016; Wenneras y Wold, 1997; Link, 1998; Kreimer, 2011). Esta pretensión de neutralidad se ha extendido sobre un amplio espectro de dimensiones que va desde el artículo presentado por uno o un conjunto de investigadores que desea publicar en una revista científica hasta las instituciones mismas que tienen en sus estructuras funciones de investigación y desarrollo.

A pesar de ello, buena parte de los análisis realizados sobre la Evaluación Institucional que desarrolla la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)¹ tienden a destacar la búsqueda de la mejora continua que, este organismo descentralizado, promueve en las Universidades argentinas (Gómez y Negro, 2016). Este organismo evalúa a las Universidades públicas y privadas utilizando un mismo instrumento metodológico -como veremos más adelante- incluso habida cuenta de las marcadas heterogeneidades del Sistema Universitario (De Vincenzi, 2013).

Este trabajo se propone analizar los supuestos teóricos que subyacen a la Evaluación Institucional de la CONEAU, a partir de los cuales se puede inferir una determinada definición de ciencia, centrada en supuestos propios del modelo lineal de la ciencia. Para ello, se seleccionó un caso de estudio – la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM)- que ha recibido la visita de la Comisión en tres oportunidades: 2010, 2015 y 2022. Aquí se analizan los informes correspondientes a las visitas de los años 2010 y 2015, que corresponden a los informes publicados durante los años 2012 y 2017; debido a que, la tercera y última visita se inició en 2022 y durante el año 2023 se realizó la Evaluación Externa y en la actualidad se está a la espera de los resultados. La metodología aplicada es cualitativa, ya que, esta investigación se nutre del análisis documental de los informes de evaluación publicados en la página web oficial de la CONEAU.

Este trabajo se organiza en cuatro grandes apartados. En el primer apartado se presenta la perspectiva teórica a partir de la cual se funda la reflexión que expresa este artículo. El segundo apartado introduce a la Evaluación Institucional CONEAU que será, posteriormente, objeto de consideración. El tercer apartado presenta nuestro caso de estudio y desarrolla el análisis de las dos Evaluaciones Institucionales que la CONEAU llevó a cabo en la UNLaM. Finalmente, el último apartado expone las conclusiones de este trabajo y futuras líneas de investigación.

1. Hasta el año 2024 estuvo en la órbita del Ministerio de Educación y actualmente pasó a la órbita del Ministerio de Capital Humano de la Nación Argentina (Decreto 45/2023).

2. LA EVALUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. DETRÁS DEL VELO DE LA NEUTRALIDAD

Los procesos de evaluación en el campo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) tienen sus orígenes en el siglo XVII, dada la institucionalización de la ciencia moderna (Shapin, 1996). Por aquel entonces, el objetivo principal de la evaluación era establecer métodos que permitieran construir un estándar de calidad para distinguir aquellos manuscritos que debían ser publicados de aquellos que no (Zuckerman y Merton, 1973).

Con el transcurso del tiempo y la creciente profesionalización de la carrera científica (Kreimer, 2011), la evaluación adquirió gran relevancia tanto a nivel institucional como en relación con la asignación de financiamiento a los proyectos de investigación y el ingreso de los investigadores a los distintos tipos de carrera vigentes (Chubin y Hackett, 1990). Sin embargo, de acuerdo con Invernizzi y Davyt (2019), se registra un cambio paradigmático a partir de los años 60', vinculado con la aparición de mecanismos cuantitativos para la evaluación CTS en detrimento del espacio privilegiado que ostentaba la evaluación por pares².

Más específicamente, en cuanto al conjunto de las políticas gubernamentales sobre evaluación, para Araujo (2014), se encuentra enmarcadas en el problema de la "calidad" en la educación superior. Para la autora, este proceso se caracterizó por una fuerte tensión entre el gobierno y las instituciones universitarias, expresada en la antesala de la sanción de la Ley Nacional de Educación Superior (LES) N°25.521/95, que legalizó la evaluación creando la CONEAU y sentó las bases en esta materia en el sector de la educación superior. En efecto, durante los años noventa se sancionó y diseñó los encuadres normativos que sustentan, hasta hoy, la evaluación del sistema universitario (Araujo, 2014).

Continuando con la autora, la utilización de estas políticas para regular las vinculaciones entre el Estado y las instituciones universitarias tuvo tres particularidades:

1) la valorización excesiva de la evaluación como estrategia para mejorar la educación universitaria; 2) el desconocimiento de la complejidad del campo como ámbito de conocimientos; 3) la existencia de prácticas evaluadoras por la tensión entre el Estado y las instituciones para implantar dichas políticas educativas (Araujo, 2014, p. 61-62).

2. Hacia los años 50' el modelo lineal sostenía que solo la ciencia tenía estatus para evaluarse a sí misma. Por esta razón, era natural aceptar que los científicos, en tanto pares, se evaluaran entre sí (Dickson, 1998).

Es decir, según la autora, se depositó en la evaluación una confianza extrema como práctica capaz de mejorar la “calidad” de las universidades. En este sentido, la inclusión de la evaluación en la agenda gubernamental fue producto de negociaciones en diferentes ámbitos y con diversos actores, situación que originó prácticas con distintos propósitos, características y dinámicas para legitimarlos (Araujo, 2014).

Asimismo, en la actualidad, la preocupación por la legitimidad de los mecanismos de evaluación CTS no ha pasado inadvertido (Invernizzi y Davyt, 2019). En esa línea, en el año 2022 Kupervaser y Corengia publicaban un trabajo orientado a analizar el funcionamiento del Programa de Evaluación Institucional (PEI)³. En el marco de una serie de entrevistas realizadas por las autoras se destaca el comentario de uno de los expertos, quien sostenía que: “la evaluación promovida por el PEI tiene consecuencias “blandas”, ya que solamente tienen por finalidad dar lugar a mejoras en los procesos evaluados” (Kupervaser y Corengia, 2022, p.29). Con esto se pretende resaltar que, a diferencia de los procesos de acreditación de carreras que lleva adelante la CONEAU no existe ninguna penalidad para la Universidad evaluada en caso de recibir una evaluación desfavorable (Tiscornia, 2009).

Este antecedente, sintéticamente expuesto, nos permite observar una perspectiva teórica desde la cual ha sido estudiada la evaluación institucional. El presente trabajo pretende discutir esta noción de evaluación según la cual se entiende a este proceso como caracterizado por la neutralidad y objetividad. En este sentido, retomando a Varsavsky (1969) podemos afirmar que los mecanismos de evaluación utilizados en la ciencia nada tienen de neutrales. Existen sesgos que forman parte de la subjetividad de quien evalúa que, en la mayoría de los casos, inclinan la balanza por sobre investigaciones, proyectos y políticas tradicionalistas, condenando al fracaso a todo intento innovador (Link, 1998).

Más específicamente, estos sesgos se nutren de paradigmas estructurados en torno a supuestos acerca de la producción y transferencia del conocimiento, así como, de la gestión de la innovación (Rothwell, 1992). Como veremos a continuación, estos paradigmas se diferencian de acuerdo con los actores e instituciones que consideran que participan en los procesos de innovación y la forma en la que se desarrollan tales vínculos.

3. En aquel entonces este Programa pertenecía al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación (MINCyT), que actualmente tiene rango de Subsecretaría de Ciencia y Tecnología, dentro de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la Nación Argentina (Decreto 45/2023).

El primero de estos paradigmas se denomina *modelo lineal*. Dentro del mismo conviven tanto la acepción de *impulso de la ciencia* como la de *impulso de la demanda*. El modelo lineal de *impulso de la ciencia* fue el primer esquema que teorizó acerca de las etapas innovativas (Forrest, 1991). Sus inicios se remontan a mediados del siglo XX y su apogeo hasta los años 70', período en el cual se entendía que existía una secuencia lógica unidireccional desde el conocimiento científico expresado en la investigación básica hasta la comercialización de un producto innovador (Fernández Sánchez, 1996).

A diferencia del modelo de *impulso de la ciencia*, el modelo de impulso de la demanda cuestionaba la emergencia de ideas innovadoras en el campo científico. De esta forma, durante buena parte de los 70', el mercado fue percibido como fuente de inspiración que desencadenaba este proceso, caracterizado, al igual que el anterior, por la secuencialidad lineal. Tanto en el modelo de *impulso de la ciencia* como en el de *impulso de la demanda*, los actores que participan de los procesos de innovación son, los científicos, los tecnólogos y el sector productivo.

Ya durante la década del 80' se evidenció la ruptura de los esquemas lineales. El contexto de restricciones económicas y búsqueda de racionalización de gastos fue el marco en el cual surgieron los *modelos interactivos*. Si bien los *modelos interactivos* buscaron romper la linealidad previamente instalada, a partir de la reciprocidad entre actores que establecen vínculos en los que existe el *feedback*, no se elimina por completo la idea de secuencia. Esta última opera en trayectos que entrelazan a la investigación pura, el conocimiento científico tecnológico disponible y el mercado (Kline y Rosenberg, 1986).

Asimismo, resulta menester destacar que, en Argentina la producción de una serie de investigadores, tradicionalmente agrupados dentro de lo que se conoce como *pensamiento latinoamericano*, inició una serie de cuestionamientos propios del modelo sistémico con anterioridad a los 80'. Ya en los 60' Sabato y Botana planteaban a la producción de conocimiento innovativo como el producto de una asociación virtuosa entre los tres vértices de un complejo triángulo integrado por el Gobierno, la Estructura productiva y la Estructura científico-tecnológica, combatiendo la linealidad del primer modelo presentado (Galante y Marí, 2020).

De forma simultánea, comienzan a proliferar, basados en la experiencia de las empresas japonesas, los *modelos integrados*. Estos modelos logran prescindir de la secuencialidad por completo, reemplazándola por la construcción de equipos multidisciplinares que interactúan desde el inicio y van dando forma a las innovaciones (Takeuchi y Nonaka, 1986).

Finalmente, el *modelo en red* enfatiza el aprendizaje dentro de las empresas como elemento clave en el proceso innovativo (Hobday, 2005). Este tipo de modelos tienen una perspectiva sistémica a partir de la cual otorgan mayor centralidad a los actores con los que interactúan las empresas, en particular, sus clientes. Esto permite advertir la aparición de un nuevo actor – el beneficiario / cliente / usuarios – que se incorpora al proceso innovativo.

En síntesis, aunque cada modelo surgió en un momento histórico, ofreciendo respuestas a problematizaciones contextuales, ello no significa que se reemplacen unos por otros. Al contrario, en la actualidad conviven, de forma subrepticia, elementos de cada modelo en las instituciones que forman parte de cada Sistema Nacional de Innovación y que se pueden vislumbrar en la Evaluación de dicho Sistema.

3. LA EVALUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA CONEAU

Como se mencionó, algunas de las transformaciones inauguradas durante los 90', que aún perduran, en relación con la gestión de la educación y de la ciencia y tecnología tuvieron un impacto sustancial en el Sistema Universitario. De las referidas transformaciones nacieron actores que complejizaron la dinámica del Sistema en cuestión, siendo uno de ellos la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU)⁴ (Marquina, 2020). En este marco, en la legislación argentina se reconocen dos prácticas diferenciadas para las instituciones y los actores universitarios: la evaluación y la acreditación (Araujo, 2014).

Así, de acuerdo con la Ley 24.521/95, las actividades de evaluación y acreditación podrán estar a cargo de la CONEAU o por entidades privadas constitutivas para ese fin. Sin embargo, la política de evaluación en Argentina se realiza solo a través de la CONEAU, abarcando una diversidad de funciones: coordinar y realizar evaluaciones externas, acreditar carreras de grado y posgrado, evaluar la consistencia y viabilidad del proyecto institucional requerido para autorizar la creación de una nueva institución universitaria nacional, y, por último, elaborar los informes solicitados para la autorización y reconocimiento definitivo de universidades privadas.

De lo expuesto se desprende que, la Evaluación Institucional es tan solo una de las funciones que lleva a cabo este organismo. Además, cabe destacar que este proceso es voluntario, razón por la cual las instituciones

4. La CONEAU fue creada en el marco de la Ley de Educación Superior No24.521 en el año 1995.

firman un acuerdo a tal efecto (Gómez y Negro, 2016). En los “lineamientos para la evaluación institucional”, elaborados en 1997, se señala que la evaluación “debe servir para interpretar, cambiar y mejorar, y no para normatizar, prescribir, y mucho menos como una ‘actividad punitiva’. Para ello debe realizarse en forma permanente y participativa, creando un sistema que se retroalimente en forma continua” (CONEAU, 1997: 11). En estas líneas lo que se expresa es el espíritu por el cual fue creada la Comisión. Asimismo, el procedimiento de Evaluación Institucional que desarrolla la CONEAU consta de dos etapas: la autoevaluación y la evaluación externa. La primera etapa consiste en una Autoevaluación que, como su nombre lo indica, está a cargo de la propia universidad

en cuestión. La segunda etapa implica una evaluación externa que es realizada por los pares evaluadores que designa la Comisión. Retomando a Araujo (2014) el proceso de autoevaluación en el que se diagnostican las principales problemáticas institucionales permite, principalmente a quienes gobiernan y gestionan la Universidad, reconocerse como parte de un mismo universo simbólico (Araujo, 2014).

De forma concreta, ambas etapas toman en consideración las siguientes dimensiones, expresadas en la Resolución No 328/12: a) contexto local y regional, b) misión y proyecto institucional, gobierno, gestión, c) gestión académica, d) investigación, desarrollo y creación artística, e) extensión, producción de tecnología y transferencia, f) bibliotecas, centros de documentación y publicaciones. De esta conformación podemos inferir que no se espera que el conocimiento científico producido sea, necesariamente, aplicado; ya que, la transferencia se encuentra dentro de la dimensión extensión, en lugar de formar parte de la dimensión investigación.

Adicionalmente, siguiendo a Codner (2017), es posible advertir que, una de las diferencias sustanciales entre investigación y extensión reside en que, la primera, necesariamente, se propone generar conocimiento científico, mientras que, la segunda puede prescindir de ello. De lo expuesto se deduce que la aplicación del conocimiento no está ceñida a su producción.

Más específicamente, la dimensión que aquí interesa es la relativa a la investigación, desarrollo y creación artística. Por ello, a continuación, se presentan los criterios que la CONEAU propone para la evaluación de esta dimensión:

- Evaluación de las políticas de investigación, desarrollo y creación artística,
- Análisis de la generación de proyectos y programas, equipos de investigación y promoción de la difusión de los resultados alcanzados en dichos proyectos,

- Descripción y análisis de los mecanismos de evaluación de los proyectos de investigación, desarrollo y creación artística,
- Evaluación de la política de recursos humanos abocados a las tareas de investigación,
- Evaluación de las fuentes de financiamiento disponibles para el desarrollo de las actividades propias de esta dimensión,
- Análisis del grado de articulación de esta dimensión con la docencia y la extensión.

En suma, la perspectiva propuesta por la CONEAU busca ser una perspectiva holística de la evaluación y contiene un carácter pragmático orientado al mejoramiento de la calidad institucional (Informe de Evaluación Externa, CONEAU: 113). En este marco, con el objetivo de dilucidar el concepto de ciencia propio del organismo, el siguiente apartado aborda las sugerencias que realizó la CONEAU a la UNLaM acerca de la dimensión Investigación, desarrollo y creación artística en las dos Evaluaciones Institucionales cuyos informes se publicaron en los años 2012 y 2017⁵.

4. ACERCA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA Y SU FUNCIÓN DE I+D

La UNLaM ha sido creada en el año 1989⁶. En la actualidad, su estructura departamental está conformada por cinco Unidades Académicas que cuentan con sus respectivas Secretarías de Ciencia y Tecnología, articuladas en un Consejo de Investigación con la Secretaría de Investigación central (Bidiña et al, 2023). En este aspecto, la UNLaM cuenta con un modelo de centralización administrativa y descentralización académica, es decir, que los procesos administrativos se estandarizan de forma centralizada, mientras que los aspectos específicos de la gestión académica se guían por lo que Mintzberg (1980) denomina esquema descentralizado.

Así, la Secretaría de Ciencia y Tecnología es la encargada de ejecutar la política de investigación de la UNLaM. Su responsabilidad primaria es la de asistir al Rector en todo lo vinculado con el diseño de la política de investigación científica y tecnológica y la promoción de los mecanismos

5. Los informes 2012 y 2017 respectivamente se encuentran disponibles en:
https://www.coneau.gob.ar/archivos/libros_evaluacion_externa/37-EEMatanza.pdf
https://www.coneau.gob.ar/archivos/libros_evaluacion_externa/66_UNLaMatanza.pdf

6. Ley 23.748/89.

necesarios para su fomento y ejecución, así como la coordinación de dicha política con la del conjunto del Sistema Nacional de investigación científica y tecnológica (Informe de evaluación externa, CONEAU). La misma se completa, como se mencionó, con las Secretarías de Ciencia y Tecnología de cada uno de los Departamentos.

A esta estructura, se suma en el ámbito de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, un Comité que se constituye como órgano consultivo, integrado por un grupo de Docentes- Investigadores específicamente designados; con la finalidad de formar una opinión fundamentada en un marco gnoseológico, epistemológico y ético, sustentado por la comunidad científica internacional y por el marco normativo vigente. Este órgano evalúa proyectos de políticas, leyes y regulaciones vinculados a la producción de resultados provenientes de proyectos y programas de investigación desarrollados desde las unidades académicas de la UNLaM, y la propuesta de un programa estratégico para gestionar y difundir el conocimiento generados desde la Universidad (Bidiña, 2015).

Asimismo, resulta pertinente destacar el comienzo del Programa de Incentivos a docentes-investigadores (Decreto 2427/93), a principios del año 1993, ya que fue coincidente con lo que la Universidad denomina la etapa de “activación” de la Secretaría de Ciencia y Tecnología. De esta forma, y como veremos más adelante, la identificación de la debilidad que supone la carencia de recursos propios para el desarrollo de las actividades de investigación llevó a la UNLaM a formular en el año 2004 un programa de investigación científica y tecnológica respaldado por recursos propios y por la canalización de recursos provenientes de otras procedencias llamado CyTMA (Ciencia y Técnica en la Universidad de La Matanza), formalizado mediante Resolución 016/04 del Honorable Consejo Superior (p.67). Para Araujo (2003), el Programa de Incentivos a docentes-investigadores se constituye como una de las primeras iniciativas institucionalizadas del *Estado Evaluador* (Araujo, 2003). De este modo, hace referencia a una nueva forma de construcción de las relaciones Estado-Sociedad- Educación Superior.

En este marco, a lo largo de su historia, como se mencionó, esta Universidad recibió la visita de la CONEAU en tres oportunidades. La primera de ellas se inició en el año 2010 y en el año 2012 se publicó el informe de evaluación externa correspondiente. Mientras que, la segunda visita se realizó durante el año 2015 y en el año 2017 se publicó el informe de evaluación externa correspondiente. Finalmente, la tercera y última visita se inició en 2022 y durante el año 2023 se realizó la Evaluación Externa y en la actualidad se está a la espera de los resultados. A continuación, se presentan las principales sugerencias realizadas a la función de I+D.

4.1. *Primera evaluación institucional en la UNLaM. Una aproximación sobre sus resultados y sugerencias*

Como se indicó previamente, la UNLaM recibió la primera visita de su historia por parte de la CONEAU durante el año 2010 y se publicó el informe de Evaluación externa en el año 2012. Las recomendaciones se realizaron bajo la modalidad del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), y veremos que, aparecen recomendaciones de distinto tipo. En efecto, se presenta un listado jerarquizado de los ítems de las fortalezas y debilidades institucionales de la UNLaM y se concluye puntualizando recomendaciones para orientar las políticas de mejora para la Institución. En este apartado analizaremos las recomendaciones para la función I+D.

Como podemos visualizar en la Tabla 1, en principio, se sugiere fortalecer la función, a partir de la incorporación de financiamiento externo y mejora de sus recursos humanos. Más específicamente, con respecto a los segundos, los pares evaluadores consideraron que la masa crítica de investigadores era escasa, replicando una noción de carrera científica que acumula antecedentes para obtener financiamiento externo. Esto también queda en evidencia con la recomendación de, “Concentrar el financiamiento en los jóvenes investigadores para que puedan incrementar sus antecedentes y apuntar al financiamiento externo” (Informe de evaluación externa, p. 120).

Sin embargo, la orientación a la docencia que marca la expresión *docente-investigador* impulsada por esta Universidad, retomada del Programa de Incentivos, privilegia la transmisión de conocimiento científico producido en el marco de proyectos acreditados, no parece tener el mismo status que asigna la CONEAU a las carreras abocadas a la investigación plena.

Por otro lado, como vemos, se recomienda evitar la endogamia en las evaluaciones externas de los proyectos postulados en el marco del Programa de Incentivos, entonces vigente. Si bien este Programa establece tales requisitos, el énfasis puesto por esta Comisión en ello, nos sugiere una preocupación por la endogamia que asocia la idea de transparencia con la no pertenencia a la misma Universidad (Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad, 2019). Esta consideración afecta tanto a la UNLaM como a todas las Universidades evaluadas por la CONEAU.

En ese sentido, se advierte que autores como Rozemblum et al (2015) problematizan esta asociación entre endogamia y parcialidad, en línea con quienes van incluso más allá y entienden que la evaluación de pares no es, en ninguna forma, garantía de calidad porque siempre se incurre en

	Primer Evaluación CONEAU
	Fortalecer la función de investigación y las publicaciones.
Recomendaciones realizadas a la UNLaM	Incrementar el volumen de recursos humanos y de financiamiento externo
	Financiar a través del CYTMA proyectos cuya dirección presenta requisitos más flexibles respecto del Programa de Incentivos.
	Concentrar el financiamiento en los jóvenes investigadores para que puedan incrementar sus antecedentes y apuntar al financiamiento externo.
	Equilibrar la distribución horaria de las dedicaciones exclusivas que están volcadas solo a la docencia.
	Consolidar núcleos de investigación para atraer alumnos y graduados.
	Evitar la endogamia en los evaluadores externos de los proyectos del Programa de Incentivos, para favorecer la transparencia de los resultados de las evaluaciones – evitando conflictos de interés - y promover la calidad científico-académica.
	Fomentar la publicación de los resultados de investigación en Revistas Científicas.
	Fomentar la investigación interdisciplinaria.
	Fomentar el intercambio de personal con comunidades avanzadas en términos de investigación.
	Fomentar la formación de posgrado.
Fomentar la transferencia de resultados.	

Tabla 1. Sugerencias de mejora que la CONEAU realizó a la función de investigación de la UNLaM en el año 2012.

Fuente: elaboración propia con base en el Informe CONEAU (2012)

sesgos y subjetividades (Link, 1998). En este punto, se revela un posicionamiento respecto de la endogamia que exhibe la falta de neutralidad de la mencionada Evaluación de la función I+D por sobre la Universidad, aunque garantiza la complementación de, por un lado, la mirada interna que existe sobre la Universidad, y, por el otro, una mirada externa de la misma.

Finalmente, esta primera evaluación culmina resaltando la necesidad de intensificar las publicaciones en revistas con referato y la articulación con el entorno socio-productivo. En esta línea, en la sección “Biblioteca”

del Informe de Evaluación Externa se expresa: “Si bien la colección de publicaciones periódicas registra 700 títulos, en la actualidad se limita a sólo 25 títulos corrientes, en su totalidad en español y que no responden a los parámetros de las revistas científicas” (p.106).

Continuando con el análisis, en la Figura 1, se observa que la mayor cantidad de recomendaciones hacen referencia a la transferencia de resultados, ceñido a la transferencia de conocimientos y sobre las publicaciones científicas de la Universidad. Siguiendo con la importancia del financiamiento externo, cuestiones resaltadas en este apartado.

En síntesis, podemos evidenciar que, de la primera evaluación no se desprende la predominancia de alguno de los modelos indicados previamente – modelo lineal, modelos interactivos, modelos integrados y modelo en red -, debido a que se está evaluando una función constitutiva de la Universidad, de reciente creación. Por lo tanto, se está evaluando la génesis de la función.

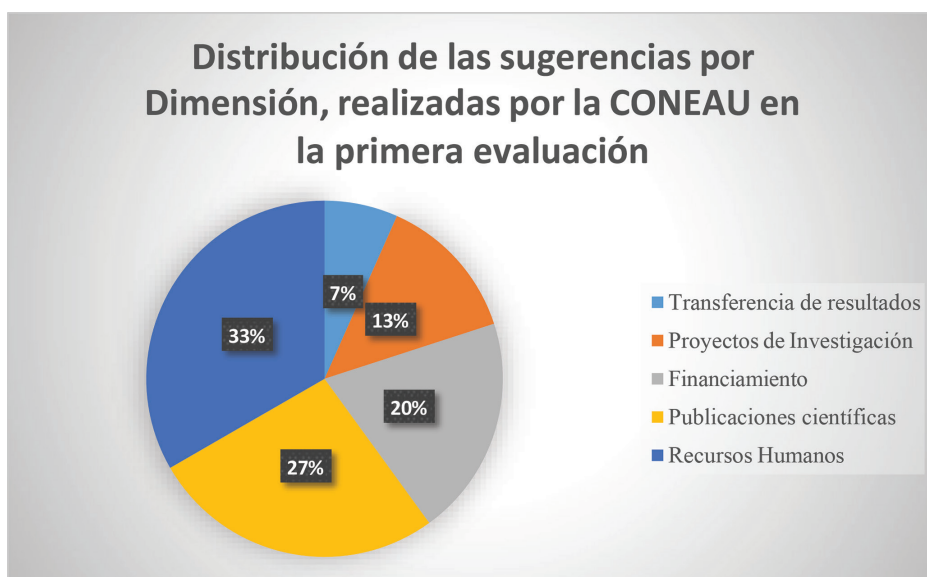


Figura 1. Sugerencias de mejora por dimensión que la CONEAU realizó a la función de investigación de la UNLaM en el año 2012.

Fuente: elaboración propia con base en Informe CONEAU (2012)

4.2. Segunda evaluación institucional en la UNLaM. Una aproximación sobre sus resultados y sugerencias

Ahora bien, en lo que respecta a la segunda evaluación CONEAU, en este informe se destaca que la UNLaM tomó en consideración las recomendaciones formuladas por la Comisión en su primer informe de evaluación externa, en particular las recomendaciones vinculadas con la investigación (Informe de evaluación externa, 2017). Aquí analizaremos las recomendaciones para la función I+D de este segundo informe:

En la Tabla 2, vemos que, en este informe, se desarrollan sugerencias vinculadas con la oferta académica, afirmando que, “En la estructura académica de la UNLaM no figura la formación en Ciencias Exactas y Naturales, área que sería interesante desarrollar, a los fines de potenciar el desarrollo de conocimiento original, así como la producción de nuevas tecnologías que podrían responder a las demandas del sistema productivo local que recibe la UNLaM” (Informe de Evaluación Externa, CONEAU: 66). Es decir, se alude tanto al fortalecimiento de la investigación básica como a la promoción de las Ciencias Exactas y Naturales. Sobre la oferta académica de la UNLaM resulta importante destacar que, las misma surge con el propósito de que las carreras de grado, carreras cortas y títulos con rápida salida laboral den respuesta a las necesidades actuales del medio, (Estatuto de la UNLaM, 2003).

Ambas sugerencias parecen referidas a los postulados propios del modelo lineal de producción y transferencia del conocimiento. De acuerdo con este último, existe una relación unidireccional entre el conocimiento científico – en este caso resultado de las ciencias básicas- la tecnología – que es conocimiento aplicado y en esta noción no se considera ciencia en sí misma- y su posterior adopción por las industrias (Rothwell, 1992).

Asimismo, aparecen algunas referencias posteriores a lo que los evaluadores externos identifican como problemas de coordinación. En este sentido, se destaca la necesidad de articular las instancias de posgrado con las líneas de investigación, los proyectos de las distintas Unidades Académicas, y las políticas centrales con las departamentales.

Adicionalmente, al igual que en la primera visita, se sugiere a la función de I+D UNLaM la difusión de los resultados de las investigaciones desarrolladas al interior y exterior de la comunidad científica. Sin embargo, en este caso se puntualiza en la necesidad de patentar los desarrollos diseñados en la institución.

En este aspecto, resulta clave recordar que las solicitudes de Propiedad Industrial que se suelen destacar como indicadores de

	Segunda Evaluación CONEAU
Recomendaciones realizadas a la UNLaM	Fortalecer el desarrollo de la investigación básica.
	Formalizar un espacio de coordinación de políticas con representación de la Secretaría de Ciencia y Tecnología y los Departamentos.
	Consolidar grupos de investigación estables.
	Incrementar el número de doctores que investigan.
	Fomentar el intercambio de investigación con universidades del país y de otros países.
	Incrementar las dedicaciones exclusivas, completas y semiexclusivas y orientarlas a la investigación.
	Promover la publicación de resultados en revistas indexadas, la concreción de patentes y el impacto de las publicaciones.
	Difundir y potenciar los temas de investigación hacia el interior de la Universidad y la comunidad.
	Profundizar el crecimiento de los Polos propuestos, en particular en lo que aporta al desarrollo tecnológico.
	Promover el desarrollo de Ciencias Exactas y Naturales para estimular la producción de conocimiento y de nuevas tecnologías que respondan a las necesidades del sistema productivo.
	Evaluar la conveniencia de contar con una Carrera de investigador propia, sustentada por la institución.
	Mejorar la articulación entre las tesis de posgrado y las líneas de investigación institucionales.
	Promover la interdisciplinariedad de las líneas de investigación.

Tabla 2. Sugerencias de mejora que la CONEAU realizó a la función de investigación de la UNLaM en 2017.

Fuente: elaboración propia con base en el Informe CONEAU (2017)

productividad aluden a las restricciones en la explotación de bienes y servicios desarrollados por una institución (Ortiz Cantú, 2020). Es decir, ninguna garantía – fuera de la aplicabilidad industrial- de la capacidad

de resolución de problemas concretos o satisfacción de necesidades de la sociedad nos otorgar la obtención de la patente. Siquiera tener una patente implica que algún actor productivo esté interesado en utilizar el objeto de protección en cuestión (Lozada, 2014).

Con respecto a la consideración de la creación de una carrera de investigador propia, es posible advertir que el retraso en los procesos de categorización nacional (Ezeiza Pohl, 2018) y sus implicancias para los investigadores impulsan este ítem. En efecto, para Araujo (2003), la relación incentivos-evaluación de desempeño y rendición de cuentas –suele constituir además de una obsesión cotidiana la finalidad extrínseca del propio trabajo y el origen de conductas que poco tienen que ver con el ideal humboltiano de la búsqueda desinteresada de la verdad en el ámbito universitario. (Araujo, 2003)

Finalmente, en la sugerencia de promover la vinculación con equipos de investigación del exterior del país se aprecia una ponderación de la producción de conocimiento externo por sobre el local. En este sentido, se verifica una toma de posición en línea con la integración subordinada descrita por Kreimer (2011) quien nos recuerda las consecuencias de este tipo de articulaciones tradicionalmente realizada con escasa reflexión subyacente.

Continuando con el análisis, en la Figura 2, se observa que las recomendaciones destacan la formación de recursos humanos y la mejora de la oferta académica de la Universidad. Así como los resultados son preponderantes, en cuanto a la transferencia del conocimiento, con énfasis en la creación de patentes y desarrollos tecnológicos y publicaciones científicas de alto impacto. Por lo tanto, podemos ver que, en esta segunda evaluación institucional, donde la función de investigación tiene un desarrollo superior, si hay una preponderancia de un modelo en específico, el modelo lineal, en especial por cuanto se recomienda la creación de carreras básicas bajo la lógica de que, solo de esta forma, se podrá luego desarrollar innovaciones tecnológicas que adopte el sector productivo.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación se propuso analizar los supuestos teóricos que subyacen a la Evaluación Institucional de la CONEAU con respecto a la función de I+D. Así, se buscó inferir una determinada definición de ciencia, centrada en el modelo lineal, que se ve reflejada en esos complejos procesos.

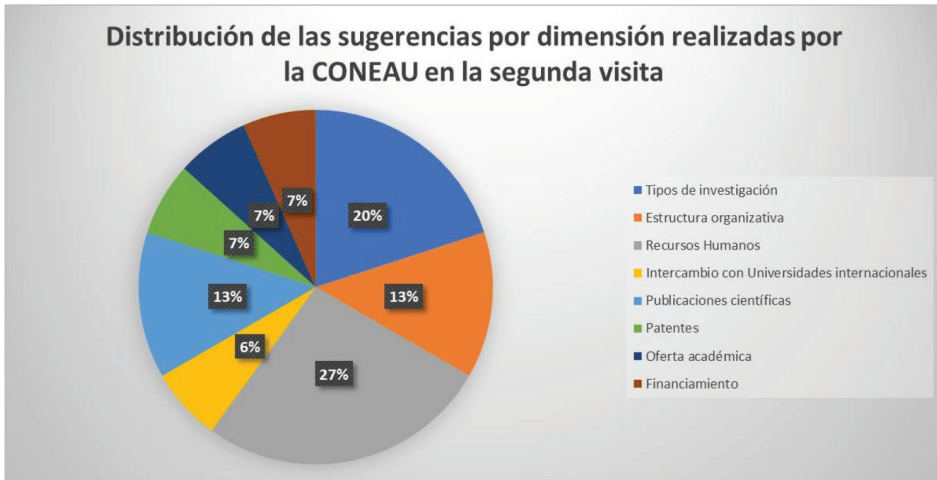


Figura 2. Sugerencias de mejora por dimensión que la CONEAU realizó a la función de investigación de la UNLaM en 2017.

Fuente: elaboración propia con base en Informe CONEAU (2017)

Para ello, se seleccionó un caso de estudio, la Universidad Nacional de La Matanza, que, a lo largo de historia, ha recibido la visita de la Comisión en tres oportunidades: 2010, 2015 y 2022. Aquí se analizaron los informes correspondientes a las visitas de los años 2010 y 2015, que corresponden a los informes publicados durante los años 2012 y 2017. La metodología aplicada fue cualitativa, ya que, esta investigación se nutre del análisis documental de los informes de evaluación publicados en la página web oficial de la CONEAU.

El primer apartado de este trabajo expuso el marco teórico que informó el análisis conducido. Desde nuestra perspectiva, los procesos de evaluación se encuentran teñidos de paradigmas, teorías y miradas que se esconden bajo el velo de la búsqueda de la mejora continua. Así, que exista una etapa de evaluación por pares externos no afecta a las subjetividades, sesgos y particularidades que subyacen a cualquier clase de evaluación, aunque aportan una mirada distinta a la que tiene la institución sobre sí misma.

Luego, se presentó al organismo encargado de realizar las Evaluaciones Institucionales: la CONEAU y la forma en que realiza la evaluación en I+D en las instituciones universitarias. Una de las funciones que

desempeño la CONEAU es la realización de las Evaluaciones Institucionales, en cuyo marco se analiza a las Universidades desde una perspectiva holística. Esta forma de evaluación es la que aplica a todo el universo de las intuiciones que componen el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. En este marco, aquí nos interesó en particular la mirada que se proyecta sobre la función gestión en Investigación y Transferencia, es decir en la función I+D de la UNLaM.

Más adelante, durante el tercer aparatado, se describió brevemente nuestro caso de estudio y se describieron y analizaron las recomendaciones realizadas por los pares externos que visitaron la UNLaM en ambas instancias y que se consolidaron en dos informes finales publicados en el sitio web de la Comisión. En este sentido, se pudo observar que en la primera evaluación no se aprecian, con claridad, elementos distintivos de algunos de los modelos lo que podría corresponderse con el escaso desarrollo de una función muy recientemente creada en aquel entonces. Mientras que, en la segunda evaluación, con un desarrollo superior de la función I+D, los supuestos basados en el modelo lineal se tornan más evidentes.

En este sentido, si bien el listado resulta extenso, diverso y heterogéneo se advierten recomendaciones que permiten traslucir el énfasis puesto en tres grades cuestiones. Por un lado, se encuentra la recomendación acerca de la promoción del contacto con comunidades científicas del exterior – donde los resultados de las investigaciones se publican en revistas de alto impacto, en idiomas extranjeros y en relación con temas de interés para tales regiones-.

Por otro lado, se fomenta el desarrollo de ciencias básicas como paso previo necesario para la producción de tecnologías. En esa línea se reproduce el esquema de las agencias nacionales abocadas a las carreras de investigadores puros que acumulan antecedentes y pueden conquistar financiamientos externos.

Por lo tanto, de todo lo expuesto podría interpretarse que la CONEAU convalida una definición de ciencia consistente con los postulados del modelo lineal, que privilegia el diálogo con el sector académico y mantiene gran independencia respecto de las demandas concretas del entorno.

Lo antedicho representa que avanzar en el camino de la implementación de un programa que busque dar respuesta a las sugerencias realizadas por la CONEAU implica adoptar una determina definición de ciencia que se plasma en la gestión de la investigación. Por ello, resulta de interés para futuras investigaciones, analizar las evaluaciones de la CONEAU en otras universidades y así evidenciar si se presentan lógicas similares o contrapuestas a la descripta en el presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Araujo, S. (2003). *La educación superior universitaria en la lupa: calidad y evaluación en la gestión de las instituciones del siglo XX. En Universidad, investigación, incentivos. La cara oculta*, La Plata, Ediciones Al Margen, pp. 37-75.
- Araujo, S. M. (2014). La evaluación y la Universidad en Argentina: políticas, enfoques y prácticas. *Revista de la Educación Superior*, XLIII(4)(172), 57-77.
- Bidiña, A. (2015). *Investigar en la UNLaM. 25 años 1989-2014*. Universidad Nacional de La Matanza.
- Bidiña, A., Levy, M., Gutiérrez, D. (2023). La Gestión de la investigación en la Universidad Nacional de la Matanza. Una mirada en clave prospectiva de sus desafíos al 2030. *RInCE*, 14(28).
- Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad. (2019). La evaluación en ciencia y tecnología en Argentina: Estado de situación y propuestas. *Ciencia, tecnología y política*, 2(3), 025. <https://doi.org/10.24215/26183188e025>.
- Chubin, D. y E. Hackett (1990). *Peerless science: peer review and us science policy*, Albany, State University of New York Press.
- Codner, D. (2017). Elementos para el diseño de políticas de transferencia tecnológica en universidades. *Redes*, 23(45), 49-61.
- CONEAU (1997). *Lineamientos para la evaluación institucional*. Ministerio de Cultura y Educación.
- De Vincenzi, A. (2013). Evaluación institucional y mejoramiento de la calidad educativa en tres universidades privadas argentinas. *RIES*, 9(6), 76-94.
- Dickson, D. (1988). *The new politics of science*, Chicago, University of Chicago Press.
- Ezeiza Pohl, C. (2018). *El Programa de Incentivos a Docentes Investigadores y su incidencia en la producción y difusión de conocimiento en una universidad pública del conurbano bonaerense*. [Tesis de doctorado, Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional UCA.
- Fernández Sánchez, E. (1996). *Innovación, Tecnología y Alianzas Estratégicas*. Editorial Civitas.
- Forrest, J. E. (1991). Models of the Process of Technological Innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 3(4), 439- 453.
- Galante, O., y Marí, M. (2020). Jorge Sabato y el Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia. *Ciencia, Tecnología y Política*, 3(5).

- Gómez, J. C., y Negro, M. D. (2016). Evaluaciones institucionales. Un análisis de las recomendaciones de la CONEAU a 20 años de su creación. *RAES*, (13), 79-105.
- Hobday, M. (2005). Firm-level innovation Models: Perspectives on Research in Developed and Developing Countries. *Technology Analysis & Strategic Management*, 17(2), 121-146.
- Invernizzi, N., Davyt, A., Rodríguez Medina, L. and Kreimer, P. (2022). STS Between Centers and Peripheries: How Transnational are Leading STS Journals? *Engaging, Science, Technology and Society*, 8(3), 31-62.
- Kline, S., y Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation, en Landau, R., y Rosenberg, N. (Eds). *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academy Press.
- Kreimer, P. (2011). La evaluación de la actividad científica: desde la indagación sociológica a la burocratización. Dilemas actuales. *Propuesta educativa*, (36), 59-77.
- Kupervaser, A. S., y Corengia, A. (2022). La evaluación institucional de la función de investigación de las universidades argentinas: un proceso interactivo. *Revista RAES*, 14(25), 13-33.
- Link, A. (1998). us and non- us submissions. *Journal of the American Medical Association*, 280(3), pp. 246-247.
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CIENCIAMÉRICA*, (3), 34-39.
- Marquina, M. (2020). Entre ser "técnico", "académico" o "político" en la universidad. Los nuevos roles de gestión en las universidades argentinas. *Relapae*, 12(7), 82-96.
- Martin, B. R. (2016). Editors' jif-boosting stratagems - Which are appropriate and which not? *Research Policy*, 45(1), pp. 1.
- Mintzberg, H. (1980). Structure in 5's: A synthesis of the Research on Organization Design. *Management Science* 26(3), 322-341.
- Ortiz Cantú, S., Solleiro, Rebolledo J., y Solleiro, Rebolledo J. (2020). Evaluación del desempeño de las oficinas de transferencia de tecnología en México. 360: *Revista De Ciencias De La Gestión*, (5), 45-73. <https://doi.org/10.18800/360gestion.202005.002>.
- Rothwell, R. (1992). Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s, *R&D Management*, 22-3.
- Rozemblum, C., Unzurrunzaga, C., Banzato, G., y Pucacco, C. (2015). Calidad editorial y calidad científica en los parámetros para inclusión de revistas científicas en bases de datos en Acceso Abierto y comerciales. *Palabra clave*, 4(2).

- Shapin, S. (1996). *The scientific revolution*, Chicago, University of Chicago Press [en castellano: Shapin, S. (2000), *La revolución científica. Una interpretación alternativa*, Barcelona y Buenos Aires, Paidós].
- Takeuchi, H., y Nonaka, I. (1986). The new product development game. Stop running the relay race and take up rugby. *Harvard Business Review*, 137-146.
- Tiscornia, L. M. (2009). El sistema de acreditación de las universidades nacionales a través de la CONEAU frente a la autonomía universitaria. *Fundamentos en humanidades*, (20), 45-54.
- Varsavsky, O. (1969). *Ciencia, política y cientificismo*. Buenos Aires: capital intelectual.
- Wenneras, C. y A. Wold (1997). "Nepotism and sexism in peer- review", *Nature*, vol. 387, N° 6.631, pp. 341-343.
- Zuckerman, H. y R. K. Merton (1973). "Institutionalized Patterns of Evaluation in Science", en Merton, R. K., *The sociology of science: theoretical and empirical investigations*, Chicago, University of Chicago Press, pp. 460-496 [en castellano: Merton, R. K. (1977). *La sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, "Pautas institucionalizadas de evaluación en la ciencia", pp. 579-621].

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31861>

PERCEPCIÓN DE INVESTIGADORAS CHILENAS EN CIENCIAS SOCIALES CON RESPECTO A SU TRABAJO ACADÉMICO EN TIEMPO DE PANDEMIA

*Perception of Chilean researchers in social
sciences regarding their academic work in times
of pandemic*

Claudia REYES BETANZO

Carrera de Periodismo. Facultad de Comunicaciones

Universidad del Desarrollo, Chile

creyes@udd.cl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7290-5704>

Teresa VERNAL VILICIC

*Escuela de Periodismo. Facultad de Arquitectura Arte, Diseño y
Comunicaciones. Universidad Andrés Bello, Chile*

teresa.vernal@unab.cl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4216-5183>

Recibido: 02/01/2024

Revisado: 30/03/2024

Aceptado: 19/06/2024

RESUMEN: Esta investigación, de metodología mixta, explora la forma en que las investigadoras del área de las Ciencias Sociales, Artes y Humanidades enfrentan los desafíos que implica ajustarse a nuevas dinámicas de trabajo en un mundo pandémico. Para ello se realizó una encuesta a 54 doctoras, investigadoras en ciencias sociales. Luego, de entre

esta muestra se escogieron 10 que representarían el norte, sur y centro de Chile y se les entrevistó en profundidad. Los resultados muestran que la pandemia del COVID-19 afectó la productividad científica de las mujeres en términos de publicaciones y de adjudicación a fondos de investigación. Las razones de estos efectos estarían relacionadas con el aumento de la gestión y la docencia remota que tuvieron que asumir dentro de sus instituciones y, además, el cuidado de terceros y las labores domésticas que se intensificaron con las extensas cuarentenas. Se concluye que persisten los roles tradicionales de género dentro de las instituciones de educación superior, incluso en las áreas de las ciencias sociales y que con la pandemia se tornaron aún más patentes.

Palabras clave: brechas de género, academia, mujeres, investigación, COVID-19, ciencias sociales.

ABSTRACT: This mixed-method research explores the way in which researchers in Social Sciences, Arts and Humanities face the challenges of adjusting to new work dynamics in a pandemic world. For this, a survey was carried out on 54 doctors, researchers in Social Sciences and then 10 academics from the north, center and south of Chile were interviewed in depth. The results show that the COVID-19 pandemic affected the scientific productivity of women, in terms of publications and awarding of research funds. The reasons for these effects would be related to the increase in management and remote teaching that they had to assume within their institutions and, in addition, the care of third parties and domestic chores that intensified with the extensive quarantines. It is concluded that traditional gender roles persist within higher education institutions, even in the areas of social sciences, and that with the pandemic they became even more evident.

Keywords: gender gaps, academy, women; research, COVID-19, social sciences.

1. INTRODUCCIÓN

Producto de la pandemia y sus repercusiones en el ámbito laboral en Latinoamérica, durante los peores meses del COVID-19 (trimestre móvil abril-junio 2020), la tasa de participación femenina en el mercado laboral alcanzó sólo el 41,2%, en comparación con el trimestre móvil de noviembre 2019 - enero 2020, en donde el valor máximo fue de 53,3% (Instituto Nacional de Estadística, INE 2022). Transversalmente, alrededor del mundo, comenzaron a surgir los primeros indicios de que estos efectos no estaban distribuidos equitativamente entre hombres y mujeres (Bartik

et al. 2020; Cortes y Forsythe, 2020). En Chile, a pesar de que en un inicio de la pandemia la baja en la tasa de participación en el mercado laboral se vio reflejada tanto en hombres como en mujeres, a medida que pasaron los meses, el indicador femenino se fue profundizando debido a la brecha histórica registrada (Instituto Nacional de Estadística, INE 2022).

Persistentemente, las investigaciones han demostrado que las brechas de género estructurales son altamente resistentes a los cambios sociales (Britton 2017; Lee-Gosselin, Brière y Hawo 2013; Rindfleish y Sheridan 2003). En este sentido los efectos del COVID-19 no hicieron más que incrementar las brechas, ya existentes, dentro de las sociedades y la academia no quedó indiferente a ello (Mooi-Reci & Risma 2021). Estudios previos indican que el trabajo realizado por mujeres en las universidades tiende a ser poco reconocido y son un espacio donde las brechas de género se manifiestan en las distintas áreas del conocimiento (Koskinen, Törnroos y Kohvakka 2018; Rossiter 1993, Guil, 2016). Sin ir más lejos, datos previos a la Pandemia ya mostraban que las mujeres postulan y se adjudican, menos fondos de investigación que los hombres. Asimismo, son las que menos publican en revistas de carácter científico y las que están menos representadas en los puestos directivos dentro de las instituciones académicas (Stepan-Norris y Kerrissey 2016; Winslow y Davis 2016).

El sistema de educación superior chileno se encuentra conformado por Universidades, Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica. Al 2024 existen un total de 141 instituciones vigentes. En términos de matrículas de licenciaturas o equivalentes (ISCED nivel 6, de acuerdo a UNESCO) los números son positivos para las mujeres, pues el 2022 alcanzaron un 53,7%, versus un 46,3% de hombres, con un incremento sostenido en el tiempo, pues el 2020 la diferencia era de 5,4 puntos porcentuales a favor de las mujeres y el 2021, aumentó a 7,6 puntos porcentuales (Consejo Nacional de Educación, CNED 2023). Las diferencias comienzan a mostrarse en las matrículas de programas de doctorado (ISCED nivel 8, de acuerdo a UNESCO), ya que entre los años 2011 y 2020 los hombres registran una mayor cantidad de matriculados que las mujeres, tendiendo a mantenerse la distribución en los últimos 10 años. En particular, en 2021 la matrícula de mujeres corresponde a 2.883 (42.7%) y de hombres a 3.864 (57,3%) (CNED, 2023).

Con respecto a la participación de mujeres en proyectos de investigación, en los últimos 5 años la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), perteneciente al Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile, ha recibido en promedio un 40% de postulaciones admisibles lideradas por mujeres, ya sea como potenciales becarias, investigadoras responsables o directoras de proyectos, mientras

que, si se consideran los proyectos adjudicados durante el 2021, un 38% de éstos corresponde a mujeres, mientras que un 62% a varones (Ministerio de Ciencia, tecnología, Conocimiento e Innovación, 2020).

La publicación en revistas científicas sigue una tendencia similar. El 2020 se publicaron un total de 38,054 artículos científicos de autoría chilena, en donde el 64% corresponde a hombres y el restante 36% a mujeres. Si bien las cifras a nivel general caen el 2021 con un total de 34,800 artículos publicados, los porcentajes de participación se mantienen favorables hacia los hombres, con un 66% versus un 34% para las mujeres (ANID, 2021). Es así como respecto al total de investigadores/as en países OCDE, Chile cuenta con un 35% de investigadoras, estando por encima de países como Japón (17%) y por debajo de España (41%) (Ministerio de Ciencia, tecnología, Conocimiento e Innovación, 2020).

Referido a la participación de mujeres en jerarquías superiores y cargos de toma de decisiones, los números siguen siendo bajos en relación con la participación femenina. Al 2016 un 24,3% de los cargos de alta dirección en las universidades estatales chilenas eran ocupados por mujeres (Del Pino Arriagada et al. 2018). En el estudio de Martínez y Arellano (2021) se establece que la brecha de género en las rectorías de universidades chilenas es profunda, ya que han sido gobernadas por mujeres sólo el 3,3% del tiempo entre 1990 y 2019. Al año 2024, por ejemplo, Chile cuenta con 5 rectoras de 45 universidades del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas (Cruch), lo que deja de manifiesto que esta problemática se visualiza especialmente en los cargos de liderazgo institucional.

1.1. *Brecha de género a nivel académico*

En los últimos años se han podido apreciar discusiones a nivel internacional relacionadas con las transformaciones vinculadas a la temática de género dentro de diversas estructuras económicas, políticas y sociales. Como lo afirman Mandiola, Ríos y Varas (2019), estas discusiones han contribuido a tensionar el orden masculino y heterosexual que sustenta una diversidad de situaciones de discriminación, acoso, violencia sexual y de género. Las instituciones educativas, no han estado ajenas a estos procesos.

Diversas investigaciones han explorado los mecanismos que reproducen las desigualdades de género dentro de la academia (Deem 2003, 2007; Seierstad y Healy 2012; Winslow y Davis 2016; Maroto - Varela, 2018). A través de sesgos inconscientes, discursos masculinos que ponen énfasis en la competencia y la individualidad, asumiendo estructuras de recompensa que ponen en valor atributos y características típicas de los hombres, las

universidades tienden a reforzar las dificultades que enfrentan las mujeres durante sus carreras académicas (Reuben, Sapienza y Zingales 2014; Saul 2013). Se suma a lo anterior, sistemas de contratación altamente competitivos y puestos de trabajo temporales, inciertos e inestables (Ross et al. 2020; Bird 2011; Bird, Litt y Wang 2004; Britton 2017).

Como lo plantea Castro (2004), tradicionalmente las principales funciones de las universidades se han dividido en tres áreas: investigación, docencia y gestión. Sin embargo, el proceso de profesionalización de los académicos se ha fundado en la investigación, ignorando la docencia, ya que la productividad, como tal, se define en base al número de publicaciones en índices internacionales y la adjudicación de fondos concursables (Teurillat y Gareca, 2015). Uno de los factores que contribuye a la disparidad de género dentro de las universidades, es precisamente esta distribución de tareas, en particular la compensación entre investigación y gestión. Diversos estudios indican que son las mujeres académicas las que dedican más tiempo a las labores de gestión que los hombres, restándole oportunidad a la elaboración de publicaciones científicas (Babcock et al. 2017; Bird 2011; Bird, Litt y Wang 2004; Britton 2017; O'Meara et al., 2017). Esto, además, repercute en los espacios de liderazgo que tienen las mujeres, a diferencia de los hombres, en el mundo académico (Radovic et al., 2021).

Como eje central dentro de la función investigativa está la competencia, que margina otras posibles formas de organización académica como la colaboración, la solidaridad y la colectividad. Las relaciones sociales que se generan desde la competencia se configuran como elementos bajo un orden masculino (Prichard, 1996; Morley, 1999; Kerfoot y Knights, 1999; Carvalho & Machado, 2010; Martínez-Alemán, 2014; Tomas y Davies 2002; Guil, 2016).

1.2. *Productividad académica durante el COVID-19*

La crisis del COVID-19 hizo que la tensión existente entre las labores de cuidado y el trabajo sea, aún más, profunda. Con el cierre de escuelas y salas cuna, durante los confinamientos, las familias enfrentaron la imposibilidad de compatibilizar el mundo laboral mientras atienden a niños/as y familiares vulnerables, a menudo desde sus propias salas de estar. Aunque tanto las mujeres como los hombres sienten la tensión, esta es particularmente dañina para las mujeres, porque el cuidado está íntimamente ligado a las expectativas de género (Hirsh et al. 2020; Hirata y Kergoat, 2007).

Lewis Coser (1974) acuñó el concepto de "instituciones codiciosas" como aquellas que hacen "demandas totales a sus miembros" y buscan

una “lealtad absoluta”. Han pasado más de 40 años y las organizaciones codiciosas de Coser, todavía tienen mucho en común con el lugar de trabajo del siglo XXI (Burchielli, Bartram y Thanacody 2008; Sullivan 2014). En este tipo de instituciones se espera que los y las trabajadores/as realicen sus labores con una mínima interferencia de su vida familiar, esto se traduce a más de 40 horas de trabajo a la semana, viajes frecuentes y atender el teléfono móvil 24 horas, siete días a la semana (Cha 2010; Cha y Weeden 2014; Duxbury, Higgins y Smart 2011).

A pesar de que los hombres están asumiendo más responsabilidades familiares que antes, las mujeres siguen siendo las cuidadoras primarias de niñas y niños. Según datos del Banco Mundial (Abud y Brandon, 2021) en Chile las mujeres dedican tres horas más al día que los hombres al trabajo doméstico y de cuidado no remunerado. Si bien el 92% de los hombres participan del trabajo doméstico, en promedio dedican la mitad del tiempo que las mujeres. El cuidado a terceros aún define profundamente las expectativas que se tienen del género femenino. La sociedad sigue asignándole ese rol a las madres, por lo que se refuerza una ideología de género relacionada con el cuidado (Hirsh et.al, 2020; Arujo, 2022). Esto no sólo restringe la capacidad que tienen las personas para crear relaciones equitativas en el hogar, sino que también contribuye a la desigualdad de género en el trabajo, pues las mujeres, en particular las madres, son devaluadas por tener tareas de cuidado, mientras que se espera que los hombres se dediquen por completo a su trabajo (Blair-Loy, 2003).

De acuerdo con lo que plantean autores como Williams, Bornstain y Painter (2012); y Ridgeway y Correll (2004), la discriminación contra las madres se encuentra entre las más importantes formas de discriminación de género (Correll, Benard y Paik 2007; Cuddy, Fiske, y Glick 2004). Bajo esta perspectiva, en el ámbito académico, la mujer se ha incorporado desde un rol heteronormativo donde se le atribuye una función de madre y buena educadora (Mandiola et al., 2019). Esta figura se potenció durante la pandemia, repercutiendo en la productividad de las investigadoras que son madres, a diferencia de los hombres (Pereira, 2021).

Dicha caída en la productividad ha impactado, además, en la baja visibilización que las mujeres expertas han tenido en los espacios de reconocimiento investigativo. Por ejemplo, el estudio *The Missing Perspectives of Women in COVID-19 News* (Kassova, 2020), concluye que en Reino Unido la participación de mujeres como fuentes expertas en medios de comunicación ha llegado a ser tres veces menor que en el caso de los hombres y sólo el 25% de las citas en artículos sobre COVID-19, pertenece a mujeres. En países como India, Nigeria, Sudáfrica, Estados Unidos y Kenia, las expertas citadas no superarían el 20%.

2. OBJETIVOS

Bajo este panorama y, más aún, durante un contexto pandémico que ha afectado a la sociedad en los últimos años, surgen las siguientes interrogantes y objetivos.

- Analizar la percepción que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales sobre el impacto que ha tenido la pandemia COVID-19 en su productividad académica y valoración profesional en relación con los años previos de la crisis sanitaria.
- Conocer las apreciaciones que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales, respecto a su productividad académica durante la pandemia COVID-19, a partir de las demandas laborales y domésticas que enfrentan.
- Conocer la percepción que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales, respecto a la valoración profesional que existe desde sus áreas de trabajo y de sus pares profesionales.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la percepción que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales sobre el impacto que ha tenido la pandemia COVID-19 en su productividad académica y valoración profesional en relación a los años previos de la crisis sanitaria?

¿Cuáles son las apreciaciones que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales, respecto a su productividad académica durante la pandemia COVID-19, a partir de las demandas laborales y domésticas que enfrentan?

¿Cuál es la percepción que tienen las investigadoras chilenas en ciencias sociales, respecto a la valoración profesional que existe desde sus áreas de trabajo y de sus pares profesionales?

4. METODOLOGÍA

Esta investigación, corresponde a un enfoque mixto de ejecución concurrente (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010). Es decir, los datos cualitativos y cuantitativos, obtenidos desde una encuesta y entrevistas, fueron recabados de forma separada y simultánea, aunque finalmente el

análisis de los resultados se entrega en conjunto con el objetivo de complementar los datos obtenidos (Onwuegbuzie y Johnson 2006; Vernal et.al, 2019).

4.1. *Encuesta Online*

La encuesta online fue aplicada durante los meses de agosto y septiembre de 2021, bajo el título Productividad, Género y Ciencias Sociales. Su objetivo fue analizar las percepciones que tienen las mujeres académicas en ciencias sociales, con respecto al impacto que ha tenido la pandemia COVID-19 en su productividad científica y valoración hacia su trabajo profesional. Se compuso de 41 preguntas organizadas en cinco ítems. Del total de las preguntas todas eran cerradas, excepto la última.

Las preguntas fueron cotejadas y revisadas por cuatro interjueces, correspondientes a mujeres doctoras e investigadoras de diversas regiones del país. La encuesta final fue trabajada en la plataforma Drive de Google y sociabilizada en diversas redes de investigación e instituciones académicas de Chile. Se utilizó un muestreo de bola de nieve, donde cada encuestada recomendaba el nombre de otra o compartía el instrumento a una investigadora similar y, así, sucesivamente (Atkinson y Flint, 2001). Esta metodología suele asociarse a investigaciones exploratorias y descriptivas sobre todo en estudios en los que los encuestados son pocos en número (Baltar y Gorjup, 2012).

La encuesta fue respondida por 54 mujeres investigadoras chilenas con doctorado, provenientes de diversas disciplinas dentro de las ciencias sociales: antropología, comunicaciones, derecho, economía, educación, historia, lingüística y literatura. El rango etario de las mujeres estuvo entre los 31 y 59 años, con un promedio de 43 y una moda de 39.

La primera y segunda parte de la encuesta estuvo centrada en información general con respecto a sus estudios de doctorado, qué año se doctoró, en qué universidad, cuánto tiempo le tomó completar sus estudios y si obtuvo algún tipo de beca o financiamiento. Se les preguntó, además, con respecto al contrato laboral que tenían al momento de responder la encuesta y en qué tipo de institución trabajaban. En relación con su situación familiar, se les consultó si tenían pareja, hijos, si estaban a cargo del cuidado de algún tercero y si recibían ayuda en las labores domésticas.

La tercera parte de la encuesta indagó en la productividad y demandas laborales. Se les consultó a las participantes sobre sus publicaciones en revistas científicas, la postulación y adjudicación de fondos concursables y el liderazgo en proyectos científicos, haciendo una comparación

entre antes y después de la Pandemia de COVID- 19. Por otra parte, se les pidió contestar preguntas, acerca de las horas dedicadas a la investigación, gestión y docencia.

Luego, en la cuarta parte, las preguntas estuvieron enfocadas a la productividad científica y la vida cotidiana. Se les pidió a las mujeres consultadas que clarificaran qué actividades de su vida laboral y personal, intervienen en su productividad científica y tiempo de ocio.

Por último, la encuesta finalizó con la percepción sobre la valoración desde sus pares profesionales y la inequidad de género en su lugar de trabajo.

4.2. Entrevistas en profundidad

La etapa cualitativa de la investigación es de tipo descriptiva- interpretativa, debido a que las respuestas de las entrevistadas fueron analizadas para obtener resultados que permitieran conocer sus percepciones sobre la valoración académica desde sus pares durante la pandemia (Ruiz, 2007). Esta fase, entonces, contempló diez entrevistas semiestructuradas referidas a la percepción de las investigadoras en comunicaciones y ciencias sociales con respecto a su trabajo académico en tiempos de pandemia (Hernández et al. 2010; Flick 2004). Las entrevistadas, tuvieron la libertad para expresar de la mejor manera sus vivencias personales, apreciaciones y opiniones frente al tema estudiado (Creswell 2005). La pauta de entrevista estuvo conformada por 23 preguntas que fueron evaluadas por interjueces, escogidos por las investigadoras (De Arquer, 1996).

Las preguntas se enfocaron en explorar en detalle la relación que existe entre la productividad científica, las demandas laborales y la vida cotidiana que tienen las mujeres investigadoras. Además, se incluyeron preguntas referidas a la valoración de sus pares y discriminación en sus lugares de trabajo. Las entrevistadas fueron seleccionadas por su trayectoria científica en las áreas que componen las Ciencias Sociales, Artes y Humanidades y por su experiencia en el ámbito académico. Asimismo, pertenecían a diversas zonas de Chile (norte, sur y centro del país) con la finalidad de evitar una perspectiva centralizada. Es decir, la muestra fue no probabilística (Salinas y Cárdenas 2009) y homogénea (Hernández et al. 2010), pues todas ellas contaban con un perfil similar.

Todas las entrevistas fueron aprobadas bajo un consentimiento informado de las participantes. Debido a la flexibilidad de la investigación cualitativa (Ruiz 2007), durante el transcurso de la entrevista fue posible que nacieran otras preguntas complementarias que permitieron

clarificar algunas ideas. Asimismo, el orden en que se realizaron las preguntas fue adecuado a cada entrevistada y no alteró el estudio (Rogers y Bouey 2005). El análisis de las entrevistas se originó a partir de datos cualitativos, desarrollados de forma comprensible y fiable (Gibbs 2012). En la primera etapa del análisis se definieron categorías generales pre-establecidas (Miles y Huberman 1994) y luego, fueron surgiendo subcategorías que concluyeron en los resultados finales de la investigación. Los datos se ordenaron, categorizaron y agruparon (Salinas y Cárdenas 2009) inductivamente en relación con las opiniones y percepciones de las entrevistadas (Raymond 2005). En los resultados se enfatiza la opinión de las entrevistadas de forma anónima. Todo ello mediante citas textuales y códigos para diferenciarlas.

5. RESULTADOS

Todas las mujeres participantes de esta investigación tienen grado de doctora. A 18 de ellas le tomó entre 3 y 4 años obtenerlo, mientras que las 36 restantes demoraron entre 5 y 7 años. Ellas comentaron que uno de los principales factores que incidió en el tiempo de demora, fue la maternidad (41 de las mujeres encuestadas son madres de uno o más hijos)

Actualmente, y de acuerdo con los datos recolectados, se aprecia que 52 de las 54 mujeres encuestadas trabaja en una institución de educación superior. Sin embargo, sólo 34 están contratadas en una jornada completa. Sólo 11 están a honorarios y 5 tienen contrato de media jornada. Estos datos revelan que, si bien las mujeres logran insertarse en la industria de la educación superior en nuestro país, las condiciones laborales siguen siendo precarias, lo que impacta en su productividad científica.

5.1. *Disminución de la productividad científica durante la pandemia*

Para establecer una comparativa entre los años previos a la pandemia y durante la misma, se les consultó a las encuestadas cómo era su productividad científica en términos de artículos publicados, antes y durante la pandemia del COVID-19. Se evidenció que 16 mujeres publicaron más de cinco artículos entre los años 2017 y 2019, cifra que bajó a 10 entre el 2020 y el 2021. En promedio las mujeres habrían publicado 2 artículos en tiempos de pandemia y 10 de ellas reconoce no tener publicaciones en ese periodo. Todo ello a diferencia de los años previos, donde la opción ninguno corresponde a 8 en total. (Figura 1).

Número de artículos publicados por las encuestadas

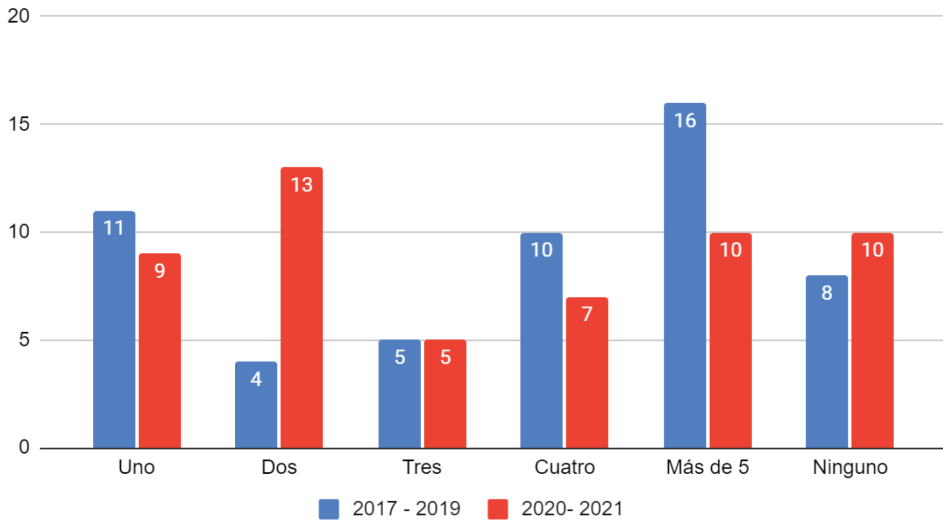


Figura 1. Comparativa de número de artículos publicados entre los años previos y durante la pandemia COVID-19.

Fuente: Elaboración propia

En esta misma línea de productividad, 31 encuestadas estarían liderando algún proyecto de investigación en Chile, siendo los más populares los fondos internos institucionales (10) los Fondecyt de Iniciación¹ (9) y los Fondecyt Regular² (8). De este total, 20 investigadoras confirmarían que sus proyectos avanzan “más lento de lo esperado y con muchas dificultades” y 10 de ellas reconocen que “avanza en el tiempo esperado y con algunas dificultades”. Durante las entrevistas, que complementan los resultados de la encuesta, las participantes afirmaron que la gestión académica se duplicó en la pandemia y los tiempos de investigación pasaron a un segundo plano. Situación que explicaría la disminución de la productividad, aunque no el incumplimiento de la misma. Por ejemplo, 36 encuestadas reconoció haber postulado a algún fondo de investigación

1. El Concurso de Proyectos de Iniciación en Investigación es realizado y otorgado por la Agencia Nacional de Investigación en Chile. Más información en <https://www.anid.cl/?s=fondecyt&filters=&categ=>

2. El Concurso Nacional de Proyectos Fondecyt Regular es realizado y otorgado por la Agencia Nacional de Investigación en Chile. Más información en <https://www.anid.cl/?s=fondecyt&filters=&categ=>

entre los años 2020 y 2021. No obstante, sólo 14 de ellas habría logrado la adjudicación de algún proyecto. La principal razón para no haber sido seleccionadas sería una calificación bajo el puntaje de corte (14).

Las entrevistadas, en tanto, coinciden en que la gestión, la docencia y otras actividades académicas, durante la pandemia, fueron quitando espacio a la investigación e impidiendo una productividad esperada junto al cumplimiento óptimo de las metas laborales.

“Quedé con un paper sin entregar porque en verdad entre las cosas administrativas, el fondo de investigación, las reuniones, los cursos, todo eso tiene fechas límites, pero la producción científica es autogestionada. Yo al menos funciono a punta de plazos y como los artículos indexados son una autogestión, entonces, ha mermado el tiempo que le dedico a la investigación, mucho más ahora en pandemia” (E4)

“Hay un discurso de tiempo protegido para investigar, pero lograrlo no es nada fácil. Que tienes que ir a una reunión, ver un currículum, una reunión con un profesor del área, no sé, lo que sea. Además, es difícil para las personas que hacen investigación no participar de otras actividades y que no se vea como algo raro” (E1)

“Me piden que evalúe artículos, organice cosas, eventos, encuentros y nada de eso está en mi evaluación de desempeño. Luego, cuando además te evalúan, lo que tienes que poder hacer para ser evaluado son proyectos de investigación, artículos publicados y el tiempo falta” (E3)

Las universidades, además, se adaptaron de diversas formas y con distintos tiempos a esta nueva realidad. Algunas optaron por suspender todo tipo de docencia, mientras que otras llevaron sus clases a espacios virtuales con bastante mayor rapidez. En la encuesta fue posible determinar que la mayoría de las participantes (20) dedicaron entre 1 y 5 horas semanales a investigar, seguido por 6 a 15 horas (19) y sólo 6 de ellas, le dedicaron más de 20 horas. Esto para 32 de las encuestadas, no correspondería a las horas que deberían designar a la investigación según sus contratos laborales. En esta misma línea, 23 de ellas asegura que dedicó más de 20 horas a la gestión y a dar clases.

Frente a ello, las entrevistadas concuerdan en que además de la gestión o docencia, existen factores ajenos a lo laboral, que afectaron la productividad académica durante la pandemia. Eso se traduce, principalmente, al cuidado de hijos/as pequeños/as o a labores domésticas.

“No tengo ninguna publicación este año. Tuvieron que ver las condiciones de producción y esta superposición de los espacios, de lo privado y lo íntimo. Cuando eso pasa, yo no puedo pensar, o sea iba a reuniones con

colegas donde la guagua de 1 año y medio le jalaba el pelo. Ese nivel de invasión en lo privado y de lo íntimo es desquiciante y el proceso de reflexión y escritura a mí me exige soledad, desconexión” (E5)

“Lo que cambió para mí fueron los horarios de trabajo. Yo normalmente trabajaba después de ir a dejar a los niños al colegio, de 8:30 a 16:00 y después los iba a buscar y para la casa. En la pandemia no, en la pandemia me levantaba súper temprano, a las 5 am para poder trabajar lo que necesito, o sea producir artículos y escribir concentrada” (E8)

“Compatibilizar mi vida familiar, las demandas familiares con el trabajo laboral. Siempre ha sido un equilibrio precario, siempre es como hacer malabares” (E9)

5.2. Tiempo de ocio designado a labores académicas

La investigación, buscó indagar en el autocuidado de las mujeres en términos del tiempo personal o de ocio durante la pandemia. Los datos cuantitativos muestran que 32 mujeres le dedican al tiempo de ocio, sólo entre 1 y 5 horas a la semana. 9 de las 54 le dedica más de 6 horas a la semana y 13 declara no tener ninguna hora de ocio durante la semana.

En relación con el tiempo de ocio, se comprende que existen factores laborales y personales que intervienen en la productividad científica. En relación con los factores laborales, tal como muestra la Figura 2, las reuniones extensas (42) fue la opción más seleccionada como una situación laboral que intervino en la productividad académica. Ésta, seguida por el exceso de gestión (29) y las clases virtuales (28).

Además de los factores laborales que intervienen en la productividad científica antes y después de la pandemia, se les preguntó a las mujeres qué factores de su vida cotidiana afectaron su trabajo investigativo durante el COVID-19. Para 50 encuestadas, las labores domésticas intervenían en su productividad científica, independientemente fueran madres o no. En tanto el cuidado de los/as hijos/as pequeños (28), el espacio físico disponible para trabajar (19), los problemas de salud (10), las dificultades de conexión (10) y los proyectos personales (10) estuvieron dentro de las opciones más seleccionadas por las participantes, como situaciones que afectaron la productividad en la academia. Llamó la atención que el estrés y la angustia, siendo parte de un problema mundial, tuvo sólo una preferencia.

Los resultados cualitativos, también, muestran y explican una tensión permanente entre la generación de un espacio propio y las múltiples

En tiempos de pandemia COVID-19, ¿Consideras que algunas de estas situaciones laborales ha intervenido en tu productividad científica?

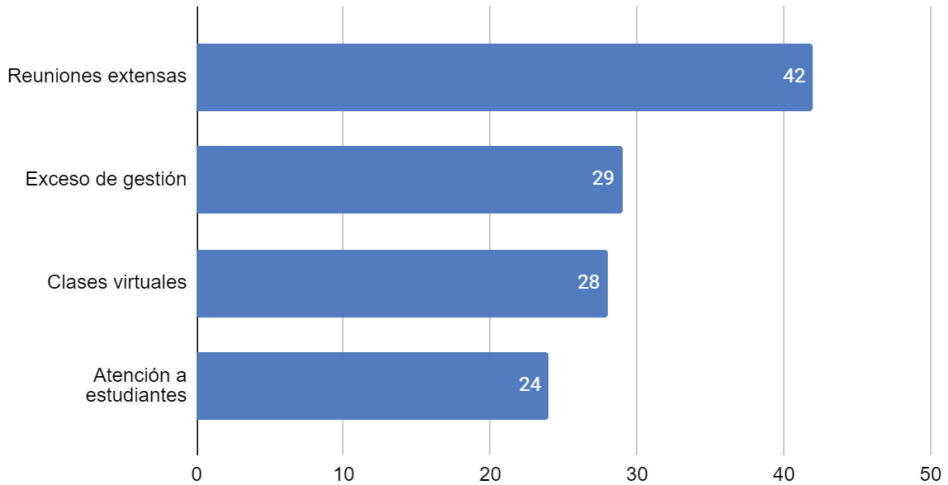


Figura 2. Situaciones laborales que intervienen en la productividad científica de las académicas encuestadas.

Fuente: Elaboración propia

responsabilidades que las mujeres deben cumplir. Las entrevistadas coinciden en que el tiempo de ocio, durante la pandemia, no fue suficiente para realizar actividades de distracción o, incluso, cuidar el espacio físico junto con llevar una vida saludable.

"Tengo mi casa totalmente abandonada, de hecho, por primera vez en mi vida estoy evaluando pedirle a alguien que me venga a ayudar a limpiar" (E3)

"No, nada, olvídale. Jamás volví a ver una película, no he visto amigos excepto a gente que también tiene guagua y nos juntamos a hacer algo con los niños. Pero tiempo personal, no, nada" (E1)

"El deporte también ha sido parte de mi auto exigencia, yo siempre he hecho alguna actividad física. Hay una trampa, pues se supone que te ayuda, pero es otra exigencia más ¿te fijas?" (E9)

5.3. Dinámicas laborales y estructuras universitarias

Al momento de indagar en la discriminación de género en los lugares de trabajo, 31 mujeres consideraron que se sienten valoradas en su

lugar de trabajo, mientras que un 23 afirma no sentir que se valora su desempeño. A la pregunta ¿Has sido discriminada en tu lugar de trabajo? 30 mujeres respondieron que no, versus las 24 restantes. No obstante, al consultarles si se había sentido, alguna vez, discriminadas por ser mujer, 31 afirman que sí. Dicha discriminación provendría, principalmente, de superiores jerárquicos (16), seguida por pares varones (8).

Otra pregunta de la encuesta permitió averiguar la distribución de género de las plantas docentes. Así, 31 mujeres establecen que, en su área de trabajo, más del 50% de los docentes contratados son hombres; 14 de ellas afirma que en su institución existe una distribución equitativa entre géneros y sólo en 9 de los casos, habría más mujeres que hombres contratados.

Para la mayoría de las entrevistadas, existe discriminación en el trato con sus colegas varones y diversos estereotipos de género que aún se mantienen vivos dentro de la cultura organizacional de las universidades. Incluso, en muchos casos, desde las mismas pares mujeres.

“A mí una vez un colega me dijo «Si tu sueldo es complementario», ¿Cómo que complementario? «Si, es que el sueldo de las mujeres es como para que se compren cosas». Yo le contesté que con mi sueldo había pagado mi casa, y él me replica, «ahh, es que eso lo tiene que hacer tu marido»” (E6).

“Hay tratos y formas que están institucionalizadas. Me pasa incluso con los estudiantes que dicen tener otra mentalidad, sin embargo, a la hora de diferenciar, muchas veces sus quejas y lo que esperan es muy distinto. Me dicen, por ejemplo: usted es madre, debería entenderme...” (E3)

En cuanto al rol de las instituciones para romper la brecha de género, 30 entrevistadas afirman que en su universidad existe departamento de género. De dicho número, 21 de ellas reconocieron haberse acercado, principalmente para obtener información (6) y realizar consultas generales (4). Mientras tanto, 3 de ellas habrían recurrido a dicha área por problemas de acoso sexual.

Con respecto a lo anterior, las entrevistadas en su mayoría consideran que existe una responsabilidad por parte de las instituciones de generar condiciones propicias para que las mujeres investigadoras puedan ejercer su labor. Eso implica, comprender de mejor forma el proceso investigativo y distribuir de mejor forma las cargas laborales.

“Porque el tiempo indirecto es menos tiempo de investigación, menos tiempo de escritura. Todo lo que tú haces en una universidad va en contra de la investigación y eso no lo entienden ni las instituciones, ni los colegas,

ni las culturas organizacionales en las universidades, nadie lo entiende, es una cuestión que lo vive la investigadora de forma solitaria” (E10)

“Las universidades son centros de discriminación. Se estructuran de una forma patriarcal. La presencia de las mujeres es menor en la planta académica y por supuesto que la cultura académica es fundamentalmente androcéntrica. Eso se plasma en la organización, en el lenguaje, en la estructura, en la organización, en cómo se componen las comisiones, los cargos, en todo” (E9)

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La pandemia de COVID- 19 irrumpió las estructuras sociales y económicas de todas las personas, alterando las formas de trabajo, las dinámicas domésticas, la relación con otros y las visiones de futuro. Sin embargo, a pesar del alcance universal de la pandemia, las personas se vieron afectadas de manera radicalmente diferentes, según sus circunstancias (Dunatchik, et al, 2021).

Esta investigación ofrece nueva información con respecto al cambio que significó el COVID-19 en las rutinas investigativas de las académicas e investigadoras, concretamente en el área de las ciencias sociales de Chile. Al cruzar los datos cuantitativos con los discursos y percepciones que entregaron las mujeres, se pudo concluir que en aquel periodo de tiempo existió una baja en la productividad científica, vinculada a factores laborales como la alta demanda en términos de gestión académica, que incluía extensas reuniones de coordinación, atención a estudiantes por sobre las horas establecidas, planificación de actividades formativas online, entre otras. A lo anterior, se incluyen, además, factores personales relacionados con las labores domésticas de limpieza y aseo del hogar, el cuidado de hijos pequeños y el compartir espacios de trabajo reducidos con los otros miembros de la familia.

De esta manera se confirma que la inequidad de género es transversal a las diversas áreas del conocimiento y no sólo ocurre en las áreas STEM, pues también es una deuda pendiente en las ciencias sociales, artes y humanidades. Sin ir más lejos, el estudio de García – Jiménez, et al. (2022) evidencia la baja visibilización y citación que tienen las autoras referentes en el área de las ciencias de la comunicación.

Si bien, previo al COVID-19, el trabajo realizado por mujeres en las universidades presentaba importantes brechas de género (Stepan-Norris y Kerrissey 2016; Winslow y Davis 2016), la llegada de la pandemia

significó la profundización de problemáticas, ya existentes. Efectivamente las consecuencias del confinamiento significaron una mayor baja en la producción científica a nivel nacional, tanto en publicaciones como la adjudicación de proyectos de investigación. Fenómeno que este estudio comprueba y, además, cuyos resultados se condicen con las recientes investigaciones de Staniscuaski et al. (2020) y Pereira (2021).

El confinamiento, además, restó tiempo de ocio a las mujeres investigadoras, impidiendo tener tiempo libre para realizar actividades recreativas (Bonavitta y Wigdor, 2021). De acuerdo con las mujeres, estos espacios libres se habrían cedido a la investigación o formulación de proyectos.

Con respecto a la percepción que tienen las mujeres investigadoras chilenas en ciencias sociales, respecto a la valoración profesional que existe desde sus áreas de trabajo, la mayoría de ellas se siente valorada por su institución y sus colegas, esto considerando que existen más hombres que mujeres en la mayoría de los lugares de trabajo de las académicas participantes.

Por otra parte, se concluye que las instituciones académicas chilenas están fortaleciendo los espacios de apoyo a mujeres con la finalidad de disminuir las brechas de género y son las mismas académicas, quienes poco a poco se han ido acercando para obtener información desde estas áreas.

FINANCIACIÓN

Fuentes de financiamiento del estudio: Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile, ANID (Fondecyt de iniciación N° 11220179, El rol de los medios de comunicación en la visibilización de mujeres investigadoras chilenas, durante la pandemia COVID-19). Inicio marzo 2022 y término marzo 2025.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abud, María José y Brandon, Virginia (2021). La estadística silenciosa: Hogar, empleo y pandemia tienen a las mujeres en Chile en la cuerda floja. *Banco Mundial Blogs*. <https://bit.ly/3rhP07I>
- Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). (2021). *Reporte Participación Femenina 2016–2020*. https://s3.amazonaws.com/documentos.anid.cl/cti/Medida8_InformeAnálisisDeParticipacion.pdf

- Arujo, Clara (2022). A pandemia de COVID 19: mais um “nó crítico” nas desigualdades de gênero no Brasi, en Castañeda, Martha, et al (2022) *Nudos críticos sobre la desigualdad de género*. CLACSO, Buenos Aires
- Atkinson, Rowland y Flint, John (2001). Accessing hidden and hard-to-reach populations: Snowball research strategies. *Social Research Update*, 33, 1-5.
- Babcock, Linda, Recalde, María P., Vesterlund, Lisa y Weingart, Laurie. (2017). Gender differences in accepting and receiving requests for tasks with low pro-motability. *American Economic Review*, 107(3), 714-47.
- Baltar, Fabiola y Gorjup, María Tatiana (2012). Muestreo mixto online: Una aplicación en poblaciones ocultas. *Intangible Capital*, 8(1), 123- 149.
- Bartik, Alexander, Bertrand, Marianne, Cullen, Zoe, Glaeser, Edward, Luca, Michael y Stanton, Christopher (2020). The impact of COVID-19 on small business outcomes and expectations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(30), 17656–66.
- Bird, Sharon. (2011). Unsettling universities’ incongruous, gendered bureaucratic structures: A case study approach. *Gender, Work & Organization*, 18(2), 202-30.
- Bird, Sharon, Litt, Jaquelyn y Wang, Yong. (2004) Creating status of women reports: Institutional housekeeping as “women’s work.” *NWSA Journal*, 16(1), 194-206.
- Blair-Loy, Mary. (2003). *Competing Devotions: Career and Family Among Women Executives*. Harvard University Press. <http://dx.doi.org/10.4159/9780674021594>
- Bonavitta, Paola y Bard Gabriela (2021). Las mujeres en aislamiento por COVID-19: Tiempos de cuidado, tareas domésticas, comunitarias y Teletrabajo. *Revista Punto Género*, (15), 89–113.
- Britton, Danna, M. (2017). Beyond the chilly climate: The salience of gender in women’s academic careers. *Gender & Society*, 31(1), 5–27.
- Burchielli, Rosaria, Bartram, Timothy. y Thanacoody, Rani. (2008). Work-family balance or greedy organizations? *Industrial Relations*, 63(1) 108–33.
- Carvalho, Teresa. y Machado, María de Lurdes (2010). Gender and shifts in higher education managerial regimes. *Australian Universities Review*, 52(2), 33-42.
- Castro, Abelardo. (2004). La universidad como institución de conocimiento. ¿Una discusión pendiente en Chile? *Calidad en la Educación*, 20, 19-36. <https://doi.org/10.31619/caledu.n20.342>
- Cha, Youngjoo. (2010). Reinforcing separate spheres: The effect of spousal over- work on men’s and women’s employment in dual-earner households. *American Sociological Review* 75 (2) 303–29.

- Cha, Youngjoo. y Weeden, Kim. (2014). Overwork and the slow convergence in the gender gap in wages. *American Sociological Review*, 79(3) 457–84.
- Consejo Nacional de Educación CNED (2023). *Informe de Índice de Matrículas* Recuperado en: <https://www.cned.cl/informes-en-es>
- Correll, Shelley, Benard, Stephen, y Paik, In. (2007). Getting a job: Is there a motherhood penalty? *American Journal of Sociology*, 112(5), 1297–1338. <https://doi.org/10.1086/511799>
- Cortés, Guido, y Forsythe, Eliza. (2020). Impacts of the Covid-19 pandemic and the Cares Act on earnings and inequality. *IZA Discussion paper no. 13643*. <http://bit.ly/3sJwKEP>
- Coser, Lewis. (1974). *Greedy Institutions: Patterns of Undivided Commitment*. Free Press.
- Creswell, John. (2005). *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Cuddy, Amy, Fiske, Susan, y Glick, Peter. (2004). When Professionals Become Mothers, Warmth Doesn't Cut the Ice. *Journal of Social Issues*, 60(4), 701–718. <https://doi.org/10.1111/j.0022-4537.2004.00381.x>
- De Arquer, María Isabel. (1995). *Fiabilidad Humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos* Madrid: Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales.
- Deem, Rosemary. (2003). Gender, organizational cultures and the practices of manager-academics in UK universities. *Gender, Work & Organization*, 10(2), 239–59.
- Deem, Rosemary. (2007). Managing a meritocracy or an equitable organization? Senior managers' and employees' views about equal opportunities policies in UK universities. *Journal of Education Policy*, 22(6) 615–36.
- Del Pino Arriagada, Sara, Vallejos Cartes, Rosana, Améstica Rivas, Luís y Cornejo-Saavedra, Edison (2018). Presencia de las mujeres en la alta gestión universitaria. Las universidades públicas en Chile. *Páginas De Educación*, 11(2), 176-198.
- Dunatchik, Allison, Gerson, Kathleen., Glass, Jennifer, Jacobs, Jerry, y Spritzel, Haley. (2021). Gender, Parenting, and the Rise of Remote Work During the Pandemic. Implications for domestic inequality in the United States. *Gender & Society*, 35(2). 194-205.
- Duxbury, Linda, Higgins Chistopher y Smart Rob. (2011). Elder care and the impact of caregiver strain on the health of employed caregivers. *Work*, 40(1), 29–40.
- Flick, Uwe. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.

- García Jiménez, Leonarda, Torrado-Morales, Susana y Díaz Tomás, Juan Manuel (2022). El rol de la mujer en la ciencia y la docencia en comunicación: análisis a partir de los programas universitarios en España, *Revista de comunicación*, 21(2), 91-113. <http://dx.doi.org/10.26441/rc21.2-2022-a5>
- Gibbs, Graham. (2012). *El análisis de datos cualitativos en investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Guil, Ana. (2016). Género y construcción científica del conocimiento. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 18(27), 263-288. <https://doi.org/10.19053/01227238.5532>
- Hernández, Roberto., Fernández, Carlos, y Baptista, Pilar. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico D. F.: McGraw-Hill.
- Hirata, Helena y Kergoat, Daniele (2007). Novas configurações da divisão sexual do trabalho. *Cadernos de Pesquisa*, 37(132) <https://doi.org/10.1590/S0100-15742007000300005>
- Hirsh, C Elizabeth., Treleaven, Christina y Fuller, Sylvia. (2020). Caregivers, Gender, and The Law. An Analysis of Family Responsibility. *Gender & Society*, 34(5) 760-789
- Instituto Nacional de Estadística INE (2022). *Informe de Ocupación y Desocupación*. Recuperado de: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/mercado-laboral/ocupacion-y-desocupacion>
- Kassova, Luba. (2020). The Missing Perspectives of Women in COVID-19 News. Recuperado el 3 marzo 2021. <https://www.iwmf.org/women-in-covid19-news>
- Kerfoot, Deborah. y Knights, David. (1999). Man management: Ironies of modern management in an "old" university. En S. Whitehead y R. Moodley (Comp.), *Transforming managers: Gendering change in the public sector*, 200-213. Oxon: Routledge.
- Koskinen, Paula, Törnroos, Maria. y Kohvakka Roosa. (2018). The institutionalised undervaluation of women's work: The case of local government sector collective agreements. *Work, Employment and Society*, 32(4), 07-25.
- Lee-Gosselin, Hélène., Brière, Sophie. y Hawo, Ann. (2013). Resistances to gender mainstreaming in organizations: Toward a new approach. *Gender in Management: An International journal*, 28(8), 468-85.
- Mandiola, Marcela., Rios, Nicolás. y Varas, Alejandro. (2019). Hay un tema que no hemos conversado. La cassata como organización académica generalizada en las universidades chilenas. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 56(1), 1-16.

- Maroto-Varela, María del Carmen. (2018). Las mujeres en la ciencia y en las academias. *Anales RANM*, 135(02), 178–183. <http://dx.doi.org/10.32440/ar.2018.135.02.rev11>
- Martínez, Christopher. y Arellano, Juan Carlos. (2021). J.C. University presidents' turnover and survival: the case of Chile. *HighEduc*. <https://www.ciperchile.cl/2021/03/31/escaner-a-los-rectores-chilenos-como-limitar-su-poder/>
- Martínez-Alemán, Ana. (2014). Managerialism as the 'new' discursive masculinity in the university, *Feminist Formations*, 26(2), 107-134. <https://doi.org/10.1353/f.2014.0017>
- Miles, Matthew y Huberman, Michael. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, Estados Unidos: Sage.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2020). *Radiografía de género en ciencia, tecnología conocimiento e innovación*. Recuperado el 1 de agosto 2022. bit.ly/48fN7td
- Mooi-Reci, Irma, Risma, Barbara. (2021). The Gendered Impacts of COVID-19 Lessons and Reflections. *Gender & Society*, 35(2), 161-167.
- Morley, Louise. (1999). *Organizing feminisms: The micro-politics of the academy*. Hampshire: Palgrave MacMillan.
- O'Meara, KerryAnn., Kuvaeva, Alexandra, Nyunt, Gudrun, Waugaman, Chelsea. y Jackson. Rose. (2017). Asked more often: Gender differences in faculty workload in research universities and the work interactions that shape them. *American Educational Research Journal*, 54(6), 1154-86.
- Onwuegbuzie, Anthony y Johnson, R. Burk (2006). The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13(1), 48-63. Retrieved from <http://www.msera.org/docs/rits-v13n1-complete.pdf#page=55>
- Pereira, Maria do Mar. (2021). Researching Gender Inequalities in Academic Labour during the COVID-19 Pandemic: Avoiding Common Problems and Asking Different Questions. *Gender, Work & Organization*. <https://doi.org/10.1111/gwao.12618>
- Prichard, Craig. (1996). Managing universities: is it men's work? En David. Collinson y Jeff. Hearn (Eds.), *Men as managers, managers as men: Critical perspectives on men, masculinities and managements*, 227-238. London: Sage.
- Radović-Marković, Mirjana, Radulović, Dejan, Đukanović, Borislav, Kyaruzi, Imani. (2021). *Flexibility and adaptation: the new post-Covid era*. Silver and Smith Publishers, Birmingham, United Kingdom.
- Raymond, Emilie. (2005). Grounded Theory como método de investigación en ciencias sociales: en la encrucijada de dos paradigmas. *Cinta de Moebio. Revista de epistemología de ciencias sociales*, (23). <https://revistaestudiosarabes.uchile.cl/index.php/CDM/article/view/26082>

- Reuben, Ernesto, Sapienza, Paola y Zingales, Luigi. (2014). How stereotypes impair women's careers in science. *PNAS: Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(12), 4403–8.
- Ridgeway, C. L. and Correll, S. J. (2004) Unpacking the Gender System: A Theoretical Perspective on Gender Beliefs and Social Relations. *Gender & Society*, 18, 510-531.
- Rindfleish Jennifer y Sheridan, Alison. (2003). No change from within: senior women managers' response to gendered organizational structures. *Women in Management Review*, 18(6), 299–310
- Rogers, Gayla. y Bouey, Elaine. (2005). Participant Observation. En Richard, Grinnell y Yvonne Unrau (Eds.), *Social work: research and evaluation. Quantitative and qualitative approaches* 231-244. New York: Oxford University Press.
- Rossiter, Margaret. (1993). The Matthew Matilda effect in science. *Social Studies of Science*, 23(2), 325–41.
- Ruiz, J. L. (2007). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Salinas, Paulina. y Cárdenas, Manuel. (2008). *Métodos de investigación social. Una aproximación desde las estrategias cuantitativas y cualitativas*. Antofagasta: Ediciones Universidad Católica del Norte.
- Saul, Jennifer. (2013). Implicit bias, stereotype threat, and women in philosophy. En *Women in philosophy: What needs to change?*, editado por Hutchison, K. y Jenkins, F. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Seierstad, Cathrine. y Healy Geraldine. (2012). Women's equality in the Scandinavian academy: A distant dream? *Work, Employment and Society*, 26(2), 296–313.
- Staniscuaski, Fernanda, Livia, Kmetzsch, Eugenia, Zandonà, Fernanda, Reichert, Rossana, Soletti, Zelia, Ludwig, Eliade, Lima, Adriana Neumann, Ida, Schwartz, Pamela, Mello-Carpes, Alessandra, Tamajusuku, Fernanda, Werneck, Felipe, Ricachenevsky, Camila, Infanger, Adriana, Seixas, Charley, Staats, Leticia de Oliveira. (2020). *Gender, race and parenthood impact academic productivity during the COVID-19 pandemic: from survey to action*. bioRxiv Preprint. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.07.04.187583v1.full.pdf+html>
- Stepan-Norris, Judith. y Kerrissey, Jasmine. (2016). Enhancing gender equity in academia: Lessons from the ADVANCE program. *Sociological Perspectives*, 59(2), 225–45.
- Sullivan, Teresa. (2014). Greedy institutions, overwork, and work-life balance. *Sociological Inquiry*, 84(1), 1–15.

- Teurillat, Daniel. y Gareca, Benjamín. (2015). Organización de docencia e investigación en universidades: una exploración al caso chileno. *Calidad de la Educación*, 42, 123-160. <https://doi.org/10.4067/s0718-45652015000100005>
- Tomas, Robyn. y Davies, Annette. (2002). Gender and New Public Management: reconstituting academic subjectivities. *Gender, Work and Organization*, 9(4), 372-397. <https://doi.org/10.1111/1468-0432.00165>
- Vernal-Vilicic, Teresa, Valderrama, Lorena, Contreras-Ovalle, Joaquín y Arriola, Tamara. (2019). Percepción de la formación y la especialización del periodismo científico en Chile. *Cuadernos, info*, (45), 213-226. <https://doi.org/10.7764/cdi.45.1717>
- Williams, J., Bornstein, S., & Painter, G. R. (2012). Discrimination against mothers is the strongest form of workplace gender discrimination: Lessons from US caregiver discrimination law. *International Journal of Comparative Labour Law and Industrial Relations*, 28(1), 45–62.
- Winslow, Sarah. y Davis, Shannon. (2016). Gender inequality across the academic life course. *Sociology Compass*, 10(5) 404–16.

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32066>

MEDIATIZACIONES EN CIENCIA Y CERVEZA. ANÁLISIS DE AUDIOVISUALES Y CONTEXTOS DE LA INDUSTRIA CERVECERA Y LA ACADEMIA

*Mediatisations in science and beer. Analysis of
audiovisuals and contexts of the brewing industry
and academia*

Santiago M. KADERIAN

*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),
CITECDE, Universidad Nacional de Río Negro. Universidad de Buenos
Aires, Facultad de Ciencias Sociales, Argentina*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4748-8862>

Barbara MASSEILOT

*Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Sociales, Instituto de
Investigaciones Gino Germani (IIGG). Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*

Recibido: 15/04/2024

Revisado: 19/07/2024

Aceptado: 13/08/2024

RESUMEN: Este trabajo analiza mediatizaciones relacionadas con una experiencia de vinculación entre una corporación cervecera, instituciones de investigación pública de la Patagonia Argentina y productores locales de cerveza artesanal para el uso de levaduras “salvajes” entre 2016 y 2018. El objetivo del artículo consiste en comprender la producción de sentido en torno a estos productos con base científico-tecnológica y su

promoción. Para ello propone un análisis de contenido de mediatizaciones desde una perspectiva cualitativa que focaliza en sus aspectos sociomateriales, discursivos, y en los contextos en los que se originaron y circularon. Esto permite interpretar las narrativas y elementos materiales identificados en dichas mediatizaciones dentro de un contexto particular, tanto en el sector cervecero como en las instituciones de investigación académica argentinas. Para el análisis se seleccionaron dos audiovisuales y se incluyeron otras fuentes primarias y secundarias. Como resultado, se evidencia la integración de elementos y lógicas de la producción científica, de la elaboración artesanal y de elementos de origen en las estrategias de promoción comercial de la empresa, y se destacan narrativas alfabetizadoras de la ciencia y un marcado énfasis en la relevancia de la transferencia y lo regional en la comunicación y promoción científico-tecnológica en las instituciones públicas.

Palabras clave: cerveza artesanal, Heineken, levadura, relación universidad e industria, narrativas.

ABSTRACT: This paper analyses mediatisations related to a linking experience between a brewing corporation, public research institutions in Patagonia Argentina and local craft beer producers for the use of "wild" yeasts between 2016 and 2018. The aim of the article is to understand the production of meaning around these science-based products and their promotion. To this end, it proposes a content analysis of mediatisations from a qualitative perspective that focuses on their content, their sociomaterial and discursive aspects, and takes into account the contexts in which they originated and circulated. This allows us to interpret the narratives and material elements identified in these mediatisations within a particular context, both in the brewing sector and in Argentinean academic research institutions. For the analysis, two audiovisuales were selected and other primary and secondary sources were included. As a result, the integration of elements and logics of scientific production, craft brewing and elements of origin in the company's commercial promotion strategies is evident, as well as the integration of science-literate narratives and a strong emphasis on the relevance of transfer and regionalism in scientific-technological communication and promotion in public institutions.

Keywords: craft beer, Heineken, yeast, university industry relations, narratives.

1. INTRODUCCIÓN. CIENCIA, CERVEZA Y MEDIATIZACIONES

En 2011 fue publicado un artículo científico que mostraba el parentesco de una levadura aislada de los bosques patagónicos de la República

Argentina con la levadura de cerveza lager, la más utilizada a nivel mundial por la industria cervecera. Esta levadura fue identificada por un grupo de microbiología de la Universidad Nacional del Comahue (UNCO) y del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET). A finales del año 2015, ambas instituciones firmaron un licenciamiento con la empresa multinacional Heineken para su uso comercial, el cual permitía también la producción por cerveceros artesanales regionales de la zona andino-patagónica. Tanto el hallazgo como la transferencia tuvieron difusión mediática en diarios, revistas, redes sociales, y en eventos cerveceros y científicos (Kaderian y Aguiar, 2022).

Este artículo busca comprender la producción de sentido en torno a las mediatizaciones que circularon a partir de experiencias de vinculación, producción y promoción de las cervezas con base científico-tecnológica. Para ello propone un análisis de contenido de mediatizaciones realizadas por la corporación cervecera y la UNCO. Las mediatizaciones pueden comprenderse como fenómenos de comunicación donde intervienen plataformas y soportes técnicos que pueden abordarse en sus efectos macrosociales y/o en contextos específicos. Se han seleccionado dos audiovisuales que tratan temáticas científico tecnológicas en torno a la identificación de esta levadura "salvaje" (Kaderian y Aguiar, 2022). Ambos circularon entre 2016 y 2018, acompañando la promoción y comercialización de las cervezas realizadas por la academia y la corporación. El enfoque metodológico para su tratamiento es cualitativo, e involucra herramientas para el análisis de sus características sociomateriales, discursivas, y de los contextos en los que se originaron y circularon. Se prestará especial atención a los aspectos socioproductivos de la cerveza artesanal e industrial, y a los cambios del sector académico local en materia de comunicación, vinculación y comercialización de la ciencia y la tecnología. La relevancia de su estudio está dada por la importancia de comprender el proceso de transformación de las relaciones entre los medios de comunicación y otros ámbitos como la academia y las empresas, sus implicancias y afectaciones mutuas. En la esfera de la investigación académica, la mediatización tiene incidencia en la evaluación y legitimación científica, en sus prácticas de promoción, de gestión institucional, y en su relación con la política y la industria. En la esfera empresarial, da lugar a nuevas formas de difusión y promoción a partir del despliegue de estrategias mediáticas para diversas plataformas. Finalmente, este tipo de abordaje permite identificar en particular el rol de las mediatizaciones en la producción de sentido en torno a estas nuevas cervezas, articulando elementos del producto, como su origen científico-tecnológico, artesanal y su anclaje territorial, para su comercialización.

En la primera sección del artículo se presenta el marco conceptual referido a mediatizaciones, ciencia y tecnología. En la segunda sección se hace referencia a la metodología y a la selección de los materiales a analizar. En la tercera sección se analiza el contenido de los audiovisuales y sus características sociomateriales. En la cuarta sección se interpreta dicho contenido a partir de su puesta en relación con el contexto de producción y circulación de los audiovisuales y las narrativas a las cuales apelan. En la sección final se presentan las conclusiones del artículo.

2. CONCEPTUALIZACIÓN. MEDIATIZACIONES, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Desde las ciencias sociales y la comunicación, Castells (1995) sostiene que la difusión y el desarrollo de las tecnologías de la comunicación e información (TICs) modificaron la base material y las reglas de juego en el consumo, la producción, el trabajo, la educación, el entretenimiento, los medios de información, la política y los gobiernos. Krotz (2017) refiere que la transformación actual más importante en los sistemas mediáticos tiene que ver con la integración de las computadoras en todas las operaciones simbólicas. Según el autor, esto tiene impactos en la estética, organización, tecnologías y la transformación del carácter que poseían los viejos medios. La mayor parte de esta integración es llevada a cabo por grandes empresas que configuran las actividades de los usuarios para obtener información (Krotz, 2017; Livingstone, 2019).

Autoras como Averbek-Lietz (2018) han propuesto comprender la mediatización como una epistemología donde los medios, las tecnologías, el sentido social y la acción comunicacional están entramados. Hjarvard (2016) sostiene que una mediatización puede ser descrita como un proceso creado por la superposición y adaptación recíproca entre las lógicas de los medios de comunicación y las de las otras instituciones. Según Vasallo de Lopes (2018), las mediaciones son el lugar donde es posible comprender la interacción, lo cual responde tanto al sistema industrial y las matrices culturales, como a las competencias de recepción y a la simbolización y ritualización de los lazos sociales. Por su parte, en su análisis de las plataformas mediáticas, Fernández (2018) define mediatizaciones como:

(...) todo sistema de intercambio total o parcialmente discursivo que se practique en la vida social y que se realice mediante la presencia de dispositivos técnicos que permiten la modalización espacial, temporal o espacio-temporal del intercambio (directo, grabado, presencia o no del cuerpo, indicialidad, iconicidad o simbolicidad, posibilidades, pero también restricciones en esos campos) (Fernández, 2018:31).

La dimensión sociomaterial refiere, en el estudio de plataformas mediáticas, al lugar central del material que se intercambia -discursivo, bienes o servicios-, y a los efectos modalizadores y de producción de sentido de los dispositivos técnicos utilizados en dichos intercambios (Fernández, 2020). Siguiendo a Fernández (2016; 2018; 2022), las plataformas mediáticas son complejos sistemas multimodales que permiten la interacción o co-presencia de sistemas de intercambio discursivo como *broadcasting* y *networking*. Mientras que *broadcasting* se refiere a medios masivos de comunicación, *networking* hace referencia a la mediatización que surge de las redes de Internet que poseen efectos horizontales de comunicación punto a punto y privilegian la interacción. Estas conviven con formas de uso como las espectatoriales, donde los receptores reciben, miran, leen y escuchan una emisión elegida y/o aceptada a partir de un soporte. Si bien la interaccional es la principal en las redes, también tiene presencia en medios *broadcasting* como la radio, la gráfica pública y la televisión. Actualmente las plataformas también implementan formatos de recomendación y preferencias en sitios web y aplicaciones (Cingolani, 2017). Fernández (2018) propone el término *postbroadcasting* para referir a la convergencia y relación conflictiva entre los medios masivos de comunicación (*broadcasting*) con los medios de las redes (*networking*) que emergen con Internet. Otra noción importante dentro de las mediatizaciones es la de narrativas transmedia (Scolari, 2019) como formas de comunicación que utilizan diversas plataformas para su difusión, donde la apropiación y redistribución por parte de usuarios y consumidores es clave.

En cuanto a la comunicación y mediatización de la ciencia y la tecnología, existen distintos modos de abordaje y líneas de estudio. Autores como Horst, Davies e Irwin (2016) refieren a la especificidad del campo de la comunicación de la ciencia y la tecnología. Ésta se enfoca en el estudio de acciones intencionales, explícitas y organizadas con el objetivo de comunicar conocimiento científico, metodología, procesos y prácticas en entornos donde no-científicos son una parte de reconocida de la audiencia. Luthje (2017) ha propuesto una utilización de las mediatizaciones de la comunicación de la ciencia y la tecnología, y ha analizado diferentes formas de mediatización: comunicaciones interpersonales, interactivas y de masas, y formas de comunicación de la ciencia: pública, inter-campos, formales o informales. Por otra parte, existen otras líneas de investigación que abordan aspectos socioinstitucionales y la importancia de las mediatizaciones en la ciencia y la tecnología. Según Väliverronen (2021), los estudios de la mediatización de la ciencia y tecnología tienen que ver con la posición de la ciencia y la tecnología en la sociedad. El autor refiere, focalizado en estudios europeos y estadounidenses, que la esfera pública

mediada se transformó en arena de legitimación de la actividad científica, con una lógica predominante basada en las relaciones públicas, el marketing y la publicidad, la cultura promocional y la lógica de la celebridad.¹ Todo ello en el marco de la comercialización de la ciencia y la tecnología, y la competencia por fondos públicos y privados para la investigación. En la esfera comercial, las narrativas científicas y técnicas han sido utilizadas en las publicidades y campañas de responsabilidad empresarial (Nelkin, 1995; Chen, 2015, Malcher y Raiol, 2018), un ejemplo de ello es la utilización de expertos como actores o la imitación de su estética.

Por su parte Weingart (2011), desde la sociología sistémica, hace referencia a los impactos en las universidades y en las instituciones de investigación de la primacía de las oficinas de relaciones públicas. Estas producen reportes directamente para el público masivo y los medios con el objetivo de atraer estudiantes y patrocinadores, y participan en la formulación de “declaraciones de misión” dirigidas a sus juntas directivas, sus comunidades y hacedores de políticas, legitimando sus acciones y performances (Weingart, 2011). El autor advierte que esto puede generar distintos grados de tensión debido a que hace entrar en conflicto las reglas y valores de las instituciones científicas y universitarias (Weingart, 2011; 2022). Tales reflexiones provienen de países como Estados Unidos y de Europa, donde se han llevado a cabo reformas para aumentar la visibilidad de las instituciones científicas y académicas, como las relaciones públicas, rankings u otro tipo de prácticas de promoción (Väliverronen, 2021). Esto ha tenido eco localmente, sin embargo, no se le puede asignar la misma escala y magnitud. Algunos autores refieren la existencia de un “giro comunicativo” en la región que resultó estructural para el desarrollo de la propia ciencia (Polino y Castelfranchi, 2012). Este expresa el incremento de la importancia dada al rol cultural, político y epistémico de las prácticas de comunicación de las ciencias. Explican los autores:

Este giro tiene dos aspectos. Por un lado, las políticas de I + D, C y T y las prácticas de comunicación científica están cada vez más relacionadas con las demandas del mercado, las industrias culturales y los intereses políticos: se trata de una tecnociencia globalizada y neoliberal. Por otra parte, esta configuración también crea posibilidades interesantes para la retroalimentación mutua entre la tecnociencia y la sociedad,

1. Fahy y Lewenstein (2021) señalan como el género de representación de “celebridad” basada en la exposición personal en medios combina lo público y lo privado. En esos casos la fama implica una mercantilización de la reputación que puede utilizarse para promocionar libros, productos y hasta políticas.

y para ampliar los mecanismos de participación social en la producción y gobernanza de las CyT, catalizada y fortalecida por nuevos modelos y prácticas de comunicación pública de CyT. (p. 14)

En este marco, las universidades han pasado a tener un carácter preponderante frente al objetivo de producir los intercambios entre actores académicos y extra académicos². Esto se ha manifestado en la expansión en la creación de áreas y programas específicos en universidades y organismos de investigación (Polino, Cortassa, 2015; Cortassa, Rosen, 2019; Castelfranchi, Fazio, 2020, Masseilot, 2023). En este contexto, tanto en el campo disciplinar como en el de las políticas públicas en la región, "comunicación de las ciencias y la tecnología" actualmente refiere a una heterogeneidad de sentidos que incluye prácticas y actividades orientadas por propósitos diversos, entre los que se encuentran el divulgativo, el transferencista y/o extensionista (Cortassa et al., 2020, Masseilot, 2020).

3. METODOLOGÍA Y SELECCIÓN DE AUDIOVISUALES A ANALIZAR

Este trabajo utiliza una metodología de tipo cualitativa y se basa en el análisis de contenido de las mediatizaciones atendiendo a sus características sociomateriales, su discursividad y sus contextos de producción. El análisis de contenido consiste en la lectura, rearticulación e interpretación de los objetos analizados junto con el desarrollo de un contexto que debe considerar preguntas de investigación, correlaciones empíricas asumidas o teóricas (Krippendorff, 2018). Por su parte, Fernández (2020) señala la relevancia de situar los objetos de análisis en su contexto social, para luego reconstruir el sistema de intercambio del que participan, otorgándole un rol central al material intercambiado, sea éste discursivo, bienes o servicios. A partir de esto propone diferentes niveles para analizar las características sociomateriales de las mediatizaciones. En primer lugar, el de los dispositivos técnicos, con sus dinámicas de desarrollo propias; en segundo lugar, el de las mediatizaciones, sus géneros y estilos -gráficos, videos, escritura e iconografía-; y, en tercer lugar, el de sus usos sociales, por ejemplo: información, entretenimiento, educación, lucha política, socialización, entre otros. Siguiendo al autor, a partir de este tipo de análisis se puede explorar

2. Como sostienen Polino y Cortassa (2015): "las universidades de la región están expuestas a presiones globales y tendencias similares a aquellas que acontecen en los países desarrollados: nuevas políticas que persiguen la innovación tecnológica, la transferencia y los derechos de propiedad intelectual; nuevas relaciones con el mercado; así como búsquedas de diálogo, participación e involucramiento público" (p. 23).

cómo se asocian diferentes narrativas o mosaicos de diferentes géneros discursivos, que se despliegan junto a los dispositivos técnicos. En este caso, el procedimiento que se siguió para el análisis consistió en el armado de una grilla (ver Tabla 1) sobre los audiovisuales y su descripción.

Finalmente, se abordaron narrativas relacionadas con la cerveza industrial y artesanal y la ciencia y la tecnología. La elaboración de un contexto permite interpretar el sentido y significado de las narrativas (Hyvärinen, 2008) presentes en las mediatizaciones poniéndolo en relación con otras fuentes de información. Para ello se consideraron fuentes primarias y secundarias: materiales audiovisuales; notas periodísticas; una entrevista propia realizada a un informante clave; presentaciones de los investigadores, actores y productores en medios; y estado del arte académico reciente sobre la industria cervecera y cambios institucionales en la academia local. De este modo, el análisis de las mediatizaciones propuesto articula la observación de las características sociomateriales y discursivas de los audiovisuales, sus narrativas en torno a la producción de cerveza y sus contextos.

Como se mencionó en la introducción, el trabajo analítico se centra en dos audiovisuales identificados a partir de búsquedas en plataformas audiovisuales: el primero representativo de la corporación cervecera, lanzado en 2018, y el segundo de la universidad interviniente, presentado en 2017. Su selección tuvo en cuenta quién lo produjo, su duración y plataformas de circulación. En relación con el primero, la recolección de materiales comenzó con la indagación del término "Heikenen *Wild Lager*" en buscadores como Google y plataformas como YouTube. Como resultado se encontraron audiovisuales, la mayoría con fines publicitarios, publicados en plataformas por cuentas oficiales y de filiales de la compañía en distintos países y también por cuentas no oficiales. El período de publicación de la mayoría de los materiales fue desde 2016 hasta 2018, momento en el cual pareció terminar la producción de las cervezas y la campaña. Algunos ejemplos son: un cortometraje de la compañía neoyorkina de publicidad Convicts; publicidades dirigidas a Irlanda donde un famoso chef realiza platos excéntricos en distintas locaciones al aire libre; u otra dirigida a Italia, llamada *The Patagonia Quest*, que cuenta con escenas de acción, aventura y escalada. Otros audiovisuales de mayor longitud, en inglés y neerlandés, narran la historia del descubrimiento de la levadura y la elaboración de la cerveza, con el "Maestro Cervecerero Global" como figura central. Por último, se encontró un cortometraje patrocinado por Heineken y publicado en el sitio de National Geographic, el cual fue seleccionado para el análisis.

Por otra parte, en la exploración de material relacionado con las actividades realizadas por las instituciones académicas y de investigación responsables del hallazgo de la levadura, se encontraron materiales de la Universidad Nacional del Comahue (UNCO) y del CONICET. En el canal de CONICET Dialoga se encuentran videos referidos al Proyecto "Patagonia Salvaje" y "Ciencia y Cerveza" que incluyen entrevistas a cerveceros, relatos de la trayectoria de la investigación y reconstrucciones de la historia de la vinculación. De la UNCO se ha encontrado un documental extenso en el marco de una serie de tres videos denominada "Identidad Patagonia". De los dos dedicados a levaduras se seleccionó "Identidad Patagonia. Levadura de cerveza" (2017), que tiene como protagonistas a integrantes de un equipo de investigación que estudia levaduras para la elaboración de cervezas, radicado en el laboratorio de Microbiología y Biotecnología del Centro Regional Universitario de Bariloche (CRUB). Este laboratorio pertenece desde 2017 al Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas (IPATEC) de doble pertenencia entre el CONICET y la UNCO. El documental fue solicitado a una productora por el Rectorado de la UNCO y se encuentra disponible en la Plataforma MundoU³. Esta es una plataforma nacional audiovisual universitaria que articula y promueve la distribución de los contenidos que las universidades públicas argentinas generan desde sus centros de producción. La misma surge en el marco del Plan Federal de Producción de Contenidos Audiovisuales Universitarios, impulsado por la Red Nacional Audiovisual Universitaria (RENAU) conformada por las Universidades Nacionales que integran el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), y financiado por la Secretaría de Políticas Universitarias. También se encuentra en la plataforma Vimeo, donde MundoU es miembro desde diciembre de 2017, y cuyo canal contiene en la actualidad 1190 videos⁴.

4. ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE MEDIATIZACIONES Y DE CONTENIDO DE LOS DOS AUDIOVISUALES

4.1. *A Wild Lager History de Heineken*

A Wild Lager History (2018) posee una puesta en escena de situaciones y locaciones cotidianas (Heineken, 2018). El audiovisual dura 3:43 minutos, donde se intercalan diversos videos, imágenes y música.

3. Véase el sitio de Mundo U. <https://www.mundou.edu.ar/>

4. Visto el 26 de marzo de 2024.

Utiliza locaciones reconocidas de la ciudad de San Carlos de Bariloche, sus actores no son profesionales y los diálogos tienen características de improvisación sobre lo guionado (Imagen 1). La plataforma para acceder es un video embebido en el sitio web de *National Geographic* disponible en idioma inglés. En el texto que acompaña al video en la página web de *National Geographic* señala: "El contenido fue escrito y es traído a usted por nuestros patrocinadores. El mismo no refleja las perspectivas de *National Geographic*, ni de su equipo editorial." (Traducción libre)⁵

El audiovisual comienza con un primer plano de las montañas de la región de El Chaltén, provincia de Santa Cruz, mientras que de fondo se puede escuchar el relato de un científico argentino. Luego las imágenes cambian y pasan a mostrar áreas del Parque Nacional Nahuel Huapi (Imagen 2). Allí se muestra la llegada a la ciudad de Willem van Waesberghe, Maestro Cervecerero Global de la compañía. La música llama la atención por tener reminiscencias a géneros españoles y luego caribeños, una decisión estilística que podría estar relacionada con la elección de una música ambiental "alegre" o tal vez para interpelar a un público "latino" o "hispano" a partir de brindar melodías fácilmente reconocibles para esas audiencias dada la locación argentina. Waesberghe se representa a sí mismo como actor, plantea el nudo o el conflicto del audiovisual. Con su relato se refiere a los orígenes de la levadura lager, planteando que se conoce al "padre" pero no a la "madre".⁶ En la narrativa del audiovisual se presenta una asociación entre la levadura salvaje o "madre" con un cultivo propio de la levadura lager utilizada en las cervezas de compañía⁷, de alguna manera apropiándose de la identidad biológica y científica de las levaduras hacia una comercial.

Posteriormente se presenta el otro protagonista, identificado como investigador de levaduras y descubridor de la "madre de la levadura lager", de su "valor científico" y su importancia para la producción de cerveza: Diego Libkind, y otros integrantes del equipo: investigadores y becarios. La puesta en escena principal sucede en un bar de cerveza artesanal, un local adaptado sin sus propios logos y marcas, y con una de sus canillas

5. National Geographic Partners (2018). *National Geographic and Heineken® Join Forces to Launch "A Wild Lager Story"*. <https://nationalgeographicpartners.com/2018/09/heineken-partnership/>

6. El "padre" sería una levadura *Saccharomyces cerevisiae* cervecera y la "madre" la descubierta en los bosques patagónicos e identificada en 2011: la *Saccharomyces eubayanus*.

7. Este cultivo propio de la empresa es llamado "A-Yeast" y forma parte de la narrativa de su historia institucional. Véase: Sitio Web Heineken (2024). *The Heineken Story. Born in Amsterdam, raised by the world*. <https://www.heineken.com/ph/en/history>

de expendio con la cerveza Heineken. El montaje introduce imágenes de una fábrica de whisky de la localidad de Dina Huapi, cercana a San Carlos de Bariloche. En el bar, Waesberghe y Libkind entablan un diálogo sobre las levaduras y cómo se formó la levadura híbrida lager utilizada para las cervezas industriales de este tipo:

- Las levaduras pueden tener sexo e intercambiar su ADN para sobrevivir en la naturaleza.
- Sí, tratamos de generar nuevas levaduras lager en el laboratorio. El término técnico es hibridización. Es un tipo de sexo, pero no el que estamos acostumbrados [Risas].
- En la naturaleza hay muchas levaduras potenciales que podrían hacer muy buenas cervezas, es bueno saberlo para la conservación de bosques. (Audiovisual National Geographic y Heineken - Traducción libre).



Imagen 1. Capturas del audiovisual "A Wild Lager History de Heineken" (Heineken y National Geographic)

4.2. *Identidad Patagonia. Levaduras de cerveza*

De acuerdo al texto que acompaña al audiovisual: "Identidad Patagonia. Levaduras de Cerveza" del 2017 en la plataforma MundoU, la serie Identidad Patagonia pretende mostrar el desarrollo de las economías

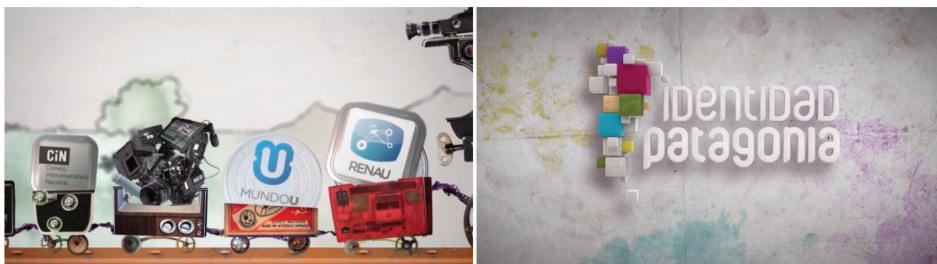


Imagen 2. Capturas del audiovisual "Identidad Patagonia" (UNCO). Detalle de logos

regionales en 4 regiones de Neuquén y Río Negro⁸ en torno a la levadura y el aporte de la universidad en sectores productivos (Universidad Nacional del Comahue, 2017). Este posee una duración de 38:34 minutos y su nudo principal refiere al descubrimiento de la levadura de cerveza y la vinculación de un grupo de investigación con el sector cervecero con una mención al convenio y proyecto de investigación realizado con la empresa Heineken. El documental utiliza como locaciones el laboratorio del IPATEC (UNCO-CONICET), sectores del Parque Nacional Nahuel Huapi, paisajes reconocidos de la ciudad de San Carlos de Bariloche y cervecerías locales. Quienes aparecen en el audiovisual no son actores profesionales y los diálogos presentan características de improvisación sobre lo guionado. Los miembros del equipo que intervienen son el investigador líder del IPATEC, Dr. Diego Libkind, otros investigadores y becarios, y productores -cerveceros y de otros productos- que también participaron de la vinculación.

Al inicio del documental se observan imágenes de la ciudad de San Carlos de Bariloche, sus montañas y el lago. Luego la imagen empalma con otra que muestra a tres integrantes del equipo de investigación caminando por el Parque Nacional Nahuel Huapi. Un diálogo entre ellos permite conocer que el objetivo es tomar muestras (Imagen 3). El líder del equipo de investigación se dirige a los becarios y dice:

- A ver de dónde podemos sacar muestras... ¿Acá? ¿Qué les parece? ¿Probamos? [El resto asiente].
- Acá está bueno. Dale Juli.

8. Las cuatro regiones son norte y sur de Neuquén, Alto Valle de Río Negro y Neuquén y Valle Medio de Río Negro.



Imagen 3. Capturas del audiovisual "Identidad Patagonia" (UNCO). Hongo Llao Llao. Toma de muestras

- Sí, ahí hay unos tumores⁹ que podemos muestrear (...). Busquen ahí del lado derecho que hay un lado de la corteza que se desprende mucho mejor

El documental combina este tipo de escenas del equipo en el bosque con otras en el laboratorio. Se observa un microscopio y frascos etiquetados con líquidos. El investigador refiere a su filiación institucional en el laboratorio de la UNCO y el CONICET. En la pantalla se pueden observar los logos Identidad Patagonia y el de la Universidad Nacional del Comahue. Mientras se ven imágenes del equipo en el proceso de toma de muestras en el bosque, el relato en off del investigador continúa. A continuación, el audiovisual incorpora planos cortos de las hojas, cañas y troncos: representan el ambiente natural de las levaduras. El relato profundiza la explicación sobre la línea de trabajo que están desarrollando sobre la levadura en ambientes extremos: "la hipótesis es que en esos ambientes solo existen esas levaduras que han obtenido adaptaciones para eso".

9. Se refiere a los crecimientos que genera en árboles nativos el hongo Llao Llao que desprende sus fructificaciones en la primavera.

En otra escena se puede observar a una de las integrantes del equipo sosteniendo el hongo en el bosque, al cual denominan “Llao Llao” o “pan del indio”. La cámara hace un primer plano evidenciando sus cavidades donde se encuentran las esporas. Mientras, la voz en off de Libkind describe su morfología: “cuando el viento entra y sale despedido de esa manera se desparrama, se multiplica”. En lo sucesivo explica que las levaduras posibilitan la elaboración de productos que consumimos cotidianamente como la cerveza, el pan o el vino. Las describe como hongos unicelulares que sólo pueden observarse con el microscopio. En cuanto al descubrimiento de la levadura “madre de la lager”, señala:

Al estudiarla genéticamente con mayor profundidad nos dimos cuenta que se trataba de una especie que no se conocía hasta al momento, y que es una especie resultó ser la madre de la levadura que se usa para hacer casi el 90% de la cerveza a nivel mundial. Esta levadura con la que se hace esta cerveza, que se denomina lager, clásica cerveza industrial. (...) Utiliza una levadura que es la fusión de dos especies. Se fusionaron y generaron una nueva. De los padres, se sabía uno solo de dónde venía (...) [el otro] es lo que nosotros descubrimos acá en la Patagonia y describimos como una especie nueva.

Como se indicó previamente, en el documental aparecen otros integrantes del equipo que comentan brevemente su aporte y rol específico

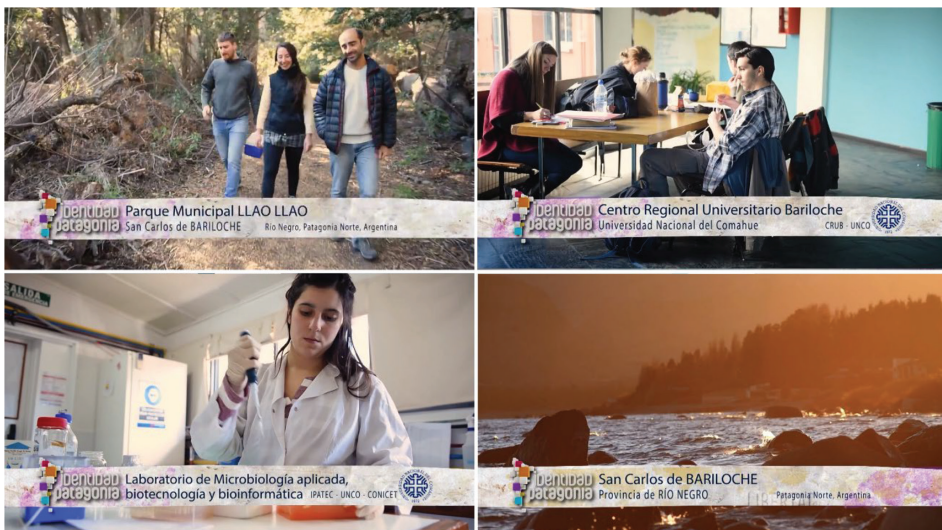


Imagen 4. Capturas del audiovisual “Identidad Patagonia” (UNCO)

(Imagen 4). En ese marco, una becaria doctoral explica cómo se produjo la vinculación con el sector cervecero, el cual comenzó a convocarlos “para que les contemos lo que habíamos descubierto”. De acuerdo a su relato, a partir de esa demanda, el equipo comenzó a profundizar su conocimiento sobre la cerveza artesanal local. Las dificultades halladas se interpretaron como una vacancia en la cuestión microbiológica a partir de lo cual se formaron cursos y servicios de asesoramiento en el manejo de la levadura y las contaminaciones. También en el documental hay referencias a la transferencia con la empresa Heineken a fines del 2015, a partir del convenio de uso de la levadura encontrada en los bosques patagónicos. Al respecto, el investigador aclara:

El convenio que se firmó con Heineken es de un proyecto de trabajo a tres años en el cual nuestro grupo va a mejorar las condiciones de la levadura o va a tratar de encontrar nuevas alternativas que tengan básicamente aromas y sabores diferentes. (...). Estas levaduras no van a ser de Heineken sino de las instituciones argentinas involucradas, que son el CONICET, la Universidad Nacional del Comahue y Administración de Parques Nacionales.

Un zócalo informativo menciona el auge de la cerveza artesanal en Argentina: en esos años las empresas cerveceras crecían al 25 y 30% anual. Como señala uno de los investigadores en el documental, para ese momento “No hay otro segmento de la economía que crezca tanto y de manera continua”. El audiovisual también muestra las cervecerías y cerveceros de la ciudad de Bariloche manipulando ingredientes junto con imágenes de la ciudad. Una escena muestra la chacra de un complejo turístico de la Cervecería Wesley, donde uno de sus dueños menciona su comienzo en la actividad como un pasatiempo en 2011. Luego comenta sus comienzos en la producción y venta de cerveza, primero entre amigos y, más adelante, con la ampliación de escala, para la venta al público general. Su relato cuenta parte del proceso productivo; mientras, las imágenes muestran planos detalle de elementos de la fábrica: mangueras, equipos, tanques, barriles y lúpulos. El productor explica que su relación con el laboratorio le permite producir con levaduras propias. De un modo similar aparece la Cervecería Manush, ubicada en la misma ciudad. Uno de sus dueños relata la historia de cómo comenzó a producir cerveza en un departamento de estudiante y el crecimiento de su fábrica. Destaca que se acercó a la Universidad cuando comenzó a aplicar técnicas microbiológicas en la producción de cerveza, por limitaciones económicas para importar levadura y por la oferta de mejor calidad de levaduras. En otra escena se puede ver al cervecero utilizando un microscopio profesional

en su fábrica. El productor explica que con la reutilización de levadura el producto debería mejorar: “porque se va adaptando al medio, entonces la segunda o tercera va mejorando la velocidad de fermentación y otras características de la cerveza terminada y del proceso”. El productor también sostiene que el descubrimiento de la levadura ofreció la oportunidad de que la cerveza tenga identidad regional marcada, reforzando la noción de lo local y posibilitando una “combinación que hace un producto único en el mundo”. Esto también es mencionado en otra de las intervenciones de Libkind, donde señala que: “Un producto con insumos 100 por ciento nacional abre puertas a denominación de origen, da valor agregado y competitividad al productor (...) Esto catalizó un montón de articulaciones entre el sector cervecero y nuestro grupo”.

4.3. Aspectos sociomateriales de los audiovisuales

La Tabla 1 sintetiza las características sociomateriales de los audiovisuales. Para el armado de la grilla se tuvieron en cuenta los diferentes niveles para analizar mediatizaciones propuestos por Fernández (2016, 2022): el de los dispositivos técnicos, el de sus géneros y estilos y el de sus usos sociales. A estos niveles se agregaron elementos relevantes surgidos de la lectura de bibliografía sobre mediatizaciones. Los elementos que se destacan corresponden a características materiales y usos de las mediatizaciones: su formato documental típico del *broadcasting* es difundido como un fenómeno *postbroadcasting* o *networking* (Fernández, 2018) por redes sociales y plataformas de medios. En el caso de la corporación, se ha difundido por el sitio de National Geographic, una empresa privada internacional dedicada a la difusión científica y tecnológica. En el caso de la producción académica, fue difundido oficialmente por una plataforma universitaria nacional. Ambos fueron subidos por cuentas institucionales a plataformas masivas como YouTube o Vimeo. El audiovisual de Heineken tiene un formato con características estilísticas híbridas entre documental, infomercial y publicidad con una duración acotada y adaptada a plataformas. El de Identidad Patagónica, por su parte, tiene características de infoinstitucional y documental de larga duración, y busca difundir y promocionar las actividades de ciencia y tecnología y las vinculaciones. Ambos audiovisuales incorporan la actuación de científicos, cerveceros, cervecерías, y paisajes de naturaleza localizados en San Carlos de Bariloche. Quienes actúan en ellos, aunque reciben indicaciones a partir de diálogos guionados, se representan a sí mismos: en el documental universitario, en ciertas actividades realizadas en el marco

AUDIOVISUALES	A WILD LAGER STORY (2018).	IDENTIDAD PATAGONIA. LEVADURA DE CERVEZA (2017).
Plataforma mediática	Sitio National Geographic. Otros: IPATEC, Heineken Argentina (CCU) con subtítulos al español. Sitio oficial (al 2023) https://www.nationalgeographic.com/travel/article/sponsor-content-wild-lager-story	Plataforma Mundo U. Otros: UNCa TV, Vimeo. Sitio oficial (al 2023): https://www.mundou.edu.ar/contenidos/serie/Identidad%20Patagonia/288
Duración	3:43 minutos.	39:00 minutos.
Sistema de Recomendación	Búsqueda, video bajo demanda, compartido por usuarios.	Búsqueda, video bajo demanda, compartido por usuarios.
Producción y creación	Heineken.	UNCO junto con productora contratada.
Actores	Maestro Cervecerero Global de Heineken, Investigador argentino, científicos, becarios y técnicos del laboratorio.	Investigador protagonista, becarios, cervecero de Blest, Gilbert, Duham, operario de Blest, científicos/técnicos del laboratorio.
Géneros	Propaganda con estilo documental, infomercial.	Documental, infoinstitucional, difusión de conocimiento.
Usos posibles	Difusión de información del producto y actividades de la empresa.	Información, divulgación científica, educación, entretenimiento.
Escala de difusión y audiencia	Internacional angloparlante.	Nacional y regional. Audiencia hispanohablante.
Idioma	Inglés.	Español.
Tipo de material	Audiovisual grabado, archivo de video.	Audiovisual grabado, archivo de video.
Modalidad de intercambio	Espectatorial.	Espectatorial.
Tipo de fenómeno socio-semiótico	Postbroadcasting, audiovisual corto formato <i>broadcasting</i> difundido por plataforma.	Postbroadcasting, audiovisual formato <i>broadcasting</i> difundido por plataformas y canales de televisión.
Dispositivos de visualización	Computadora/tablet/teléfono móvil. Pantalla en eventos.	Computadora/tablet/teléfono móvil. Pantalla en eventos.
Imagen y edición	Alta calidad de imagen, edición profesional.	Alta calidad de imagen, edición profesional.

Tabla 1. Síntesis del análisis de las características sociomateriales de los audiovisuales (*continuada*)

AUDIOVISUALES	A WILD LAGER STORY (2018).	IDENTIDAD PATAGONIA. LEVADURA DE CERVEZA (2017).
Tipo de interacción entre actores	Relato guionado, charla entre dos personas.	Relato guionado, charlas, entrevistas.
Lugares de las escenas	Oficinas de CCT-Patagonia Norte, bar cervecero artesanal local y fábrica de whisky.	Parque Nacional Nahuel Huapi, bares cerveceros y fábricas de cervezas bariloenses, laboratorio de microbiología (UNCO).
Vestimenta	Elegante sport, casual.	Casual, deportiva, ropa de trabajo: ambos científicos y de operarios cerveceros.
Música	Música ambiental, ritmos y melodías caribeñas y españolas estilizadas.	Música electrónica ambiental, sonidos de sintetizador, música progresiva o jazz.
Tipos de planos	Planos panorámicos, primeros planos, planos de bar y fábrica, paisajes y bosques.	Planos generales aéreos, planos medios, primeros planos, planos de los objetos y ambiente laboral.

Tabla 1. Síntesis del análisis de las características sociomateriales de los audiovisuales

de sus investigaciones: recolección y aislamiento en entornos naturales, reuniones y análisis de laboratorio. Los dos incluyen momentos que parecen de improvisación. La actuación de Libkind presenta diferencias en cada caso. En el audiovisual de la corporación tiene un rol principal, sin embargo, el protagonista es el ejecutivo de la corporación. Allí se encuentra en situaciones de ocio y conversación. En el audiovisual académico sí es protagonista y se presenta en entornos laborales, dentro del laboratorio y en el bosque, junto a los becarios.

Finalmente, los dos audiovisuales poseen características espectatoriales, con formatos de intercambios discursivos que no permiten la interacción directa, aunque, debido a su difusión mediante plataformas y redes sociales, la intervención de los públicos a través de comentarios fue igualmente posible.

5. CONTEXTOS, INDUSTRIA Y ACADEMIA

Como se indicó en el apartado metodológico, el contexto posibilita comprender el sentido y significado de las mediatizaciones. Para ello se presta especial atención a los aspectos socioproductivos de la cerveza artesanal e industrial, y a los cambios del sector académico local en materia de comunicación, vinculación y comercialización de la ciencia y la tecnología.

En 2015 se realizó un convenio entre CONICET, la UNCO y la Administración de Parques Nacionales con una corporación cervecera para licenciar el uso de una levadura aislada en la Patagonia por un laboratorio argentino (Kaderian y Aguiar, 2022). En 2016 la compañía internacional lanzó una "Serie de Lager Salvajes" (Imagen 5). Las cervezas fueron denominadas: H32 Himalayas (*Himalayan Plateau*), H35 Cordillera Azul (*Blue Ridge*), y H41 y H71 Bosques Patagónicos (*Patagonian Forests*). Los nombres remiten a las áreas geográficas, específicamente paralelos y meridianos, donde fue encontrada la especie *Saccharomyces eubayanus* en Argentina, Estados Unidos y China.¹⁰ El convenio realizado también permitía la elaboración de cervezas por parte de cerveceros de San Carlos de Bariloche y El Bolsón. Esto dio lugar, entre 2017 y 2018, a la producción de cervezas presentadas y distribuidas en diferentes eventos y bares (ver Tabla 2). Las mismas fueron denominadas de diferentes maneras: la cervecería Blest la llamó "Madre Salvaje"; Bachmann, "Lager Salvaje"; Manush, "Savage"; Duham, "Dorada Salvaje" e "IPA Salvaje"; Diuka, "Nativa"; Wesley, "Wild Wild Yeast"; y Berlina, "Pan del Indio". También tuvieron lugar mediatizaciones que circularon por plataformas y/o que fueron presentadas en eventos e imágenes plasmadas en objetos como posters, remeras, etiquetas y posavasos, y que involucraron narrativas que refieren al origen científico-tecnológico de la levadura. Algunas de ellas aparecieron en los audiovisuales que se analizan mediante imágenes de archivo. Estas no sólo tuvieron la función de darle difusión a la cerveza sino a explicar la distinción del producto en cuanto a su sabor y aroma debido al uso de la levadura hallada en la región. Con ese objeto, tanto la corporación como las cervecerías artesanales se valieron de imágenes referentes a paisajes naturales y bosques, que había sido utilizada previamente para cervezas de rutina (Kaderian, 2018). Antecedentes de estas estrategias pueden observarse en otros casos de elaboración y mediatización de cervezas¹¹.

10. Además de EEUU y China, la especie de levadura fue identificada en Chile, Nueva Zelanda e Irlanda. La H71 tuvo repercusión en medios argentinos ya que en su etiqueta había una imagen de Sudamérica y en el contorno de las Islas Malvinas tenía la leyenda Falklands y UK.

11. Por ejemplo: cervezas con levadura de naufragios como la Flag Beer de Reino Unido y James Squire de Australia, cervezas ancestrales como la de Kirin de Japón y Dogfish Head de Estados Unidos y levadura original por Carlsberg. A nivel académico, el uso de imágenes y narrativas "naturales" para comercializar productos alimenticios industrializados fue abordado desde la antropología y la comunicación (Williamson, 1978; Hansen, 2004; Meneley, 2007).

Distribución de cerveza H41 elaborada por la corporación cervecera	Lanzamiento en siete países europeos y Estados Unidos con la serie lager y mini-barriles llamados Torpedo. Experiencias sensoriales en eventos o Museo Heineken en Países Bajos. En Argentina: cadenas de supermercados y cervetecas. Congreso internacional de levaduras del 2018.
Distribución de cerveza artesanal con levadura salvaje en San Carlos Bariloche	Evento de pruebas piloto "Proyecto Patagonia Salvaje" en 2017. Carrera deportiva IronMan 2017. Evento de entrega de licencias de levadura para cerveceros de San Carlos de Bariloche y El Bolsón 2018. Evento Pinta Bariloche 2019, 2020. Producción ocasional por cervecerías con convenio.

Tabla 2. Cuadro sobre circulación de cervezas salvajes

Otro punto clave para comprender el contexto en el cual se producen los audiovisuales tiene que ver con la expansión de la cerveza artesanal tanto en Argentina como a nivel mundial (Garavaglia y Swinnen, 2017). El núcleo de estos cambios tiene origen en Estados Unidos, donde hubo una nueva ola de crecimiento de la cerveza artesanal (Flack, 1997; Cabras y Bamforth, 2016; Garavaglia y Swinnen, 2017). La primera fue en los años '70 del siglo XX, con las primeras cervecerías artesanales. Luego se produjo otra en los años '90, con las cervecerías "Indie". En ella fueron importantes los grupos de cerveza casera con instituciones y eventos en común con las cervecerías artesanales (Ogle, 2006; Acitelli, 2013). La expansión del ecosistema mediático tuvo incidencia en esta última ola: el auge del Internet 2.0, los blogs, los foros y revistas electrónicas especializadas dio lugar a prosumidores que en algunos casos comenzaron a criticar en la Web a las cervezas y cervecerías producidas por corporaciones. En sus críticas, la contraposición industrial y artesanal (Jackson-Beckham, 2017) y la independencia de las compañías constituían un tema central de las discusiones, lo cual trascendía el producto en sí mismo. Con la tendencia de crecimiento de las cervecerías artesanales en Estados Unidos y en Europa, los grandes conglomerados cerveceros reaccionaron adquiriendo cervecerías artesanales con el objetivo de crear sus propias versiones. La reproducción de las estéticas de las cervecerías artesanales del momento consistió en imitar la vestimenta -como las camisas cuadradas-, modas del momento -como la *hipster*-, y elementos decorativos presentes en los locales comerciales de los bares. A nivel de las narrativas, las corporaciones adoptaron referencias a la pasión, la calidad de los insumos y la habilidad para producir cerveza. Estos eventos suscitaron debates anti-corporativos entre grupos de interesados en la temática, lo cual no tuvo un correlato similar en Argentina.

Estas estrategias pueden observarse en los audiovisuales relevados de la corporación Heineken, donde el protagonista es el “Maestro Cervecerero Global” de la empresa. Este jefe de cerveceros proveniente de Países Bajos, donde está la casa matriz de la empresa, protagonizó mediatizaciones que se difundieron en radios, televisión, podcast, diarios de tirada nacional argentinos y extranjeros, especializados en economía y en negocios, revistas temáticas, de variedades y de tecnología. Parte de ellos correspondieron a coberturas periodísticas pagas o a la publicidad no tradicional. En estas presentaciones, además de referirse a la habilidad y pasión que requiere la elaboración de cerveza en el contexto industrial, introduce datos biográficos personales, como su formación científica en Geología y su trayectoria en la industria cervecera, lo cual genera cercanía con el público y consumidores. Otro ejemplo puede observarse en el sitio de National Geographic, donde se publicó el audiovisual seleccionado. Allí hay una nota a Raoul Esquer, director de marca (*brand manager*) de la compañía, quien refiere que la intención principal no fue solamente publicitar la nueva cerveza sino mostrar la “meticulosidad” y “pasión” en su elaboración:

En Heineken somos meticulosos con nuestro proceso de elaboración. Tomamos un enfoque científico para conseguir la cerveza perfecta, pasando años explorando ingredientes y perfeccionando el proceso de elaboración. (...) Al asociarnos con National Geographic, vimos la oportunidad de combinar nuestra capacidad para elaborar cerveza con su capacidad para crear historias, no sólo para impulsar el consumo de H41, sino también para despertar la curiosidad de los consumidores por saber más sobre la pasión de Heineken por la elaboración de cerveza (Traducción libre).¹²

En cuanto al audiovisual financiado por la UNCO: Identidad Patagonia. Levaduras de cerveza, estuvo acompañado de otras mediatizaciones generadas en el marco de los proyectos e instituciones antes mencionados. Por ejemplo, en la presentación de las pruebas piloto de cervezas con levadura salvaje del Proyecto Patagonia Salvaje en 2017. En el evento se desplegaron imágenes producidas por los cerveceros artesanales participantes de San Carlos de Bariloche. Cada cervecería hizo su propio logo e imagen de la nueva cerveza salvaje producida (Imagen 6). En ellas se conjugaron diferentes imágenes y narrativas previamente

12. National Geographic Partners (2018). *National Geographic and Heineken® Join Forces to Launch “A Wild Lager Story”*. <https://nationalgeographicpartners.com/2018/09/heineken-partnership/>



Imagen 5. Serie de *Wild Lagers* de Heineken. (Uso académico)

utilizadas para constituir sus marcas: refieren a la pureza del agua, hongos, árboles y paisajes de áreas naturales cercanas a la ciudad de San Carlos Bariloche (Kaderian, 2018). Por otro lado, se elaboraron los audiovisuales de CONICET Dialoga. Estos, a diferencia del documental *Identidad Patagonia*, tuvieron una menor duración, aunque también refieren a las actividades científicas y el éxito de la interacción, pero evidenciando características típicas de la comunicación institucional¹³. Además, el IPA-TEC, del cual formaba parte el laboratorio que identificó la levadura, organizó en 2017 el evento *Ciencia y Cerveza*. Este fue un evento itinerante alrededor de Argentina que articulaba diversos laboratorios y productores del país en materia de alimentos, efluentes, u otras tecnologías en temáticas cerveceras. En su período de desarrollo, este evento fue difundido en la página principal del CONICET. Estas producciones paralelas dan cuenta de las distintas instituciones y grupos orientados a la promoción de las

13. Esto se dio en el marco de una reforma de la comunicación del CONICET a cambios en su sitio web y en sus cuentas en redes sociales como Facebook y Twitter que llevan como nombre "CONICET Dialoga".



Imagen 6. Logos de Proyecto Patagonia Salvaje y de la cerveza “Pan del Indio” producida por cervecería Berlina (Uso académico)

actividades científicas y tecnológicas en torno a la levadura y a la vinculación a la que dio lugar. También permiten evidenciar el interés por mostrar el éxito de la vinculación con el sector productivo internacional y local regional.

Como ya se señaló, a nivel narrativo, en “Identidad Patagonia. Levaduras de cerveza” se relata el hallazgo de una levadura relevante para el mundo cervecero en los bosques patagónicos, y el proceso de vinculación entre la Universidad y el sector productivo cervecero local e internacional. Esto se desarrolla en un contexto de crecimiento de las cervecerías artesanales y de despliegue de un polo cervecero local. Durante el documental se puede notar la recurrencia a “lo local” como un elemento significativo, y su materialización en el proyecto de elaboración de una cerveza con 100% de ingredientes de la Patagonia Argentina. Paralelamente, el trabajo científico cotidiano y sus actividades son representados junto a otras relacionadas con la vinculación en calidad de servicios provistos a los productores cerveceros. También se pueden observar tendencias de promoción y difusión de la investigación e identificar funciones alfabetizadoras de la ciencia y la tecnología, con el objetivo de brindar conocimientos sobre el proceso de producción de conocimiento y sus entornos (Cortassa et al, 2020).

En una entrevista realizada al productor del audiovisual, este explicó que, en su opinión, la estrategia de comunicación tiene que ver con la capacidad del líder del laboratorio y su equipo: “entienden muy bien el potencial que tiene el audiovisual, que hasta la pandemia¹⁴ hacer series web era como el hermanito muy, muy menor de la televisión, y la verdad

14. El entrevistado se refiere a la pandemia por el virus COVID-19.

que lograr comprender eso es fundamental". En 2017, el documental fue premiado en el Festival Audiovisual de Bariloche y en ese marco su productor hizo las siguientes declaraciones a la prensa:

Si cortás la investigación, la capacitación y los programas de TV, no queda nada. Argentina es el cuarto productor audiovisual del mundo y son muy valoradas (las realizaciones nacionales), entonces es importante la generación de contenidos audiovisuales; más aún a nivel regional.¹⁵

Esta opinión se daba en el marco de discusiones políticas por recortes de presupuesto en educación, ciencia y tecnología. Además de la promoción y la alfabetización, otra línea narrativa del documental se puede asociar a una búsqueda de difundir y legitimar la utilidad de la investigación frente a públicos amplios como otros actores políticos y económicos (Vaccarezza y Zabala, 2002; Vaccarezza, 2004). Desde las instituciones públicas y universidades ha habido un impulso a las actividades de vinculación y transferencia de tecnología, potenciadas en Argentina con el crecimiento institucional de la investigación científica pública a partir de los primeros años del 2000. El fomento de experiencias de vinculación entre la ciencia, la universidad y la sociedad se valió directa e indirectamente del despliegue de un conjunto de instrumentos de política sectorial, ya sea para el impulso de la investigación interdisciplinaria (Hidalgo, 2016), como también para la priorización de áreas, de temas y de problemas de investigación (Arocena, 2014; Vaccarezza, 2015; Rovelli, 2017). Estos factores afectaron los criterios de relevancia de los conocimientos científicos al ofrecer distintos modos de responder a los interrogantes: investigación para qué, para quién y con quién (Sutz, 2014). Siguiendo a Sutz (2014), en la región latinoamericana se observa históricamente una baja demanda de investigación científica y tecnológica por parte del sector productivo. El énfasis narrativo en presentar la vinculación como algo virtuoso, advertido en el documental, responde también a este contexto económico y político donde se producen discursos y distribuyen recursos asociados a la innovación y el desarrollo productivo.

A partir de lo analizado se observaron objetivos comunicacionales diferenciados en cada mediatización de acuerdo a la institución emisora: la corporación se valió de narrativas científicas para insertarse en el mercado artesanal, mientras que la institución científica recurrió a lógicas

15. Neuquén Informa (2017). Un realizador neuquino ganó el premio del FAB al Cine Científico. <https://www.neuqueninforma.gob.ar/un-realizador-neuquino-gano-el-premio-del-fab-al-cine-cientifico/> Visto: 9/04/2024.

mediáticas y promocionales, integrándolas a la comunicación científica alfabetizadora.

6. CONCLUSIÓN

El artículo propuso el estudio de mediatizaciones relacionadas con una experiencia de vinculación entre una corporación internacional de cerveza, instituciones de investigación pública de la Patagonia Argentina y productores locales de cerveza artesanal para la elaboración de cervezas con levaduras "salvajes" entre 2016 y 2018. El objetivo de este análisis consistió en comprender la producción de sentido en torno a estas cervezas innovadoras, su origen y promoción. Para ello se propuso un análisis de contenido de mediatizaciones desde una perspectiva cualitativa. A partir de una búsqueda amplia, se seleccionaron dos audiovisuales y se incluyeron otras fuentes primarias y secundarias. El abordaje se focalizó en las características discursivas, sociomateriales y en los contextos en los que se originaron y circularon las mediatizaciones. A partir de ello pudieron interpretarse las narrativas y elementos materiales identificados dentro de un contexto particular, tanto del sector cervecero como de las instituciones de investigación académica argentinas. En suma, se ha mostrado cómo las mediatizaciones dieron lugar a la integración de diferentes lógicas y narrativas -la corporación utilizó narrativas científicas como parte de su discurso para insertarse en el mercado artesanal; y la institución científica integró lógicas mediáticas y promocionales a la comunicación científica alfabetizadora- para difundir sus actividades, la levadura identificada y las cervezas salvajes elaboradas con ella.

La producción de sentido en torno al audiovisual de la corporación enlaza la narrativa científico-tecnológica con narrativas de lo artesanal, lo natural y la innovación. Se enfatiza la capacidad, la pasión por la cerveza, la cualidad artesanal del producto o la habilidad manual para elaborarla, junto con la innovación y la tecnología. En este sentido, la corporación cervecera utilizó discursos científicos para generar una narrativa que difunda un producto innovador en el marco de la emergencia de la cerveza artesanal en países centrales, y así conectar la narrativa con su propia historia institucional y de marca. El análisis de contexto permitió interpretar esto en el marco del crecimiento de la cerveza artesanal a nivel mundial y en mercados como Estados Unidos y Europa, donde las corporaciones llevaron adelante estrategias de imitación y adquisición. Por otro lado, las narrativas con referencia a la naturaleza se interpretaron a la luz de otras experiencias que también han involucrado el uso de

levaduras innovadoras para la producción de cerveza, aisladas tanto de ambientes naturales como de sitios arqueológicos, o a partir de la recreación de recetas antiguas para comercializar productos industrializados y/o promocionar sus marcas.

En cuanto al audiovisual universitario, se observó una intención alfabetizadora y promocional a partir de explicaciones referidas a la levadura hallada y al quehacer científico. Las narrativas enfatizan la vinculación y la asociación con el sector productivo. Esto se interpretó en relación con el contexto local, donde la literatura especializada resalta que la vinculación de los resultados de la investigación científica y tecnológica con el sector productivo es poco dinámica y existen fluctuaciones en el financiamiento público. Dada esta inestabilidad, los actores se esfuerzan en enfatizar la utilidad del conocimiento científico, legitimar sus actividades e interesar a actores políticos y económicos, siendo la comunicación y la promoción estrategias clave. Al respecto, los estudios de la mediatización de la ciencia y la tecnología señalan que cada vez más, debido a su rol en materia de financiamiento, las instituciones académicas y de investigación definen como interlocutores centrales en primer lugar a actores gubernamentales y de la política; en segundo lugar, a los agentes económicos y patrocinadores, y, por último, al público en general. Este diagnóstico refiere principalmente a países como Estados Unidos o de Europa, donde las instituciones cuentan con oficinas especializadas en relaciones públicas, marketing y promoción profesionalizadas. En las producciones analizadas en este artículo se puede observar una orientación hacia consumidores en el caso de la corporación y al público general en el caso de la universidad. El análisis de la producción audiovisual de la universidad pública permitió advertir elementos orientados a captar la atención del sector productivo y mostrar la eficacia de la vinculación para legitimar el rol de las instituciones científicas y académicas. Por último, al igual que en la mediatización corporativa, se apela a una narrativa relacionada con su lugar de origen, el cual coincide, en este caso, con la localización del laboratorio que hizo el descubrimiento y de los productores artesanales que la elaboran. Esto permite entender el sentido de este audiovisual en el marco del desarrollo de una marca regional asociada a la producción de cerveza artesanal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acitelli, Tom (2013). *The audacity of hops: The history of America's craft beer revolution*. Chicago: Chicago Review Press.

- Arocena, Rodrigo (2014). La investigación universitaria en la democratización del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 9, (27), 85-102.
- Averbeck-Lietz, Stefanie (2018). (Re)leer a Eliseo Verón: mediación y mediatización. Dos conceptos complementarios para las Ciencias de la Información y de la Comunicación. *DeSignis*, (29), 69-82.
- Cabras, Ignacio & Bamforth, Charles (2016). From reviving tradition to fostering innovation and changing marketing: The evolution of micro-brewing in the UK and US, 1980–2012. *Business History*, 58(5), 625-646.
- Castelfranchi, Yuriy & Fazio, Eugenia (2020). Comunicación de la ciencia para la ciudadanía científica: construir derechos, catalizar ciudadanía. En Barrere, Rodolfo & Sokil, Juan Pablo (Eds.), *El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/ Interamericanos 2020*, Buenos Aires: RICYT/CYTED, pp. 145-156.
- Castells, Manuel. (1995). *La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*, Madrid: Alianza Editorial.
- Chen, Jen-Yi (2015). Investigating the Discursive Productions of Science in Advertising. *Intercultural Communication Studies*, 24(2).
- Cingolani, Gastón (2017). Sistemas de recomendación, mediatizaciones de lo preferible y enunciación. En Busso, Mariana Patricia y Camusso, Mariángeles (Eds.). *Mediatizaciones en tensión: el atravesamiento de lo público*. Rosario: UNR Editora, pp. 30-47.
- Cortassa, Carina, & Rosen, Cecilia (2019). Comunicación de las ciencias en Argentina: escenarios y prácticas de un campo en mutación, *Comunicación de las Ciencias en Argentina: escenarios y prácticas de un campo en mutación, ArtefaCToS*, 8(1), 61-81.
- Cortassa, Carina, Wursten, Andrés, Andrés, Gonzalo & Legaria, Juan Ignacio (2020). Comunicar las ciencias desde las instituciones: dos modelos de análisis aplicados al caso UNER. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31(61).
- Fahy, Declan & Lewenstein, Bruce (2021). Scientists in popular culture: The making of celebrities. En Bucchi, Massimiano & Trench, Brian (Eds.), *Routledge handbook of public communication of science and technology*. Abingdon: Routledge, pp. 33-52.
- Fernández, José Luis (2016). Interacción: un campo de desempeño múltiple en broadcasting y en networking. En Cingolani, Gastón & Sznaider, Beatriz (Eds.), *Nuevas mediatizaciones, nuevos públicos*. Rosario: UNR Editor, pp. 10-26

- Fernández, José Luis (2018). *Plataformas mediáticas: elementos de análisis y diseño de nuevas experiencias*. Ciudad de Buenos Aires: La Crujía.
- Fernández, José Luis (2020). Semiótica, ecosistemas y big data en la captura de los usuarios. *MusiMid: Revista Brasileira de Estudos em Música e Mídia*, 1(1), pp. 115-126.
- Fernández, José Luis (2022). *Vidas mediáticas: entre lo masivo y lo individual*. Ciudad de Buenos Aires: La Crujía.
- Flack, Wes (1997). American microbreweries and neolocalism: "Ale-ing" for a sense of place. *Journal of cultural geography*, 16(2), 37-53.
- Garavaglia, Christian & Swinnen, Johan (2017). The craft beer revolution: An international perspective. *Choices*, 32(3), 1-8.
- Hansen, Anders (2004). Tinkering with nature: discourses of 'nature' in media coverage of genetics and biotechnology. *Comunicação e Sociedade*, 6, 51-74.
- Heineken (2018). A Wild Lager History. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/travel/article/sponsorcontent-wild-lager-story>
- Hidalgo, Cecilia (2016). La Universidad de Buenos Aires y la interdisciplina. *Interdisciplina*, 4 (10), 109-128.
- Hjarvard, Stig (2016). Mediatización: La lógica mediática de las dinámicas cambiantes de la interacción social. *La trama de la comunicación*, 20(1), 235-252
- Horst, Maha, Davies, Sarah R. & Irwin, Alan (2016). Reframing science communication. En Felt, Ulrike; Fouché, Rayvon; Miller, Clark & Smith-Doerr, Laurel (Eds.). *The Handbook of Science and Technology Studies*. Cambridge: MIT Press, pp. 881-907.
- Hyvärinen, Matti (2008). Analyzing narratives and story-telling. En Alasuutari, Pertti; Brannen, Julia & Bickman, Leonard (Eds.). *The SAGE Handbook of Social Research Methods*, Los Angeles: Sage, pp. 447-460.
- Jackson-Beckham, Nikol (2017). Entreprenurial Leisure and the Microbrew Revolution. The neoliberal Orgins of Craft Beer Movement. En Lippard, Cameron; Lellock, Slade; Chapman, Nathaniel (Eds.) *Untapped: Exploring the cultural dimensions of the craft beer*. Morgantown: West Virginia Press, pp. 80-101.
- Kaderian, Santiago (2018). Lo artesanal como mediación técnica y simbólica. Cultura, identidad local y aprendizaje en la cerveza artesanal de Bariloche, Argentina. *RIVAR*, 5(15), 39-63.
- Kaderian, Santiago & Aguiar, Diego (2022). Cerveza, ciencia y tecnología. Redes sociotécnicas entre un laboratorio académico, una corporación de cerveza y cerveceros artesanales en San Carlos de Bariloche. *Redes*, 28(54).

- Krippendorff, Klaus (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*, Los Angeles: Sage.
- Krotz, Friedrich (2017). Explaining the mediatisation approach. *Javnost-The Public*, 24(2), 103-118.
- Livingstone, Sonia (2019). Audiences in an Age of Datafication: Critical Questions for Media Research, *Television & New Media*, 20(2), 170–183.
- Lüthje, Corinna (2017). Field-specific mediatisation: Testing the combination of social theory and mediatisation theory using the example of scientific communication. *Mediatization Studies*, 1(1).
- Malcher, Maria Ataíde & Raiol, Weverton (2018). Ciência em narrativas publicitárias: estratégias na TV aberta. *Comunicacao, Midia E Consumo*, 15(42), 156-181.
- Masseilot, Barbara (2020). La utilidad de la Teoría del Actor-Red para el estudio de la comunicación pública de las ciencias. Una aproximación teórico-metodológica. En el Dossier Ciencia, tecnología y sociedad en Argentina y Latinoamérica. *Argumentos. Revista de Crítica Social*, (22). 140-178.
- Masseilot, Barbara (2023). La comunicación de conocimientos científicos en los Programas Interdisciplinarios de la Universidad de Buenos Aires. Un estudio sobre el rol de la institución como actor-red en el espacio público, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 18, 219-246.
- Meneley, Anne (2007). Like an Extra Virgin. *American Anthropologist*, 109(4), pp. 678-687.
- Nelkin, Dorothy. (1995). *Selling science: How the press covers science and technology*. Nueva York: W.H. Freeman.
- Ogle, Maureen. (2006). *Ambitious brew: The story of American beer*. Orlando: Harcourt.
- Polino, Carmelo & Castelfranchi, Yuri (2019). Percepción pública de la ciencia en Iberoamérica. Evidencias y desafíos de la agenda de corto plazo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 42(14), 115-136.
- Polino, Carmelo & Cortassa, Carina (2015). La promoción de la cultura científica. Un análisis de las políticas públicas en los países iberoamericanos. *Documento del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS-OEI)*.
- Rovelli, Laura (2017). Expansión reciente de la política de priorización en la investigación científica de las universidades públicas de Argentina. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 8(22), 103-121.
- Scolari, Carlos (2019). Transmedia is dead. Long live transmedia! (or life, passion and the decline of a concept). *LIS Letra. Imagen. Sonido. Ciudad Mediatizada*, (20), 69-92.

- Sutz, Judith (2014). Calidad y relevancia en la investigación universitaria: apuntes para avanzar hacia su convergencia. *Revista CTS*, 9(27), 63-83.
- Universidad Nacional del Comahue (2017). Identidad Patagonia: Levadura de cerveza. Plataforma Mundo U. <https://www.mundou.edu.ar/contenidos/serie/Identidad%20Patagonia/288>
- Vaccarezza, Leonardo (2004). El campo CTS en América Latina y el uso social de su producción, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 1(2), 211- 218
- Vaccarezza, Leonardo (2015). Apropiación social e hibridación de conocimientos en los procesos de extensión universitaria, *Cuestiones de Sociología* (12).
- Vaccarezza, Leonardo Silvio & Zabala, Juan Pablo (2002). *La construcción de la utilidad social de la ciencia. Investigadores en biotecnología frente al mercado*. Bernal: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Väliveronnen, Esa (2021). Mediatization of science and the rise of promotional culture. Bucchi, M., & Trench, B. (Eds.). (2021). *Routledge Handbook of Public Communication of science and technology*. Abingdon: Routledge, pp. 2-19.
- Vasallo de Lopes, Maria Immacolata (2018). A teoria barberiana da comunicação. *MATRIZES*, 12(1), 39-63.
- Verstl, Ina, & Faltermeier, Ernst (2016). *The beer monopoly: How brewers bought and built for world domination*. Núremberg: Brauwelt International.
- Weingart, Peter (2011). The lure of the mass media and its repercussions on science. En Rödder, S., Franzen, M., & Weingart, P. (Eds.). *The sciences' media connection—public communication and its repercussions*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 17-32.
- Weingart, Peter (2022). Trust or attention? Medialization of science revisited. *Public Understanding of Science*, 31(3), 288-296.
- Williamson, Judith. (1978). *Decoding advertisements: Ideology and meaning in advertising*. Londres: Boyars.

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32057>

LA NATURALEZA DE LAS FUNCIONES PROPIAS EN LOS PRODUCTOS DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

The nature of proper functions in the products of synthetic biology

Ariel GOLDRAIJ

Departamento de Química Biológica Ranwell Caputo, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. CIQUIBIC-CONICET, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1303-1944>

Recibido: 12/04/2024

Revisado: 07/08/2024

Aceptado: 19/08/2024

RESUMEN: Este trabajo analiza la naturaleza de las funciones de los bioartefactos que construye la biología sintética a partir de la noción de función propia de Ruth Millikan. La biología sintética es una disciplina emergente que tiene como objetivo principal el diseño racional de nuevas funciones biológicas. La noción de función propia se enfoca en un bioartefacto paradigmático de la biología sintética: *Mycobacterium mycoides* JCVI-syn1.0, una réplica de un microorganismo natural construido mediante síntesis química. El análisis de las funciones propias es comparado en dos estrategias metodológicas empleadas por la biología sintética para diseñar nuevas funciones: la evolución dirigida y el diseño *de novo*. Debido a su origen doble, las diferentes partes que componen los bioartefactos de la biología sintética tienen en simultáneo funciones propias directas y derivadas. Aún con los sofisticados conocimientos técnicos para el diseño racional de nuevas funciones en los sistemas vivos, los bioartefactos construidos por la biología sintética guardan una impronta de la historia

natural y de sus funciones propias directas. No parece posible aún la construcción de organismos con funciones basadas solamente en el diseño racional y por fuera de los márgenes de la evolución biológica.

Palabras clave: bioartefactos, biología sintética, función propia, diseño racional de organismos, intenciones.

ABSTRACT: This work analyzes the nature of the functions of bioartifacts engineered by synthetic biology following Ruth Millikan's notion of proper function. Synthetic biology is an emergent discipline whose main aim is the rational design of novel biological functions. The notion of proper function is focused on a paradigmatic bioartifact of synthetic biology: *Mycobacterium mycoides* JCVI-syn1.0, a replica of a natural microorganism enabled by chemical synthesis. Two synthetic biology methodological strategies for the design of novel functions are contrasted to discuss the nature of proper functions: directed evolution and *de novo* design. Due to their double origin, the different parts composing bioartifacts of synthetic biology have both direct and derived proper functions. Even with the use of sophisticated technical tools for the rational design of new functions in living systems, bioartifacts engineered from synthetic biology keep a register of natural history and its direct proper functions. The construction of organisms with functions based only on a rational design and beyond the limits imposed by biological evolution does not seem to be possible yet.

Keywords: bioartifacts, synthetic biology, proper function, rational design of organisms, intentions

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo analiza la asignación de funciones en los objetos biotecnológicos que construye la biología sintética, disciplina emergente que tiene como objetivo fundamental el diseño de organismos con nuevas funciones biológicas. La noción de función propia de Ruth Millikan (1984; 1989) se aplica a un producto paradigmático de la biología sintética: *Mycobacterium mycoides* JCVI-syn1.0 (en adelante designado Mm1.0), una réplica de un microorganismo existente en la naturaleza construido mediante síntesis química (Gibson et al., 2010). Se analiza también el alcance de dos estrategias empleadas por la biología sintética para modificar o crear nuevas funciones biotecnológicas: la evolución dirigida (Dougherty y Arnold, 2009) y el diseño *de novo* (Huang et al., 2016).

Un campo de intersección entre la biología y la tecnología lo constituyen los objetos biotecnológicos o bioartefactos, organismos modificados

por la agencia humana con el propósito de obtener un beneficio de sus funciones biológicas¹. Lee (2005) clasifica los bioartefactos en tres grandes categorías: a) organismos domesticados desde tiempos ancestrales mediante procedimientos de conocimiento empírico; b) producciones biotecnológicas tradicionales, originadas en la manipulación de microorganismos y en los cruzamientos de plantas y animales guiados por conocimientos de genética clásica; c) objetos biotecnológicos modernos cuya producción se fundamenta en el conocimiento de las funciones biológicas en el nivel molecular y en la genómica de organismos. En esta última categoría están incluidos, entre otros, los organismos transgénicos y las más recientes producciones de la biología sintética. En los bioartefactos las funciones biológicas modificadas intencionalmente coexisten con las funciones naturales del organismo. Ambos tipos de funciones pueden estar superpuestas, como en el caso de la vaca Holstein, en la cual la función natural de la lactancia se ha intervenido mediante cruzamientos para maximizar la producción de leche (Cuevas Badallo, 2016). Pero también, las funciones modificadas pueden no ser parte de las funciones naturales de un organismo; por ejemplo, en la soja genéticamente modificada se ha introducido mediante transgénesis un gen bacteriano cuya capacidad para degradar el herbicida glifosato no está presente en el genoma original de la planta (Green, 2016). Aún en estos casos, los productos de expresión de los genes foráneos actúan de manera integrada y dependen de las funciones naturales del organismo modificado.

La biología sintética es una disciplina reciente que combina varias áreas del conocimiento, principalmente la ingeniería, la informática, la biología molecular y la genómica. El rasgo distintivo de la biología sintética es la aplicación de conceptos fundamentales de la ingeniería, tales como abstracción, modularización y estandarización, para diseñar y construir sistemas biológicos (Endy, 2005). Orientada desde su emergencia como una disciplina tecnológica para la producción de recursos útiles, la biología sintética concibe un sistema biológico como un conjunto de módulos de ADN (*biobricks*) que expresan diferentes funciones. Estos módulos se consideran como elementos intercambiables de acuerdo a los recursos que se pretendan producir, de manera análoga a la sustitución de las

1. Objetos biotecnológicos y bioartefactos serán considerados sinónimos y se utilizan de manera indistinta en el texto. Más allá de que los primeros suelen asociarse con las modernas producciones biotecnológicas y los segundos con plantas y animales ancestrales sometidos a diferentes procesos de domesticación, en ambos tipos de entidades la intención humana es aprovechar las funciones biológicas con un fin útil. Véase Parente (2014) para una clasificación detallada de los diferentes grados de intervención del agente humano sobre las entidades vivientes.

piezas que conforman un artefacto. Una de las estrategias de la biología sintética es la modificación de funciones biológicas ya existentes en la naturaleza. Asimismo, la biología sintética propone la construcción de sistemas biológicos con funciones novedosas, generadas mediante el diseño intencional y no relacionadas con las funciones surgidas de la evolución natural. Entre las realizaciones más notables de la biología sintética se destacan el ya mencionado organismo Mm1.0; una variante de éste denominada *Mycobacterium mycoides* JCVI-syn3.0 (en adelante designado Mm3.0), consistente en un genoma mínimo concebido como chasis o plataforma para la expresión de nuevas funciones biotecnológicas (Hutchison et al., 2016) y el diseño de microorganismos para la producción de artemisinina, un fármaco utilizado en el tratamiento contra la malaria (Ro et al., 2006). No obstante, el hasta aquí limitado número de producciones, existe una gran expectativa en torno a la capacidad de la biología sintética para el impulso de la bioeconomía, una modalidad de producción de bienes y servicios basada en la explotación de los recursos biológicos.

El origen y la naturaleza de las funciones en organismos ha sido objeto de intensa discusión filosófica, especialmente desde el último tercio del siglo pasado. En términos generales, el concepto de selección natural y la concepción de un sistema biológico como un conjunto organizado de capacidades funcionales han sido los dos ejes principales a través de los cuales diferentes teorías explicaron la naturaleza de las funciones biológicas. Wright (1973) ha postulado que la función de un rasgo biológico está determinada por dos fenómenos: a) el proceso de selección natural de los efectos que dicho rasgo ha producido en el pasado y b) la capacidad funcional del rasgo en el presente. En cambio, Cummins (1975) desestima de manera expresa el rol de la selección natural en el establecimiento de una función. El análisis funcional de este autor se enfoca en la capacidad particular de cada uno de los componentes de un sistema biológico para servir de manera coordinada a un sistema funcional mayor. Millikan (1984) sostiene que la historia evolutiva de un rasgo es el determinante de su función, independientemente de cuál sea su capacidad actual. Introduce la noción de función propia en referencia a la capacidad por la cual un rasgo ha sido seleccionado históricamente (Millikan, 1989).

La adscripción de funciones en organismos modificados por la agencia humana ha sido motivo de indagación filosófica más o menos reciente desde distintos enfoques (Lewens, 2004; Sperber, 2007; Longy, 2009; Cuevas Badallo, 2016). Buena parte de estos trabajos se focalizan en los bioartefactos tradicionales, propios de los comienzos de los procesos de domesticación de plantas y animales, o de aquellos generados mediante el mejoramiento genético clásico. Más infrecuente ha sido el tratamiento

de la adscripción funcional en los bioartefactos cuyas funciones técnicas implican modificaciones en el nivel molecular (Cuevas Badallo y Vermaas, 2010). Y aún más escasos son los trabajos que han abordado el problema específico de las funciones en los objetos biotecnológicos que procura construir la biología sintética. Holm (2013) caracteriza estos objetos como productos del diseño inteligente y los designa “organismos Paley”. En su Teología Natural, William Paley (1802) reflexiona en torno al significado del hallazgo de un reloj en una playa desierta. Según Paley, un fenómeno de este tipo conduciría inequívocamente a pensar en la existencia de un Creador como diseñador inteligente del Universo antes que en un proceso evolutivo. Holm evoca esta escena y sostiene que los nuevos organismos construidos por la inteligencia humana mediante biología sintética también carecerían de una historia evolutiva natural. En consecuencia, no correspondería atribuirles funciones propias de acuerdo a como las define Millikan (1989). Por su parte Schyfter (2015; 2021), propone un enfoque de las funciones biológicas desde el marco de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Emplea la biología sintética como estudio de caso para afirmar que las funciones, antes que las propiedades de los organismos en sí, son atributos otorgados de manera colectiva por las comunidades epistémicas de cada área específica. Achatz (2019) sostiene una posición pragmática y pluralista para la adscripción de funciones en los objetos de la biología sintética, atendiendo al origen natural y artefactual de sus capacidades y a las particularidades de algunas prácticas de la nueva disciplina; por ejemplo, el hallazgo de nuevas funcionalidades mediante la combinación de módulos por el método de prueba y error, o inclusive, los intentos artísticos a partir del montaje de piezas biológicas. Más allá de la diversidad de enfoques que reflejan estos trabajos, resulta evidente la importancia asignada a la noción de función en los discursos que refieren a los bioartefactos específicos de la biología sintética. En todo caso, la yuxtaposición de funciones naturales y artefactuales en una misma entidad, sumado a la posibilidad de diseñar funciones *de novo* con independencia de los patrones biológicos establecidos por la evolución natural, justifican una discusión específica sobre la naturaleza y la adscripción de funciones en los objetos de la biología sintética.

La estructura de este trabajo se organiza por secciones. En la siguiente sección se reconstruyen en forma general los conceptos más relevantes de las principales teorías sobre la naturaleza de las funciones. En tanto bioartefactos, la naturaleza de las funciones en los productos de la biología sintética admite un enfoque epistémico dual, tanto desde la biología como la tecnología. Las nociones iniciales de función en el dominio biológico oficiaron como cimiento para el desarrollo posterior de teorías

sobre las funciones en los artefactos de la cultura material (Vermaas y Houkes, 2006; Kroes y Meijers, 2006; Preston, 2013). Si bien emplearemos conceptos de ambos campos, este trabajo se concentra en las teorías sobre funciones provenientes de la biología, con sus correspondientes proyecciones al campo de la tecnología. En la tercera sección se discute la noción de función propia en los objetos de la biología sintética. Esta noción se aplica en la cuarta sección a Mm1.0, objeto paradigmático de la biología sintética. La quinta sección discute la adscripción de funciones propias a bioartefactos construidos bajo dos estrategias metodológicas diferentes que emplea la biología sintética: la evolución dirigida y el diseño racional o diseño *de novo*. Estas estrategias serán útiles para fundamentar las conclusiones en la sección final del trabajo: atendiendo a su doble origen, los bioartefactos de la biología sintética son depositarios en simultáneo de funciones propias directas y derivadas. Aún con los más sofisticados conocimientos y medios técnicos para el diseño racional de nuevas funciones en los sistemas vivientes, los objetos construidos por la biología sintética guardan una impronta importante de la historia natural. No existe todavía la posibilidad de construir funciones biológicas *ex nihilo*, enteramente por fuera de los márgenes de la evolución biológica.

2. LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA NOCIÓN DE FUNCIÓN

Un aporte seminal al concepto de función en el debate filosófico contemporáneo surge del trabajo de Larry Wright (1973), quien propone una teoría general de las funciones en organismos naturales. Wright sostiene que la asignación de una función a un ítem biológico debe fundarse en una causa que explique tanto la presencia del ítem como su capacidad para producir un efecto determinado. Este fundamento debe también diferenciar de manera taxativa la función genuina o “verdadera” de otras capacidades transitorias o accidentales en las que un ítem pudiera estar implicado. De acuerdo a Wright, dos criterios deben ser satisfechos para asignar una función Z a un ítem X:

- a) X está presente porque hace Z
- b) Z es una consecuencia de la presencia de X (Wright, 1973: 161).

El criterio a) alude a la causa específica que explica la presencia de X. Por una parte, refiere de manera explícita a la capacidad actual de X de hacer Z; por otra parte, refiere al pasado de X, más exactamente a su historia de selección. La causa específica de la presencia de X se explica

entonces por la selección natural de X como resultado de su capacidad para hacer Z: “si un órgano ha sido naturalmente seleccionado de manera diferencial en virtud de alguna cosa que hace, podemos decir que la razón de que ese órgano está ahí es que hace esa cosa” (Wright, 1973: 161). La historia de selección es, según Wright, la causa que explica la presencia del órgano. El criterio b) permite distinguir el efecto seleccionado (la función Z) de otros efectos en que X pudiera estar implicado. La causa de que X esté presente es *un* tipo específico de causa o etiología: el proceso de selección natural de los efectos de su función Z. Otras capacidades eventuales de X, producidas por causas diferentes de la causa específica, quedan excluidas como función Z. En un ejemplo clásico, la función del corazón en un organismo es bombear sangre porque por ese efecto el corazón ha sido seleccionado a lo largo de su trayectoria evolutiva. En cambio, el corazón no ha sido seleccionado por emitir un sonido rítmico, una capacidad secundaria que es solo consecuencia de su función “verdadera”. Del mismo modo, la función de la clorofila en las plantas es la fotosíntesis, capacidad por la que ha sido seleccionada y que explica su presencia en las hojas. El almacenamiento de magnesio también es una capacidad de la molécula de clorofila. Pero no es la causa que explica su presencia en las hojas².

Robert Cummins (1975) objeta los fundamentos basados en la selección natural como factor determinante de una función³. Propone en cambio, una estrategia analítica en la cual la función de un ítem se atribuye

2. Los mismos criterios que se aplican para establecer las funciones naturales se extienden también al establecimiento de las funciones en los artefactos. La diferencia es que el artefacto está presente debido a que, gracias a su capacidad, ha sido objeto de un proceso de selección llevado a cabo por un agente conciente (Wright, 1973).

3. Cummins formula una serie de cuestionamientos básicos a la teoría de Wright. Por un lado, frente a la afirmación “X está presente porque hace Z”, señala que la presencia de un ítem no se relaciona necesariamente con su capacidad. Argumenta que una misma organela subcelular, la vacuola, está presente tanto en microorganismos de agua dulce como de agua salada, pero con capacidades diferentes en cada caso. Concluye entonces que no es pertinente justificar la presencia de un rasgo a partir de su performance (Cummins, 1975). Un segundo cuestionamiento señala que no es el proceso de selección natural, sino más bien el programa genético de desarrollo y el ambiente, los determinantes de la presencia de un cierto rasgo en un organismo. La selección natural actúa *posteriormente*, una vez que el rasgo y su función ya se han manifestado, favoreciendo o desfavoreciendo su propagación. Cummins apunta que Wright realiza una interpretación errónea del mecanismo de selección natural. Sostiene que la selección natural actúa en forma gradual y lenta escogiendo los elementos básicos de un rasgo biológico en formación, proceso que es completamente ajeno a la estructura y la función final del rasgo. Solo *a posteriori* de que una estructura y su función estén finalmente establecidas, la selección natural escogerá las variantes más eficaces entre diferentes performances de una misma función (Cummins, 2002).

de acuerdo a su capacidad en el presente. Esta capacidad se manifiesta dentro de un sistema general, al cual el ítem se halla integrado como un componente más (Cummins, 1975). Así, la función del corazón deviene de su capacidad de bombear sangre dentro del sistema circulatorio, el cual incluye también otros componentes, como la sangre y los vasos sanguíneos, cada uno con su propia función. De igual forma, en una línea de montaje las funciones se asignan según la capacidad de cada componente del sistema. Bajo la lógica de Cummins, la función de la línea como un todo es consecuencia de la función de cada uno de los componentes que la integran.

Cada ítem en la línea es responsable de una cierta tarea y función del ítem es completar esa tarea. Si la línea tiene la capacidad de producir es en virtud de que sus ítems componentes tienen las capacidades para completar su trabajo (Cummins, 1975 p. 760).

Una visión alternativa a las de Wright y Cummins es postulada por Ruth Millikan, quien considera a la historia de un ítem como *único* determinante de su función. Denomina *función propia* a la capacidad por la cual un ítem ha sido seleccionado y reproducido en el pasado, independientemente de cuál sea su capacidad actual (Millikan, 1984; 1989). La noción de función propia no es una mera definición conceptual sino más bien el núcleo de una teoría general de las funciones. Aunque su referencia fundante es el ámbito biológico, Millikan encuentra una serie de analogías en ítems tan disímiles como organismos, objetos artefactuales, estructuras del lenguaje y representaciones mentales, entre otros, que conducen a postular la existencia de funciones propias en cada uno de ellos:

...no habría ninguna razón para suponer a priori que la expresión “tiene una función” corresponde a una única clase [de ítems]. De hecho, sostengo que “tiene una función” se corresponde, en una variedad sorprendente de casos, con tener una función *propia*. Más aún, las propiedades o analogías que nos llevan a hablar de diversas clases de ítems como portadores de “funciones”, son propiedades o analogías que dan cuenta que estos ítems coinciden en el hecho de tener funciones *propias* (Millikan, 1989, pp 291).

La función propia de un ítem se refiere a la función que éste *tiene*, aquello que se supone que *debe* llevar a cabo, bien diferente del concepto de la *capacidad de funcionar como* en un determinado contexto (Millikan, 1989). Aunque emerge de una matriz naturalista, la definición de función propia conlleva entonces un carácter normativo. Esto habilita el concepto de funcionamiento inapropiado o mal funcionamiento cuando el ítem

es defectuoso o no manifiesta la capacidad que si tuvo en organismos antecesores. En suma, salirse de la mirada sobre la capacidad presente y remitirse a la capacidad en el pasado le permite a Millikan distinguir las funciones principales de las accesorias y explicar los casos en que un ítem, aún teniendo asignada una función propia arraigada en su historia, no funciona o no funciona apropiadamente en el presente.

3. LA NOCIÓN DE FUNCIÓN PROPIA EN LOS OBJETOS DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

Para ilustrar la noción de función propia, Millikan (1989) recurre a un ejemplo singular: describe un supuesto ítem biológico cuyas partes componentes carecerían de funciones propias. Se trata del “doble accidental”: un ítem X generado mediante un reordenamiento molecular azaroso que resulta ser idéntico a otro ítem existente. Según la teoría millikiana, la historia evolutiva a través del proceso de selección es el fenómeno que determina las funciones de los componentes de X. Sin embargo, tal como se ha generado, el ítem X carece de historia y por lo tanto no tiene funciones propias de ninguna clase: “Tal doble no tiene funciones propias porque carece de historia. No es una reproducción de ninguna cosa ni ha sido producido por algo que tenga funciones propias” (Millikan, 1989, pp 292). Si el ítem X fuera idéntico a un ser humano real, aun cuando fuera exactamente igual y con las mismas capacidades que las del original, sus partes componentes carecerían de historia evolutiva. Tampoco tendría historia el mecanismo productor del ítem X, ya que se trata de un “accidente cósmico” ocurrido de manera puramente casual. Si las partes componentes de X no tienen historia, en consecuencia, tampoco tienen funciones propias.

Naturalmente, el ejemplo de la generación del ítem X es un caso ficticio. Sugestivamente, algunos años antes de la emergencia de la biología sintética, Millikan afirma que:

Sin ninguna duda, no ha existido nunca un ítem con la complejidad del doble ficcional, algo construido en forma tan sofisticada que pudiera garantizar su propia supervivencia y reproducción y que no tuviera también una historia para conferirle a cada una de sus partes funciones propias (Millikan, 1989, pp 293).

Ahora bien, una de las novedades más impactantes de la biología sintética ha sido la generación de una réplica de un organismo previamente existente. La bacteria Mm1.0 es un bioartefacto cuyo genoma de 1,1

millones de pares de nucleótidos ha sido reproducido a partir de la información digital del genoma natural de *Mycobacterium mycooides*. Su construcción se llevó a cabo de manera modular, en línea con los métodos ingenieriles de la biología sintética⁴. Mm1.0 fue capaz de mantenerse y reproducirse de manera autónoma y sus rasgos genotípicos y fenotípicos resultaron ser esencialmente indistinguibles de los de su “doble” natural *Mycoplasma mycooides* (Gibson et al., 2010).

En la naturaleza encontramos ejemplos comunes de organismos sencillos que resultan ser réplicas exactas de otros previamente existentes. Por ejemplo, la reproducción por gemación de una levadura genera un nuevo individuo que es una réplica o clon del individuo original. Cada uno de los genes responsables de los mecanismos que generan y mantienen las estructuras de la nueva célula están asentados sobre una historia evolutiva. Los efectos producidos por cada uno de estos genes fueron seleccionados y reproducidos de manera sucesiva a través de generaciones, contribuyendo así a la supervivencia y proliferación de la levadura. Por ello, estos efectos o capacidades producidos por estos genes son sus funciones propias directas (Millikan, 1984)⁵.

La visión ingenieril de la biología sintética concibe los sistemas biológicos como objetos de diseño, no solo con el objetivo de modificar las funciones existentes sino también de crear funciones *de novo*, sin antecedentes en la evolución biológica natural. Sin embargo, no se conoce aún en el mundo biológico la posibilidad de una creación “desde cero” o

4. Mm1.0 está conformado por el genoma sintético de *Mycobacterium mycooides* contenido en una membrana de *Mycobacterium capricolum*, una especie muy cercana a *Mycobacterium mycooides*. La construcción de Mm1.0 se llevó a cabo mediante la síntesis de pequeños segmentos de nucleótidos de ADN que luego fueron ensamblados en segmentos de tamaño mayor, conservando la secuencia del genoma original de *Mycobacterium mycooides*. La secuencia completa de ADN se organizó en un cromosoma sintético circular que luego fue transplantado en una célula de *Mycobacterium capricolum* desprovista de su genoma natural. Los componentes moleculares de la membrana de Mm1.0, inicialmente provistos por *Mycobacterium capricolum*, son reemplazados completamente al cabo de unas pocas horas por los componentes propios de *Mycobacterium mycooides*, debido al natural recambio metabólico dirigido por el genoma sintético.

5. Una función propia F de un ítem A es directa cuando A se origina por reproducción o copia de ítems anteriores similares a A en los cuales la capacidad F contribuyó a la supervivencia y a la propia generación de A. El ítem A y los ítems anteriores a A conforman los que Millikan llama una “familia establecida reproductivamente” (Millikan, 1984; 1989). Un ejemplo recurrente en la literatura es la función propia directa del corazón. El corazón forma una familia establecida reproductivamente con órganos similares antecesores, sucesivamente copiados, en los cuales la función de bombear sangre contribuyó a la supervivencia y a la generación de los corazones actuales.

por fuera del basamento evolutivo natural. Existen elementos estructurales básicos, por ejemplo, nucleótidos, aminoácidos o ciertos dominios de proteínas que tienen un pasado evolutivo y conforman un basamento biológico universal necesario para cualquier forma de vida conocida. ¿Cuál es, entonces, el grado de originalidad que puede ser alcanzado en las creaciones de la biología sintética? ¿Cómo es la relación entre el diseño original de una pieza biológica o de un organismo, por un lado, y el soporte biológico que conforma la evolución biológica natural durante miles de millones de años? En los términos de la teoría de las funciones de Millikan, es posible formular un interrogante similar: ¿cómo se establecen las funciones propias en los bioartefactos de la biología sintética?

4. LA ADSCRIPCIÓN FUNCIONAL EN LAS PRODUCCIONES DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

Hasta aquí, se han contrastado dos formas de generación de organismos: la primera es meramente especulativa y da lugar a un organismo originado de manera casual, cuyas partes componentes carecen de historia y de funciones propias. La otra forma, generada en el laboratorio, resulta ser una *copia* exacta de un organismo de ocurrencia natural. En efecto, de acuerdo a Millikan (1984, pp 19-20) existen tres requisitos para considerar una entidad copia de otra precedente. Todos ellos son satisfechos en la generación de Mm1.0 a partir de la información genética de *Mycobacterium mycoides*: 1) ambos organismos tienen genotipos y fenotipos idénticos entre sí; 2) las leyes *in situ* que gobiernan la producción de la copia son derivadas de leyes naturales. Por ejemplo, las reacciones de síntesis química que unen los nucleótidos y los segmentos de ADN de Mm1.0 ocurren con arreglo a las leyes de la física y la química; y 3) las leyes *in situ* que gobiernan la producción de Mm1.0 implican que cualquier variación eventual en el genoma original quedará registrada en la copia. Por ejemplo, si ocurriera accidentalmente el cambio de un nucleótido en la transcripción de la información digital del genoma de *Mycobacterium mycoides*, este cambio se transmitirá al genoma de Mm1.0. De acuerdo con esto, las propiedades de cada uno de los genes que componen Mm1.0 son definidas por los organismos antecesores similares con los cuales Mm1.0 conforma una misma familia reproductiva. Además, el mecanismo mediante el cual cada uno de los genes de Mm1.0 lleva a cabo su función es un mecanismo que ha operado históricamente. En función de esto concluimos que, aun cuando el mecanismo reproductivo que los ha generado no ha sido el natural, cada uno de los elementos que

componen el genoma de Mm1.0 conservan sus funciones propias directas. Cada una de estas funciones ha sido escogida por selección natural a través de su historia evolutiva, trayecto durante el cual los genes se han copiado de manera directa una y otra vez, contribuyendo así a la proliferación de la especie *Mycobacterium mycooides* de la cual el individuo Mm1.0 también forma parte.

Ahora bien, en tanto bioartefacto, Mm1.0 tiene un origen doble. Por una parte, su genoma es copia del genoma de un organismo natural con su correspondiente historia evolutiva. Por otra parte, Mm1.0 es también un ítem artefactual producto de las intenciones humanas. Pero en el marco teórico millikaniano, el mecanismo general por el cual en nuestro cerebro se generan intenciones también es un mecanismo biológico con su propia historia de selección natural. Precisamente, las intenciones o propósitos formulados en la mente se han seleccionado por su capacidad de ser cumplidos. La función propia directa de una intención es entonces la posibilidad de su misma concreción. Gracias a este efecto, la propiedad del cerebro humano de formular intenciones ha sido seleccionada históricamente. Las funciones propias directas de las intenciones se materializan a través de acciones y productos que procuran satisfacer esas intenciones. Tales productos también tienen funciones propias, que en este caso resultan ser derivadas de los mecanismos que los generan, esto es, las intenciones humanas. En la construcción de Mm1.0 la intención de los autores fue “crear una nueva célula controlada por un genoma sintético” (Gibson et al., 2010, pp 52), con idénticas funciones a las de una célula natural. El genoma sintético es el producto de la intención de construir una copia del genoma natural. En consecuencia, cada una de las partes componentes del genoma sintético, además de tener una función propia directa es también portadora de una función propia derivada⁶. En este punto es interesante señalar una suerte de paradoja. Supongamos que un especialista de la biología de *Mycobacterium mycooides* desconoce el proceso de construcción de Mm1.0. Al observar el fenotipo y analizar en detalle el genotipo de Mm1.0 no dudaría en afirmar que se trata de *Mycobacterium mycooides*. Si el especialista también conoce la teoría de

6. Una función propia F de un ítem A es derivada cuando A es el producto de otro ítem cuya función propia es general y cuya manifestación específica ocurre mediante la producción de A. En la esfera biológica, un ejemplo típico de función propia derivada es la producción de color en la piel del camaleón. El set completo de genes que expresan los colores de la piel tiene como función propia directa la mimesis del camaleón. En cada ambiente particular, la expresión relativa de estos genes tiene la función propia derivada de producir el color específico de la piel que se corresponde con ese ambiente.

las funciones de Millikan, afirmará naturalmente que cada una de las partes del genoma de Mm1.0 es portadora de funciones propias directas. Lo que ocurre es que Mm1.0 es una réplica de *Mycobacterium mycoides* y por lo tanto, como afirman sus propios autores ambos ítems resultan ser indistinguibles entre sí (Gibson et al., 2010). Más allá de una marca específica introducida en el genoma por los propios autores para testimoniar su origen artificial (lo que evidencia la precisión con que se ha hecho la réplica), no hay ningún rastro de la acción humana en Mm1.0 y por lo tanto tampoco hay un registro evidente de funciones propias derivadas. Lo que ocurre en este caso particular es que las funciones propias derivadas de las partes que componen el genoma sintético consisten en la reproducción de las partes que poseen funciones propias directas en el genoma natural de *Mycobacterium mycoides*. Con lo cual concluimos que en Mm1.0 las funciones propias directas y derivadas de cada una de las partes del genoma son coincidentes.

La naturaleza bioartefactual de Mm1.0 habilita otra modalidad de análisis, relacionada con la unidad que se considera depositaria de las atribuciones funcionales. En general, la noción de función en organismos se ha discutido en relación a sus componentes estructurales, -órganos, tejidos, células- o bien, si se considera el nivel molecular, a los componentes del genoma. Tal es el tipo de análisis que se ha discutido hasta aquí respecto a Mm1.0. En cambio, en los artefactos la unidad de análisis es el ente considerado como un todo, atendiendo al hecho de que son objetos contruidos con un determinado propósito de funcionamiento (Preston, 2013). Por su naturaleza híbrida, el bioartefacto Mm1.0 también puede ser considerado de manera integral, como unidad de análisis para la asignación funcional.

En forma análoga a los procesos de selección natural en organismos, Millikan sostiene que los artefactos adquieren funciones propias directas luego de una serie de ciclos repetidos de selección y copia, en virtud de la utilidad de sus capacidades funcionales. “Los artefactos que han estado cumpliendo ciertas funciones conocidas por aquellos que los fabrican y que por este motivo son reproducidos (por ejemplo, los destornilladores domésticos), tienen estas funciones como funciones propias directas” (Millikan 1984, pp 28). Las plantas transgénicas resistentes a herbicidas y a insectos son ejemplos de bioartefactos modernos que han adquirido funciones propias directas a través de varios ciclos de diseño y uso sostenido en las últimas tres décadas (Green, 2016). Pero el caso de Mm1.0 es diferente: su diseño y construcción constituyen una genuina innovación puesto que se trata de la primera construcción de una célula semisintética a partir de la información del genoma de una célula natural. Más allá

de la historia de cada uno de sus genes componentes, Mm1.0 es un bioartefacto nuevo en el mundo que materializa la intención de sus autores de construir una célula copiada a partir de otra natural. En consecuencia, en tanto artefacto, la función de Mm1.0 es una función propia derivada de las intenciones humanas. En resumen, las funciones propias de Mm1.0 provienen de dos fuentes diferentes: por un lado, sus diferentes genes y elementos genómicos tienen funciones propias directas y también funciones propias derivadas. Por otro lado, el bioartefacto en sí mismo, considerado como una entidad original, tiene una función propia derivada asignada por la intención de sus diseñadores.

En este punto, resulta interesante detenerse en la crítica de Holm a Millikan en relación a la atribución reservada a los diseñadores para asignar funciones a los artefactos prototípicos u originales. Holm (2013) argumenta que, al depender exclusivamente de las intenciones, la asignación de funciones propias podría resultar arbitraria, con riesgo de que no se verifique una mínima relación lógica entre la estructura material y la capacidad pretendida. En una referencia específica a la asignación de funciones en los objetos de la biología sintética, Holm señala que la posición intencionalista no sería capaz de discriminar entre el diseño original de un bioartefacto -cuya genuina función intendida fuese convertir dióxido de carbono en metano- de un simple pedazo de cartón -pretendido como un novedoso catalizador de la conversión de dióxido de carbono a metano- que simplemente no funciona de acuerdo con lo previsto por sus diseñadores (Holm, 2013).

Sin embargo, ¿hasta qué punto la intención para asignar una función a un artefacto nuevo puede ser totalmente arbitraria o estar regida por un posible capricho? ¿Cuál es la naturaleza de las intenciones involucradas en el acto de diseñar y conferir una función a un artefacto? Si quien asigna las funciones es el diseñador o autor, las nociones de autoría con fuerte sustento en las intenciones pueden ayudar a responder estos interrogantes. Por ejemplo, Hilpinen (1992) y Thomasson (2003), entre otros autores, analizan la clase de intenciones necesarias para que un agente pueda ser considerado autor de un artefacto y pueda asignarle sus correspondientes funciones. No se trata de intenciones en un sentido general, vago o abstracto. La autoría depende de que un *tipo particular* de intenciones hayan sido formuladas para la producción de un artefacto. El autor, para ser identificado como tal, debe cimentar sus intenciones en un conocimiento previo de la clase de artefacto que pretende diseñar y producir. Y más aún, sus intenciones deben materializarse de manera más o menos eficaz. No se podría hablar de autoría estricta si el resultado final del artefacto producido no reflejara en alguna medida la intención original del

presunto autor. En otras palabras, el resultado final debe guardar concordancia lógica con la intención original. Y ésta, debe a su vez ser consistente con algún conocimiento previo, basado en la lógica de los objetos que, aunque no sean iguales, -porque estamos hablando de un artefacto novel-, sí obran como antecedente de la clase de artefacto que se quiere diseñar.

Aunque el concepto hilpineano de autoría se refiere originalmente a las obras de arte, es factible extenderlo a los bioartefactos modernos. En éstos, el diseñador suele ser también el productor o bien está en estrecho contacto con éste. No hay una separación temporal o espacial sustancial entre el diseño del producto y su realización en el laboratorio, de tal forma que el diseñador puede evaluar y dar cuenta del producto obtenido. En biología sintética en particular, diseñar entidades con la complejidad de una célula semisintética o funciones biológicas originales requiere un conocimiento con un muy alto nivel de sofisticación. La estructura y las funciones del producto final deben necesariamente corresponderse con un grado lógico de aproximación a la intención previa. Reconocer en las intenciones del diseñador la determinación de las funciones de un artefacto, asume en forma explícita la existencia de una voluntad de diseño racional y un uso lógico del mejor conocimiento disponible para concretar el objetivo propuesto.

5. EL ALCANCE DE LA INNOVACIÓN EN BIOLOGÍA SINTÉTICA

Es evidente que el horizonte de producción tecnológica que se propone la biología sintética va mucho más allá de la réplica de organismos naturales, como en el caso de Mm1.0. Antes que un enfoque basado en la manipulación de los genomas existentes, más propio de la ingeniería genética tradicional, la biología sintética se orienta a construir bioartefactos cuyos componentes, o al menos parte de ellos, estén diseñados integralmente por la acción humana. Se procura entonces la construcción de genomas con funciones enteramente novedosas, no limitadas al registro de la evolución biológica natural (Chiarabelli et al., 2009). Más allá de esta voluntad para el diseño de nuevas funciones, resulta apropiado apuntar que en tecnología las innovaciones tienen un carácter más bien relativo. Existen por supuesto artefactos novedosos, con nuevas funciones o nuevas formas de implementar una función existente, pero es poco probable que una innovación ocurra “desde cero” en términos puros o absolutos. En el dominio de los artefactos las innovaciones toman como referencia modelos previos sobre los cuales se montan los cambios y mejoras.

Como afirma Preston, "El diseño y la invención no son actos de creación *ex nihilo* que resultan en novedades radicales, sino más bien mejoras graduales o extensiones de la cultura material existente que resultan en una novedad relativa (Preston 2013, pp 171). Un ejemplo de este fenómeno en la esfera de los bioartefactos son las plantas transgénicas comerciales de soja y maíz, en las cuales la introducción de un único gen de origen bacteriano confiere resistencia a herbicidas (Green, 2016). Más allá de que esta modificación tiene implicancias cruciales en el metabolismo de la síntesis de aminoácidos aromáticos, el cambio en sí mismo resulta ser puntual en el contexto del genoma del organismo. Y aún los genes modificados o foráneos introducidos en estas plantas conservan casi todas sus regiones o dominios naturales inalterados. En resumen, las nuevas funciones que procuran implementar las técnicas biotecnológicas modernas son generadas sobre un soporte genético previo modelado por la evolución natural, el cual resulta ser cuantitativamente mucho más relevante que las innovaciones introducidas⁷.

En este escenario, un interrogante valioso es el siguiente: ¿es posible el diseño de organismos cuyas funciones propias sean mayoritariamente derivadas de las intenciones humanas? Dicho de otra forma, ¿cuán cercana es la pretensión de la biología sintética de construir organismos "desde cero", enteramente producidos por el diseño inteligente? De manera lógica, el foco de esta aspiración está puesto sobre organismos sencillos como las bacterias. No obstante, la gran complejidad funcional inherente a cualquier organismo vivo, los genomas bacterianos son mucho más pequeños que los de cualquier organismo pluricelular y cuentan con un número limitado de genes. Esto hace que las bacterias sean los organismos más apropiados para ensayar nuevas funciones o funciones ya existentes implementadas de manera más eficaz. Un ejemplo de esto es la evolución dirigida, una técnica iniciada hace varias décadas que ha cobrado recientemente un nuevo impulso con la biología sintética (Dougherty y Arnold, 2009). La evolución dirigida opera bajo el mismo principio de la evolución natural, pero en el espacio del laboratorio y de una forma mucho más rápida. El paso inicial de la evolución dirigida consiste en la generación de variantes de una función específica mediante mutagénesis inducida en la región génica que se desea modificar. En una

7. Es cierto que en varias especies domesticadas el soporte genético ha sido modificado a través de cruzamientos intencionales desde épocas milenarias. Pero estas prácticas buscaron generar individuos con las combinaciones génicas más favorables, sin alteraciones en el nivel molecular y sobre un fondo de capacidades biológicas previamente establecidas de forma natural.

segunda etapa se ensayan y seleccionan aquellas variantes que resultan más eficaces en la capacidad analizada. Sobre estas especies seleccionadas se implementan nuevos ciclos sucesivos de generación de variantes, ensayo y selección. Así, de manera iterativa, se busca lograr la mayor aproximación posible al objetivo trazado inicialmente (Wang et al., 2021).

En la evolución dirigida, el material genético de partida para producir nuevas funciones biológicas son las variantes existentes de genes y proteínas que han sido seleccionadas por su eficacia sobre otras variantes. Se trata esencialmente de una estrategia rápida de modificación de funciones montada sobre el trabajo realizado por la evolución natural durante miles de millones de años. La evolución dirigida pretende replicar los mecanismos de la evolución natural en un período de tiempo mucho más corto. De acuerdo al marco teórico de Millikan, la introducción de funciones propias derivadas ocurre sobre un soporte de funciones propias directas. Por lo tanto, en los productos de la evolución dirigida no se verifica la pretensión de la biología sintética de diseñar y construir organismos enteramente *de novo*. Si bien aquí las nuevas funciones son derivadas de las intenciones humanas, éstas toman como punto de partida las funciones propias directas naturales.

Otra estrategia que propone la biología sintética, alternativa a la evolución dirigida, busca diseñar nuevas funciones biológicas mediante una modalidad más próxima al diseño “desde cero”. En lugar de modificar las secuencias que la naturaleza ha seleccionado para una determinada función, el diseño *de novo* busca generar nuevos genes y proteínas en el espacio no explorado por la evolución biológica. El fundamento central de esta metodología se basa en el hecho de que las proteínas escogidas por la selección natural para llevar a cabo las funciones biológicas existentes constituyen solo una fracción infinitesimal del total de proteínas potencialmente funcionales (Huang et al., 2016). Mediante análisis computacional y aplicando los principios físicos y químicos que regulan el plegamiento espacial de proteínas, el *diseño de novo* examina combinaciones de aminoácidos originales que no forman parte de ninguna de las familias de proteínas previamente existentes. Los genes codificantes de estas potenciales proteínas tendrían, entonces, secuencias diseñadas por la agencia humana enteramente nuevas y sin historia evolutiva precedente. En consecuencia, las funciones biológicas que el diseño *de novo* pueda eventualmente generar serán funciones propias derivadas “puras”, originadas en el diseño racional antes que en la evolución natural. Por ejemplo, proteínas capaces de degradar materiales sintéticos específicos o con efectos terapéuticos para la protección contra la aparición de nuevas enfermedades (Huang et al., 2016).

6. CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo analiza el problema de la asignación funcional en los bioartefectos que propone construir la biología sintética. El marco de la discusión es la teoría de las funciones de Ruth Millikan. La biología sintética propone el diseño de organismos con funciones biológicas novedosas y con un grado de sofisticación técnica superior a las producciones biotecnológicas conocidas actualmente. Sus propósitos más ambiciosos se concentran en la construcción de organismos sintéticos “desde cero”, es decir, con funciones enteramente derivadas del diseño racional (Powell, 2018). A partir de este escenario este trabajo se formula dos interrogantes fundamentales: a) ¿Qué funciones correspondería asignar a esta clase de bioartefectos pretendidamente diferentes a los producidos hasta el momento por la biotecnología?; b) ¿Es posible la materialización de un bioartefacto cuyas funciones sean enteramente derivadas del diseño racional?

Uno de los logros más resonantes de la biología sintética ha sido la construcción de Mm1.0, organismo semisintético que resultó ser una réplica exacta del organismo natural *Mycobacterium mycoides*. En el marco teórico millikiano, el organismo Mm1.0 considerado como una unidad es un bioartefacto novedoso cuya función está determinada por las intenciones humanas. Por otra parte, al tratarse de una copia de un organismo natural, cada una de las partes componentes de Mm1.0 tiene funciones propias derivadas que son coincidentes con sus funciones propias directas, éstas últimas originadas en la trayectoria evolutiva de sus organismos antecesores. En efecto, aun cuando el organismo ha sido construido a partir de las intenciones humanas, sus partes componentes no han surgido sino como una construcción en referencia a algo ya establecido por la evolución biológica natural. Aunque Mm1.0 haya sido producido como una copia artificial del genoma de sus antecesores, la información que da cuenta de su historia natural queda preservada y cumple con los requisitos que demanda Millikan para considerar a un ente como una copia genuina de sus antecesores (Millikan, 1984).

Una variante de Mm1.0 contiene únicamente los genes esenciales para el sostén básico del organismo en condiciones de laboratorio (52% del genoma original de Mm1.0). Al momento de su construcción este genoma era el más pequeño de todos los organismos conocidos (Hutchison III et al., 2016). Este nuevo bioartefacto, denominado Mm3.0, está concebido como una plataforma apropiada para albergar diferentes funciones biotecnológicas. En este trabajo hemos analizado dos estrategias diferentes de las que se vale la biología sintética para el diseño novedoso de tales funciones. El método de evolución dirigida se fundamenta en la

generación y selección de versiones más eficaces de funciones biológicas existentes en la naturaleza. Los genes y proteínas con las nuevas capacidades funcionales seleccionadas mediante esta estrategia emergen sobre un sustrato biológico que cuenta con su propia historia evolutiva. Coexisten entonces en estos genes funciones propias directas y funciones propias derivadas. En cambio, la estrategia de diseño *de novo* trabaja en la construcción de nuevas funciones sobre genes o proteínas cuyas secuencias derivan exclusivamente del diseño racional. En consecuencia, estas partes biológicas carecen de historia evolutiva. En principio, podríamos concluir en respuesta al interrogante central de este trabajo, que las funciones de estos elementos son funciones propias derivadas “puras” ya que no cuentan con una trayectoria evolutiva previa.

Sin embargo, ¿hasta qué punto es posible concebir una función como “enteramente nueva”? ¿Se puede pensar el diseño y la construcción de una función biológica dejando de lado el legado de la evolución natural? El diseño *de novo* propone que la comprensión del fundamento físico-químico del plegamiento espacial de las proteínas debería posibilitar el diseño de secuencias proteicas con nuevas funciones, no relacionadas con las existentes en la naturaleza. Pero esos fundamentos físico-químicos también conforman el cimiento sobre el que ha avanzado la evolución biológica natural. Es la forma en que el fenómeno de la vida ha sido posible en el planeta y no se conocen aún otros fundamentos biológicos, químicos y físicos diferentes que sean capaces de organizar la materia para la generación de vida. Aun cuando se diseñen nuevas combinaciones de aminoácidos para construir proteínas diferentes a las conocidas, los fundamentos físicos y químicos de esa búsqueda son los mismos que dieron origen a las proteínas naturales existentes. Aunque no haya una función propia identificable o evidente en los productos materiales del diseño *de novo*, si hay una historia natural en los fundamentos implícitos en la construcción de esos productos. Por ello, reducir la asignación funcional únicamente a la intencionalidad humana y el diseño racional, implicaría una simplificación de la complejidad de los bioartefactos de la biología sintética y de sus vínculos con la evolución natural.

Lewens (2013) propone un *continuum* histórico con diferentes grados de intervención humana sobre los organismos vivientes. La biología sintética, y el diseño *de novo* en particular, ocuparían un extremo del *continuum*, representando el alcance máximo de diseño racional sobre los organismos. En el otro extremo se ubicarían los organismos modificados de manera accidental por la acción humana involuntaria o “ciega” ocurrida en tiempos ancestrales. Los eslabones intermedios de esta secuencia histórica incluirían producciones biotecnológicas de complejidad creciente,

paralela al grado de conocimiento científico alcanzado. Algo análogo puede ser propuesto respecto de las funciones propias postuladas por Millikan. En un extremo del *continuum* se ubicarían las funciones propias directas puras correspondientes a los organismos naturales inalterados. Las intenciones humanas introducirían de manera gradual funciones propias derivadas que coexistirían con las funciones propias directas. El máximo nivel de diseño racional y de funciones propias derivadas se correspondería con el diseño *de novo*. Aquí la huella de las funciones propias directas sería mínima, aunque, como se ha discutido, no podría ser excluidas totalmente. Las intervenciones y el diseño de organismos en el campo de la biología sintética ocurren en última instancia con arreglo a fenómenos físicos, químicos y biológicos surgidos de la evolución natural.

En conclusión, los bioartefactos construidos por la biología sintética exhiben en forma simultánea funciones propias directas y funciones propias derivadas. Considerados como un todo, los organismos noveles exhiben funciones propias derivadas que se corresponden con la intención de los diseñadores. Sin embargo, cada una de sus partes componentes, es portadora de un trayecto evolutivo que le confiere funciones propias directas. El diseño *de novo* es una estrategia de la biología sintética potencialmente capaz de diseñar genes y proteínas con funciones propias derivadas, sin rastros evidentes de funciones propias directas en su estructura material. Sin embargo, la historia de la evolución biológica natural no puede ser completamente pasada por alto en el diseño racional. Las nuevas combinaciones de los elementos básicos que conforman las macromoléculas biológicas son regidas por fenómenos biológicos, físicos y químicos que son producto de la historia evolutiva natural. Las intenciones humanas no trabajan desde una racionalidad abstracta. Toman como referencia para el diseño racional los cimientos fundantes de las funciones propias directas surgidas de la evolución biológica natural.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achatz, Johannes (2019). A pragmatist account of functions in synthetic biology. *Grazer philosophische studien*, 96, 171-186.
- Chiarabelli Cristiano, Stano, Pasquale y Luisi, Pier Luigi (2009). Chemical approaches to synthetic biology. *Current Opinion in Biotechnology*, 20, 492-497.
- Cuevas Badallo, Ana (2016). Los bioartefactos: viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional. En Jorge Enrique Linares y Elena Arriaga (coords.), *Aproximaciones interdisciplinarias a la bioartefactualidad*. México: UNAM, pp. 23-54.

- Cuevas Badallo, Ana y Vermaas, Pieter (2010). A functional abc for biotechnology and the dissemination of its progeny. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 42, 261–269.
- Cummins, Robert (1975). Functional Analysis. *The Journal of Philosophy*, 72(20), 741–765. Doi: 10.2307/2024640.
- Cummins, Robert (2002). Neo-Teleology. En André Ariew, Robert Cummins y Mark Perlman (eds.). *Functions: New essays in the philosophy of psychology and biology*. Oxford: OUP, pp 157-172.
- Dougherty, Michael y Arnold, Frances (2009). Directed evolution: new parts and optimized function. *Current Opinion in Biotechnology*, 20, 486–491.
- Endy, Drew (2005). Foundations for engineering biology. *Nature*, 438, 449-453.
- Gibson, Daniel G., Glass, John, Lartigue, Carole, Noskov, Vladimir, Chuang, Ray, Algire, Mikkel, Benders, Gwynedd, Venter, John Craig (2010). Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science*, 329, 52-56.
- Green, Jerry (2016). The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*, 2018, 1035-1039.
- Hilpinen, Risto (1992). On artifacts and works of art. *Theoria*, 93, 58-82.
- Holm, Sune (2013). Organism and artifact: Proper functions in Paley organisms. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44, 706–713.
- Huang, Po-Ssu, Boyken, Scott, Baker, David (2016). The coming of age of *de novo* protein design. *Nature*, 537, 321-327.
- Hutchison III, Clyde A., Chuang, Ray-Yuan, Noskov, Vladimir N., Assad-Garcia, Nancyra, Venter, John Craig (2016). Design and synthesis of a minimal bacterial genome. *Science*, 351(6280), aad6253-1-aad6253-11.
- Kroes, Peter y Meijers, Anthonie (2006). The dual nature of technical artefacts. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37, 1-4.
- Lee, Keekok (2005). *Philosophy and revolutions in genetics: Deep science and deep technology*. Basingstoke: Palgrave MacMillan.
- Lewens, Tim (2004). *Organisms and Artifacts. Design in Nature and Elsewhere*. A Bradford Book. London: The MIT Press.
- Lewens, Tim (2013). From bricolage to BioBricks™: Synthetic biology and rational design. *Studies in History and Philosophy of Science. Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4B), 641-648.
- Longy, Françoise (2009). How biological, cultural and intended functions combine. En Ulrich Krohs y Peter Kroes (eds.), *Functions in biological and artificial worlds*. London: MIT Press, pp. 51-67.

- Millikan, Ruth G. (1984). *Language, thought, and other biological categories*. Cambridge: MIT Press, reprinted (2001).
- Millikan, Ruth G. (1989). In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, 56(2), 288–302.
- Paley, William (1802). *Natural Theology: Or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Collected From the Appearances of Nature*. London: reprinted Farnborough, G. (1970).
- Parente, Diego (2014). El estatuto de los bioartefactos. Intencionalismo, reproductivismo y naturaleza. *Revista de Filosofía*, 39(1), 163-185.
- Powell, Kendall (2018). Biology from the scratch. *Nature*, 563, 172-175.
- Preston, Beth (2013). *A philosophy of material culture. Action, function, and mind*. New York: Routledge.
- Ro, Dae-Kyun, Paradise, Eric M., Ouellet, Mario, Fisher, Karl J., Newman, Karyn L., Keasling, Jay D. (2006). Production of the antimalarial drug precursor artemisinic acid in engineered yeast. *Nature*, 440, 940-943.
- Schyfter, Pablo (2015). Function by Agreement. *Social Epistemology*, 29(2), 185–206.
- Schyfter, Pablo (2021). Knowing Use: An Analysis of Epistemic Functionality in Synthetic Biology. *Social Epistemology*, 35(5), 475-489.
- Sperber, Dan (2007). Seedless grapes: nature and culture. En Eric Margolis y Stephen Laurence (eds.). *Creations of the mind. Theories of artifacts and their representation*. New York: Oxford University Press, pp. 124-137.
- Thomasson, Amie L. (2003). Realism and Human Kinds. *Philosophy and Phenomenological Research*, 67, 580-609.
- Vermaas, Pieter y Houkes, Wybo (2006). Technical functions: a drawbridge between the intentional and structural natures of technical artefacts. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37, 5-18.
- Wang, Yajie, Xue, Pu, Cao, Mingfen, Yu, Tianhao, Lane, Stephan, Zaho Huimin (2021). Directed Evolution: Methodologies and Applications. *Chemical Reviews*, 121, 12384-12444.
- Wright, Larry (1973). Functions. *The Philosophical Review*, 82(2), 139-168.

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31968>

TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE LA SEMIPERIFERIA: DESAFÍOS DE LAS POLÍTICAS ORIENTADAS POR MISIÓN EN LA INDUSTRIA DEL LITIO EN ARGENTINA

Energy transition from the semiperiphery: challenges of Mission-Oriented Policies in the lithium industry in Argentina

Bárbara BURTON

Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo. Observatorio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación Superior. Río Negro, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2504-6334>

Agustín BARBERÓN

Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (UNICEN-CIC) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3652-0414>

Juan Martín QUIROGA

Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo. Río Negro, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3727-9482>

Recibido: 16/04/2024

Revisado: 20/05/2024

Aceptado: 01/07/2024

RESUMEN: En el marco de la denominada Transición Energética Global (TE) Argentina delineó políticas de Ciencia y Tecnología orientadas por misión (POM) centradas en el desarrollo de tecnología para baterías de ion-litio. El litio, recurso estratégico en la agenda de la TE, es clave en la disputa geopolítica de las economías centrales que buscan consolidar sus industrias tecnológicas de electromovilidad y defensa. A partir del análisis de la agenda CTI de litio en Argentina entre 2007-2023, este artículo indaga en la pertinencia, los alcances y las limitaciones de las POM como instrumentos para diseñar e implementar políticas de desarrollo tecnológico litífero que aborden necesidades locales e impliquen un desarrollo socioeconómico del país. Mostramos cómo, como consecuencia de la falta de una perspectiva situada, surgen inconsistencias cruciales en la adopción de las POM para la agenda de la TE. La contradictoria trayectoria del litio en Argentina evidencia las limitaciones organizativas, institucionales y macroeconómicas específicas que enfrenta una economía semiperiférica en su intento de desarrollar sus propias capacidades tecnológicas e industriales. Concluimos que la adopción acrítica de agendas e instrumentos de países centrales reproduce desigualdad y que es fundamental promover políticas pertinentes al desarrollo local y nacional.

Palabras clave: transición energética, litio, políticas orientadas por misión, ciencia y tecnología, semiperifería, Argentina.

ABSTRACT: Framed in the so called Energetic Global Transition (ET), Argentina has delineated Science and Technology Mission Oriented Policies (MOP) focused in ion-lithium batteries technology. Lithium, strategic resource of the ET agenda, is key in the geopolitical dispute of central economies that seek to consolidate their technological industries of electromobility and defense. By analyzing Argentina's Science and Technology agenda on lithium from 2007 to 2023, this article inquires into the pertinence, reach and limitations of MOP as instruments for the design and implementation of lithium technological development policies that tackle local needs and imply socioeconomic development for the country. We show how, as a consequence of the lack of situated perspective, crucial inconsistencies emerge in the adoption of MOP for the ET agenda. The contradictory lithium trajectory in Argentina has organizational, institutional and macroeconomic specific limitations that confront a semiperipheral economy in an attempt to develop its own industrial and technological capacities. We conclude that uncritical adoption of agendas and instruments from central countries reproduces inequality and that it is fundamental to promote policies pertinent to local and national development.

Keywords: energy transition, lithium, mission-oriented policy, science and technology, semiperipheral, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

La planificación de la ciencia, la tecnología e innovación (CTI) es un componente clave para lograr el desarrollo productivo y social de los Estados, lo que ha convertido al conocimiento científico-tecnológico en un recurso de poder cada vez más importante. La CTI se constituyó en un determinante clave para la competitividad de los países y, por lo tanto, en un factor estratégico de la hegemonía internacional epicentro en las relaciones entre las naciones. Por ello resulta complejo discernir las cuestiones internas de los Estados de las dinámicas internacionales en el desarrollo tecnológico de los países, especialmente de las cuestiones geopolíticas.

Las discusiones producidas en el marco del Pensamientos Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia (PLACTED) (Varsavsky, 1969; Sabato, 2004; Sagasti, 2011) en consonancia con otros marcos de interpretación como el de Wallerstein (2005), permiten afirmar que el desarrollo socioeconómico de los países centrales depende del subdesarrollo de países periféricos y semiperiféricos. La categoría de semiperiferia es utilizada para complejizar el binomio entre países centrales/periféricos y así abordar casos heterogéneos como el argentino. Este concepto ha sido elaborado para referirse a distintas particularidades, ya sea del sistema de CTI, del entramado productivo o del Estado mismo, que plantean distintos desafíos a afrontar por los países en relación a sus condiciones de desarrollo tecnológico y dependencia.

En primer lugar, permite identificar aquellos países que si bien podrían considerarse dependientes cuentan con algunos entornos productivos y/o industriales de significativo avance tecnológico (Quiroga, Lugones y Vera, 2021). Esto es, una heterogeneidad o disparidad en el nivel de desarrollo -avanzado o primarizado- de distintos sectores. Más aún, este concepto se vincula específicamente a sectores estratégicos (tales como el sector nuclear, aeroespacial o energético) y al diseño de planes de desarrollo de CTI orientados a generar capacidades que disputen esos espacios de poder en el sistema mundial (Solingen, 1993; Hurtado y Zubeldia, 2018). Es decir, la planificación de la CTI en función de superar su situación periférica, hacia mayores márgenes de soberanía en sectores estratégicos que les permitan reducir su dependencia relativa.

Asimismo, una segunda característica de los países semiperiféricos es que la posibilidad de planificación de políticas de CTI se encuentra condicionada por una complejidad particular en términos de su intervención estatal: la inestabilidad institucional que debilita la gestión y continuidad de las políticas públicas. Hurtado y Zubeldia (2018) argumentan que

la alternancia entre gestiones gubernamentales antagónicas ocasiona discontinuidades y falta de sustentabilidad de las políticas económicas, industriales y especialmente en materia de ciencia y tecnología. Esta situación, obstaculiza la planificación y financiamiento necesario, la concreción de objetivos y la consolidación de un desarrollo consistente a largo plazo.

En este marco, es imposible pensar el desarrollo tecnológico nacional sin comprender la dimensión internacional de la geopolítica global, toda política de CTI es una política de desarrollo socioeconómico y una política externa. Por lo tanto, las condiciones de un país para implementar políticas CTI no son independientes de su inserción internacional (Hurtado, 2010) y están directamente ligadas a su soberanía.

El papel del Estado para impulsar y desarrollar sectores estratégicos que tienen el potencial de transformar los modos de producción y la sociedad en su conjunto, es objeto de controversia. En tanto que para muchos economistas *mainstream* las políticas industriales son la antítesis del desarrollo del sector privado, otros han reconocido su utilidad como catalizador del desarrollo, tanto económico general como del sector privado en particular (Chang, 2024; Mazzucato, 2015). En este sentido, respecto de las políticas de CTI, se ha sugerido que, en los países centrales, aquellos con mayor grado de industrialización y dominio científico-tecnológico, los Estados se caracterizan por focalizar este tipo de políticas hacia sectores estratégicos y por priorizar el desarrollo de tecnologías particulares dirigidas a ciertos objetivos (Hurtado y Zubeldia, 2018). De este modo, el Estado es el actor clave que diseña, promueve e implementa políticas de desarrollo en tecnologías e industrias que afectan a distintos sectores de actividad, de modo tal que esta inversión dirigida les garantiza posiciones dominantes (Chase-Dunn y Reifer, 2002).

En el siglo XXI la CTI cada vez más se define por la necesidad de responder a problemas globales (Mazzucato, 2018). Entre ellos, en el contexto del incremento de la degradación de la naturaleza y de la crisis climática han derivado en una multiplicidad de esfuerzos orientados a disminuir su impacto. La construcción de un nuevo paradigma energético sostenible implica emprender un proceso de cambio global -la TE- de esta infraestructura que no solo significa sustituir un conjunto de tecnologías de combustibles fósiles por tecnologías limpias, sino una transformación social de importantes implicaciones políticas, económicas y geopolíticas que trascienden al sector energético afectando las relaciones de poder contemporáneas (Hurtado y Souza, 2018).

Entre los principales desafíos de la TE se encuentra la necesidad de reemplazar la infraestructura del transporte global basada en hidrocarburos por vehículos eléctricos (VE). En este proceso el litio es considerado

un “mineral crítico”¹ al ser un componente clave para la fabricación de las baterías Ion-litio utilizadas actualmente como principal tecnología de almacenamiento energético para distintas industrias estratégicas, siendo una de ellas la electromovilidad. Sin embargo, el uso de baterías de Ion-litio-puertas adentro de los Estados- es fundamental en la microelectrónica para funcionamiento de tecnologías estratégicas como radares y satélites, pero además de equipamiento en submarinos, misiles y tanques. El valor estratégico del litio cobra así otra dimensión en el marco de la disputa geopolítica entre Estados Unidos (EE.UU.) y China, y los múltiples frentes bélicos o de enfrentamientos civiles en distintas regiones del globo.

Las reservas litíferas más importantes del mundo se encuentran en los salares de Argentina, Bolivia y Chile, y en yacimientos rocosos de México, Brasil y Perú (USGS, 2024). Esto no solo giró la atención de las potencias tecnológicas hacia la región para asegurarse el suministro del recurso, sino que también impulsó el desarrollo de la minería de litio en los países latinoamericanos, aunque con grados diversos respecto a la generación de capacidades de CTI vinculadas y a la industrialización del sector. En este contexto, cada vez más países han adoptado el enfoque de Políticas de innovación Orientadas a Misiones (POM) como estrategia para focalizar sus capacidades nacionales hacia el logro de objetivos específicos. Las POM son enfoques gubernamentales que establecen metas ambiciosas para abordar desafíos complejos, movilizando recursos y esfuerzos en pos de alcanzar resultados en áreas o sectores de especial interés nacional.

Implementar con éxito estas políticas resulta un verdadero desafío especialmente para países semiperiféricos como Argentina. La capacidad de las instituciones científicas y tecnológicas nacionales en investigación del litio han promovido cierto interés por generar este tipo de políticas orientadas al desarrollo local de la industria del litio (políticas litíferas)². Sin embargo, las complejidades inherentes a la estructura normativa, económica y político-social; la disponibilidad de contar con los

1. Si bien no existe un consenso generalizado respecto a qué se considera un mineral crítico, en la mayoría de las revisiones suele incluirse en esta categoría a minerales tales como cobre, cobalto, níquel, litio y algunas tierras raras (Gielen, 2021).

2. Se entiende a la industria del litio como el proceso tecnológico-industrial que abarca toda su cadena de valor. De forma esquemática, el pasaje/encadenamiento del salar a las baterías consiste en: (i) la extracción de los recursos, entre ellos el litio; (ii) del procesamiento de las sales de litio para la obtención de carbonato de litio o hidróxido de litio; (iii) una fase intermedia, de alto contenido tecnológico, de elaboración de los compuestos químicos (ánodos y cátodos) con la producción física de las celdas electroquímicas; y (iv) el ensamblado final de la batería.

recursos financieros necesarios; la dependencia de tecnologías extranjeras y la volatilidad de las políticas en materia CTI dificultan la ejecución de las POM, pese a lo cual, en Argentina se conformaron proyectos significativos. Surgen entonces dos inquietudes fundamentales: en primer lugar, respecto de las POM en tanto enfoque para impulsar el desarrollo del litio y la manera de implementarlas a nivel local, y en segundo lugar respecto de la pertinencia local de la agenda de TE planteada desde países centrales.

El presente trabajo tiene como objetivo debatir la aplicación de las POM en países semiperiféricos analizando las políticas de CTI argentinas en la tecnología del litio vinculada a la TE en el periodo de 2011-2023. En este sentido, se plantean tres objetivos específicos: indagar en la agenda global de TE examinando el valor estratégico del litio en la geopolítica actual; en las posibilidades de aprovechamiento de ésta como ventana de oportunidad tecnológica para Argentina; y en la pertinencia del enfoque de POM para abordar necesidades y problemas locales.

Para la investigación de este artículo se recurrió al método de estudio de caso (Yin, 1994). En particular, en base a fuentes primarias, tales como los planes de CTI de Argentina (Plan Argentina Innovadora 2020 y el Plan Nacional de CTI 2030), documentos oficiales de EE.UU. y China, entre otras fuentes secundarias, a fin de reconstruir las políticas litíferas en Argentina durante los años 2007 a 2023, período en que hubo alternancia en la agenda de desarrollo tecnológico de cuatro gobiernos nacionales. A continuación, en primer lugar, reconstruimos un mapa geopolítico de la TE, luego elaboramos un marco de discusión sobre las POM en contexto de semiperiferia, y en tercer lugar desarrollamos el caso de las políticas litíferas argentinas, y finalmente se extraen conclusiones.

2. LA INDUSTRIA DEL LITIO Y LA COMPETENCIA POR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La tecnología del litio se consolidó a nivel global en el marco de la TE para alcanzar la electromovilidad en la industria automotriz luego de la pandemia por COVID-19 (Fornillo, 2022). La pandemia no solo evidenció la gran contaminación que produce el transporte, sino que también mostró las enormes oportunidades económicas de innovación tecnológica que requerirá transformar la infraestructura de vehículos a combustión hacia la electromovilidad, especialmente para aquellos que logren liderar y consolidar la nueva industria.

Esto implicó, por un lado, una revaloración a escala global del litio como recurso estratégico principalmente por su uso en baterías ion-litio de VE. Lo cual se evidenció con el incremento notable del precio internacional de la tonelada de Carbonato de Litio Equivalente (LCE, por su sigla en inglés) que durante el año 2020-2021 llegó a 35.000 dólares por tonelada y en 2022 alcanzó récord histórico de 80.000 dólares la tonelada, estabilizándose posteriormente en 30.000 dólares y, desde 2023 se encuentra a la baja llegando, al momento de escribir este artículo, a aproximadamente 14.000 dólares la tonelada (CEPAL, 2023; Secretaría de Minería, 2024). Esto da cuenta del dinamismo del mercado financiero vinculado al litio y del estadio de estructuración en el que se encuentra el marco más general de la TE.

La definición del litio como mineral crítico produjo un aumento de tensión en la disputa de hegemonía entre las principales potencias, EE.UU. y China, para asegurarse el suministro del litio para usos industriales, particularmente por medio del acceso y control a los yacimientos (Colombo y Barberón, 2019). Esta competencia vira el foco de países centrales hacia las regiones donde se concentran los yacimientos de mayor factibilidad de extracción. El triángulo del litio que conforman Argentina, Bolivia y Chile es la mayor concentración de litio en salar -no en piedra- e implica utilizar el método de extracción por evaporación solar, menos costoso que otros (Fornillo, 2022).

China tempranamente focalizó sus políticas de TE buscando diversificar su matriz energética altamente dependiente de combustibles fósiles -carbón y petróleo principalmente- e impulsar la CTI nacionales hacia el desarrollo de energías renovables y tecnologías limpias. Los últimos Planes Quinquenales (2011-2015, 2016-2020 y 2021-2025), la estrategia Made in China 2025 y los Objetivos a Largo Plazo para 2035, tienen como objetivo asegurar el abastecimiento de energía y avanzar en la descarbonización de la matriz nacional (Altiparmak, 2022). A estos planes generales se suma, en lo que respecta a los VE en particular, el nuevo plan "Vehículos de Nueva Energía 2021-2035" para el desarrollo de la industria automotriz sustentable, producción de baterías, construcción de infraestructura de carga eléctrica y, en los últimos años, de combustible de hidrógeno. Todos estos programas buscan promover la producción de nuevas tecnologías e incentivar la participación internacional de las empresas chinas con socios proveedores externos que le permitan asegurar el suministro de los recursos necesarios para sus industrias.

En la última década, China ha invertido aproximadamente más de 60 mil millones de dólares para construir su industria de litio actual (Mazzocco, 2022). Sus resultados le han permitido al país asiático

consolidarse como el principal actor global con capacidad de intervenir en toda la cadena de valor. Es el único país con participación en toda la cadena de valor, desde la extracción del mineral hasta la fabricación de las baterías destinadas a distintos mercados y además posee capacidades significativas en el reciclaje de estas (CEPAL, 2023; OCDE, 2023). Esa posición es resultado de la definición de objetivos a largo plazo y de políticas públicas integrales, desarrollados en el párrafo anterior. Éstos guiaron la inversión económica en pos de dominar los eslabones de mayor contenido tecnológico en la cadena de valor y a la vez lograr la seguridad del suministro sobre los recursos estratégicos necesarios.

En relación con las actividades de procesamiento de litio, China es el tercer productor global de LCE, sus empresas insignia Tianqi y Ganfeng procesan en conjunto más del 58% del carbonato de litio y el 80% de hidróxido de litio mundiales (Altiparmak, 2022). En paralelo, a medida que crece la industria de VE las innovaciones relacionadas a las baterías ganan centralidad: las actuales baterías de níquel son reemplazadas por mejores baterías de litio-hierro-fosfato (LFP), y cerca del 90% de las fábricas globales de LFP se localizan en China. El dominio del mercado chino es tal que concentra el 73% de la producción mundial de baterías. Inclusive las baterías fabricadas por otros competidores dependen en gran medida de componentes y suministros producidos por empresas chinas. En 2021 de las 200 "gigafactory" de baterías ion-litio del mundo³, 148 se localizan en China, mientras que en Europa hay 21 y 11 en EE.UU. (Altiparmak, 2022).

Por su parte, EE.UU. es altamente dependiente de las importaciones del litio: el 91% proviene de Argentina y Chile (USGS, 2024). En este marco, el gobierno de Joseph Biden se ha propuesto como principal objetivo fortalecer el entramado productivo nacional y disminuir la brecha tecnológica con las empresas chinas, ante la pérdida de competitividad de las industrias estadounidenses. Las leyes de "Reducción de la Inflación" y "Chips y Ciencia" sancionadas en 2022 pretenden orientar las inversiones, promover subsidios y establecer ventajas impositivas en pos de incrementar la capacidad productiva local en industrias tecnológicas como semiconductores, baterías ion-litio y energías renovables (The White House, 2023) para, de este modo, fortalecer y asegurar las cadenas de suministro.

3. Una "gigafactory" o "fábrica gigante" es una instalación de producción de baterías a gran escala diseñada especialmente para VE como así también una amplia gama de otras aplicaciones asociadas. El término "gigafactory" fue popularizado por la empresa estadounidense Tesla en la última década, desde entonces su uso se ha extendido para hacer referencia a cualquier fábrica que produzca baterías a escala similar.

En paralelo, el gobierno federal emitió el “National Defense Industrial Strategy” de 2023, primera estrategia industrial del Pentágono, estableciendo como prioridades: a) Asegurar cadenas de suministro resilientes b) Preparación de la fuerza laboral c) Adquisición flexible y, d) Disuasión Económica (*deterrence*). La estrategia busca asegurar la provisión de litio, tierras raras y minerales estratégicos para sus usos en el área de Defensa (U.S. Department of Defense, 2023). También, en ese marco se publicó recientemente el documento “Lithium Battery Strategy 2023-2030” donde se explicita, en palabras de la Subsecretaria de Defensa, el valor estratégico para el ejército de construir una cadena de suministro de litio, dada su importancia estratégica en la industria bélica, las telecomunicaciones y de electromovilidad (U.S. Department of Defense, 2023).

Como vemos el aseguramiento del suministro del litio, entre otros minerales críticos, no se vincula únicamente a la industria de la electromovilidad sino también a las necesidades en materia de defensa del complejo militar-industrial⁴. Considerar esta dimensión de la industria del litio es fundamental para analizar la implementación de la agenda de TE. Esto lleva a comprender que la electromovilidad, si bien necesaria, es parte de un segundo cordón de innovación tecnológica y, por ende, objeto a disputas geopolíticas. En el análisis del litio como recurso estratégico es, en este marco, fundamental tomar una perspectiva crítica de la dimensión geopolítica del desarrollo tecnológico.

3. POLÍTICAS ORIENTADAS POR MISIONES DESDE LA SEMIPERIFERIA

Dada la importancia fundamental de la CTI para las sociedades contemporáneas, las políticas públicas orientadas a su diseño, implementación y financiamiento han ido cobrando mayor importancia en las agendas de los gobiernos. Según Mazzucato (2018) desde mediados del siglo XX la acción estatal, y no el libre mercado por medio de la oferta y demanda, ha sido la clave en los procesos de innovación tecnológica y el desarrollo económico de las naciones. Ejemplo de ello es el surgimiento de la *Big Science* con el desarrollo del Proyecto Manhattan en EE.UU. durante la Segunda Guerra Mundial, y las posteriores innovaciones en el área de

4. Esta particularidad de las dinámicas de desarrollo tecnológico de la industria del litio y su aplicación en industrias con distintos fines (bélico y civil), hace referencia a su carácter dual. Esta dualidad se refiere a ciertos desarrollos tecnológicos que tienen su origen en un sector y luego se transfiere a otro, del militar a utilizaciones civiles y viceversa (Molas-Gallart, 1997).

Defensa nacional, o los planes quinquenales de la Unión Soviética. Desde una perspectiva económica evolucionista más recientemente se analizó el desarrollo del GPS, por parte del Departamento de Defensa de EE.UU. y su posterior utilización en celulares iPhone (Mazzucato, 2015). En contra de lo que se afirma desde perspectivas neoliberales del desarrollo, no es únicamente el mercado quien moviliza la innovación de punta, sino el Estado con una agenda estratégica (Chang, 2024).

En este sentido, los gobiernos formulan estrategias nacionales con el objetivo de definir sectores estratégicos y focalizar el desarrollo de determinadas industrias y tecnologías. De este modo, toma relevancia el papel del Estado como actor clave que debe impulsar y sostener el desarrollo de aquellos sectores considerados estratégicos por sus efectos transformadores, perspectiva que no se circunscribe exclusivamente a países semiperiféricos como Argentina, sino que se aplica también para los países centrales. En este sentido Solingen (1993), resalta la importancia que tuvo el Estado en el desarrollo de ciertos sectores capital-intensivos como el nuclear, debido a: i) los largos plazos involucrados en el desarrollo tecnológico; ii) el enorme volumen de inversión requerido; iii) el largo plazo del retorno efectivo de la inversión realizada; iv) los altos niveles de riesgos comerciales y técnicos; y v) la percepción de la centralidad de esas tecnologías en el crecimiento industrial y la competitividad internacional.

En Argentina el temprano desarrollo del sector nuclear, con la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en 1950, puede ser analizado desde esta perspectiva. El desarrollo de la tecnología nuclear y sus aplicaciones en la historia de Argentina, da cuenta de capacidades y una visión estratégica, aunque acotada a este campo, con un claro objetivo en el desarrollo del país. Sin embargo, esta política constituye un caso singular en el marco del desarrollo tanto económico como científico y tecnológico argentino (Hurtado, 2010). Pese a las discontinuidades en políticas públicas y en contraste con otros sectores estratégicos, el nuclear ha mantenido, aunque con sobresaltos, el desarrollo de capacidades tecnológicas (Hurtado, 2014). En cambio, el caso de la cadena de valor del litio presenta escasas capacidades tecnológicas y marcos regulatorios que soslayan la soberanía. Debemos considerar que éste es en primer lugar una *commodity* y la inserción de Argentina en esta cadena de valor se basa principalmente en un modelo mayormente primarizado, extractivista y con gran impacto socioambiental. En esta diferencia en la soberanía relativa a distintos sectores estratégicos se evidencia el carácter semiperiférico de Argentina.

Conformar sectores estratégicos resulta fundamental para países en desarrollo, no sólo por los procesos de aprendizaje, el escalamiento

productivo e innovación que conlleva (Chang, 2024), sino por su capacidad para resolver problemas socialmente relevantes de acuerdo con las principales necesidades locales. En efecto, distintos pensadores de América Latina problematizaron el vínculo entre ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia desde una perspectiva situada, el PLACTED, que señaló la necesidad de que los países orientaran sus políticas hacia la resolución de problemáticas sociales y productivas específicas en función de una estrategia de industrialización general. Asimismo, aún en la diversidad de sus autores, en estos trabajos se puede encontrar consenso respecto a que el principal obstáculo de la región es *“la ausencia o insuficiencia de capacidades a nivel del Estado para el diseño de políticas de CyT de escala nacional y para su coordinación con otras políticas sectoriales y, como corolario, de estrategias de articulación Estado empresas nacionales”* (Hurtado y Zubeldia, 2018, 9).

Entre los principales exponentes del PLACTED, Sabato hizo hincapié en la necesidad de coordinar las acciones del sector productivo, el gobierno y el sector científico-tecnológico, a fin de propiciar el desarrollo productivo (Sabato, 2004). Según Sabato, en su interacción, estos actores tienen la capacidad de generar un proceso virtuoso de desarrollo en los cuales el sector científico-tecnológico está en estrecha vinculación con el conjunto de la sociedad. Por su parte, Sagasti afirmaba que las prioridades en materia CTI deben establecerse en función de las demandas sociales, productivas y ambientales, de los continuos problemas críticos que afectan a la población, sus vulnerabilidades, y sobre todo en relación con los desafíos y oportunidades que presenta la inserción internacional. En este sentido, el autor sostiene que los países deberían poseer, en términos de capacidades, habilidades específicas para:

[...] identificar y escoger el conocimiento científico disponible en el ámbito mundial para desarrollar tecnologías basadas en él, o identificar, importar y absorber la tecnología más adecuada para incorporarla en las actividades productivas y de servicios [...] estas capacidades permitirían generar un conocimiento científico, transformarlo en tecnología e incorporar esta tecnología basada en la ciencia en las actividades productivas y de servicios. (Sagasti, 2011, 22)

Varsavsky, otro referente del PLACTED, analizó el comportamiento de la comunidad científica en el marco de las relaciones centro/periferia, y criticó la investigación en temas que no tienen impacto en problemas sociales nacionales y/o que responden a agendas científicas extranjeras (Varsavsky, 1969). Así, el cientificismo reproduce la dependencia, o en sus términos: el colonialismo. Posteriormente profundizó extendió esta crítica

al creciente mercado transnacional de la época, planteando la necesidad de contar con una estrategia nacional para evitar la transferencia de tecnología colonialista a través de empresas transnacionales (Varsavsky, 1982).

A modo de resumen puede afirmarse que el PLACTED implicó una reflexión sobre el rol de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de las sociedades latinoamericanas, donde se buscó dejar de lado una postura ingenua respecto de su importancia en las disputas por la hegemonía global. En el caso de los aportes de Sagasti y Sabato el foco estuvo puesto en la necesidad de una incorporación no acrítica de la tecnología, cuando no fuera posible su desarrollo local. Adicionalmente los autores coincidían en la necesidad de seguir agendas locales, en vez de las agendas de los países centrales para responder a problemas sociales ya fuera con el desarrollo tecnológico (Sagasti y Sabato) o para orientar la investigación científica (Varsavsky).

A nivel mundial, y considerando la creciente importancia de las tecnologías en los modos de vida actuales, desde las últimas décadas se observa en los círculos académicos y los organismos internacionales una revalorización de la necesidad de que los países focalicen u orienten sus políticas CTI hacia el crecimiento económico y resolución de sus problemas. Uno de los enfoques más adoptados en este proceso en CTI es el de las POM. Estas han sido definidas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico como:

[...] un paquete coordinado de medidas políticas y regulatorias diseñadas específicamente para movilizar la ciencia, la tecnología y la innovación con el fin de abordar objetivos bien definidos relacionados con un desafío social, en un marco de tiempo definido. Estas medidas posiblemente abarquen diferentes etapas del ciclo de innovación, desde la investigación hasta la demostración y el despliegue en el mercado, combinen instrumentos de impulso de la oferta y de atracción de la demanda, y abarquen diversos campos, sectores y disciplinas de políticas. (OCDE, 2021, 15)

En otras palabras, las POM tienen como finalidad direccionar la acción estatal para coordinar diversos instrumentos de políticas, vincular actores públicos y privados en el desarrollo de sectores y tecnologías estratégicas, crear y acceder a mercados según objetivos particulares, y resolver problemas socioeconómicos específicos. La singularidad del enfoque de las POM en las políticas CTI reside en la especificidad de los objetivos perseguidos, y en el modo particular en que el Estado emprende e impulsa sus objetivos, ya no solamente fijando prioridades.

Se han identificado tres componentes fundamentales de las POM: la institucionalidad, entendida como la institucionalización de las políticas en agencias estatales; la transversalidad, donde la política pública se configura como núcleo articulador y organizador entre los diferentes sectores, científico-tecnológico, industrial, comercial, financiero, etc.; y, por último, el proteccionismo estatal de la industria, para proteger y potenciar la trayectoria de empresas nacionales, en especial aquellas vinculadas a las industrias intensivas en Investigación y Desarrollo (I+D).

Desde una perspectiva económica heterodoxa y neoschumpeteriana, Kattel y Mazzucato (2018) identifican tres etapas en la evolución de este tipo de políticas, en las cuales los objetivos de estas políticas fueron mutando.

En una primera etapa las misiones se orientaron a objetivos socio-económicos enfocados en el *catching-up* tecnológico. Con estas misiones se persiguieron objetivos como la creación de conocimiento, establecimiento de relaciones comerciales y de políticas sociales. En una segunda etapa se hizo foco en misiones tecnológicas, particularmente de carácter militar impulsadas por necesidades de seguridad nacional en el marco de carreras armamentísticas, tales como el Proyecto Manhattan o el Proyecto Apollo. En esta etapa los esfuerzos se centraron en el desarrollo de una limitada cantidad de tecnologías, por medio de grandes agencias gubernamentales con fuerte respaldo político y económico, en particular para la inversión en I+D. Por último, en la etapa actual las misiones han sido descritas como “socio-técnicas” lo cual implica la definición social del problema a abordar, que es por definición dinámico en el tiempo y, por tanto, los objetivos pueden ser, sino elusivos, al menos en algún punto cambiantes⁵ (Mazzucato, 2018).

Este nuevo enfoque no solo busca alcanzar objetivos tecnológicos, sino que también aspira a generar un impacto “dinamizador” en la sociedad al impulsar la cooperación entre sectores públicos y privados, fomentar la innovación y orientar los esfuerzos hacia problemas comunes. Considerando la etapa de implementación de estas políticas públicas Wittmann *et al.* (2021) sugieren una tipología de misiones en la que

5. Por ejemplo, en las Declaraciones Lund (2015, 2009) los países miembros de la Unión Europea acordaron orientar las actividades de I+D hacia la solución de grandes desafíos que incluyen, entre otros, el calentamiento global, alimentos y agua, pandemias, envejecimiento de la población, y salud pública. En este artículo se asume la postura de que la definición de qué constituye un gran desafío, es una definición político-social que requiere de consensos y su abordaje se realiza por medio de políticas públicas.

distinguen entre misiones aceleradoras (aquellas con un fin científico/tecnológico bien determinado) y misiones transformadoras (aquellas con objetivos amplios, orientadas a resolver problemas sociales). De este modo proponen una tipología de misiones, considerando: (i) si la orientación subyacente de la misión es a resolver un problema determinado o a propiciar una solución predefinida; (ii) la importancia relativa del componente de PCTI es alta o baja; y (iii) si los requerimientos de gobernanza surgidos de la necesidad de articular una compleja red de partes interesadas para direccionar los esfuerzos de innovación hacia objetivos sociales, son altos o bajos (ver Tabla 1, a continuación).

	MISIÓN ACCELERADORA (A)		MISIÓN TRANSFORMADORA (T)	
	TIPO A1	TIPO A2	TIPO T1	TIPO T2
Orientación subyacente	Orientada a problema	Orientada a solución	Orientada a solución	Orientada a problema
Importancia del componente CTI	Alto	Alto	Medio	Medio
Requerimientos de gobernanza	Bajos	Medios	Altos	Muy Altos

Tabla 1. Tipología de misiones. Fuente: Extraído de Wittmann *et al.* (2021)

Las misiones aceleradoras A1 se orientan a problemas sin una solución predefinida, y tienen alto componente de PCTI para lograr su fin. Como son llevadas a cabo por actores del sector CyT, la complejidad es limitada y, también lo es su gobernanza. Por su parte, las misiones A2 impulsan una solución predeterminada al problema a abordar, y requieren la coordinación entre diversos tipos de actores, por lo cual exigen ajustar limitaciones institucionales e incorporar los resultados de actividades de I+D a la solución definida. Al ser más complejo el entramado de actores, es más compleja su gobernanza.

Las misiones transformadoras tienen, en general, una mayor complejidad que las Aceleradoras, y por ende tienen mayores requerimientos de gobernanza. Las misiones T1 tienen un alcance más limitado, parten de soluciones conocidas de antemano, y en ellas participan menos actores que en las T2. Las T2 no convergen hacia una solución predeterminada, y en ellas se requiere una combinación más amplia de PCTI y otras políticas vinculadas, así como también de partes interesadas. Esta mayor complejidad conlleva mayores desafíos en su gobernanza.

Esta perspectiva permite realizar un análisis del caso políticas litíferas en Argentina, en primer lugar, porque los planes que abordan la problemática de la TE se proponen desde una perspectiva de POM en forma ya sea explícita (MINCyT, 2022a) como implícita (Subsecretaría de Planeamiento Energético, 2023). Adicionalmente, estas políticas al encuadrarse en la lucha contra el calentamiento global constituyen casos paradigmáticos en la literatura que analiza las POM.

En los últimos años se han publicado artículos que proponen un análisis crítico de las POM. Entre ellos Brown (2021) argumenta que este tipo de políticas implican una lógica política difusa y, en este sentido, señala algunas falencias tales como (i) falta de especificidad en las misiones que hacen que los objetivos sean ambiguos; (ii) misiones institucionales vagas sin mecanismos detallados de implementación que generan dificultades para la ejecución de las políticas públicas; (iii) riesgos de deriva política, que hacen que la falta de especificidad y mecanismos detallados de implementación, pueden desconectar las misiones de los resultados buscados; y (iv) falta de racionalidad económica en la articulación de riesgos y estrategias, ante la cual la efectividad de las POM puede ser limitada sin un fuerte sustento económico.

En el caso de Argentina, la trayectoria del sector nuclear, el desarrollo de satélites geoestacionarios, y la producción pública de medicamentos han sido considerados ejemplos exitosos de POM dado que lograron su fin dinamizador (Sarhou y Loray, 2021). Analizados desde la perspectiva de Wittmann *et al.* (2021), estos casos implican misiones aceleradoras, dado el alto componente de PCTI. Por su parte en tanto que el sector nuclear y el desarrollo de satélites geoestacionarios se orientaron a problemas específicos, no requirieron la intervención de un gran número de actores y por ello mantuvieron bajos requerimientos de gobernanza (esto puede verse por la figura central de una agencia específica en cada caso). Por ende, puede afirmarse que se trató de misiones de tipo A1. En cambio, en el caso de la producción pública de medicamentos, la orientación fue a soluciones (sustitución de importaciones, mejora de parámetros de salud pública, tratamiento de enfermedades huérfanas, etc.), y fue necesaria la orquestación entre diversos tipos de actores (ministerios provinciales, laboratorios públicos, ministerios y agencias nacionales) este caso puede categorizarse como una misión A2.

A la luz de esta perspectiva puede afirmarse que estos casos lograron mantener sus áreas de acción dentro de ciertos límites, gracias a la focalización en las misiones y en el alcance de las políticas, así como también contaron con mecanismos institucionales (legislación, instrumentos de políticas y agencias específicas, por ejemplo) adecuados que impidieron

la deriva política. Asimismo, esta perspectiva permite analizar y caracterizar la política litífera, en términos discutir su carácter de POM, del tipo de orientación que se buscó establecer, la importancia de su componente de CTI y sus requerimientos de gobernanza. Para tal fin en el apartado siguiente, se presenta y analiza el caso de estudio.

4. DEL LITIO A LAS BATERÍAS: ¿“MISIÓN” PERTINENTE DE LAS POLÍTICAS CTI EN ARGENTINA?

Como resultado del incremento de la demanda global de litio para la industria de baterías, las inversiones de empresas mineras transnacionales se incrementaron notablemente. Dado que en Argentina los recursos naturales son propiedad concesionable de las provincias, éstas se convirtieron en las principales receptoras del capital transnacional destinados a proyectos extractivos de carbonato de litio (SMeH, 2021). El marco normativo que regula la actividad minera en Argentina es un factor atractivo y de estabilidad a pesar de la inestabilidad económica propia del país, que se destaca en la región debido a su normativa liberal de libre concesión de minerales en general⁶. Esto contrasta con la definición del litio como un recurso estratégico de gestión exclusiva del Estado nacional que tienen Bolivia y Chile.

Por otro lado, en Argentina existe poca fiscalización en materia de exportación, lo que facilita sobre y subfacturación por parte de empresas transnacionales, poco control y rendición de cuentas ante faltas graves con impacto ambiental (Jorratt, 2022), lo cual agrava la falta de diálogo y propuesta de soluciones reales con las poblaciones afectadas por la actividad minera y procesamiento de subproductos de los salares. Esta combinación provee condiciones favorables para inversiones de bajo riesgo para el capital privado.

Actualmente, en el país existen tres proyectos que se encuentran en producción (ver Tabla 2).

6. La regulación de la actividad litífera, comprendida dentro del marco normativo de libres concesiones mineras de la década de 1990, se asienta sobre tres leyes específicas: la Ley 24.196 de Inversiones Mineras de 1993; el artículo 124 de la Constitución Nacional de 1994; y el Código de Minería de 1997; que combinan una serie de beneficios a nivel nacional –estabilidad fiscal de 30 años a las empresas que operan en el sector y un límite máximo del 3% de regalías provinciales– con un control federal de los yacimientos al ser las provincias quienes poseen el dominio originario de los recursos naturales estableciendo legislaciones específicas.

PROYECTO	PROVINCIA	AÑO DE ACTIVIDAD	EMPRESA OPERARIA	PARTICIPACIÓN ACCIONARIA (PAÍS DE ORIGEN)	CAPACIDAD PRODUCTIVA EN LCE
Mina Fénix	Catamarca	1991	Minera del Altiplano S.A.	Arcadium (EE.UU.)	Producción: 20.000 LCE Ampliación 60.000 LCE
Salar Olaroz	Jujuy	2015	Sales de Jujuy S.A.	Arcadium (EE.UU.) Toyota Tsucho (Japón) JEMSE (Jujuy)	Producción: 25.000 LCE Ampliación 50.000 LCE
Caucharí-Olaroz	Jujuy	2023	EXAR S.A.	Ganfeng Lithium (China) Lithium Americas (Canadá) JEMSE (Jujuy)	Estimación: 40.000 LCE

Tabla 2. Proyectos de litio en producción en Argentina.

Fuente: Elaboración propia

Además, existen más de cuarenta proyectos en etapas de exploración, prefactibilidad o construcción de instalaciones. Esta actividad minera está ampliamente liderada por capitales extranjeros. Sin embargo, en los últimos años las inversiones chinas se han incrementado superando a las inversiones australianas y canadienses.

En este marco, Argentina se constituyó como cuarto productor mundial de LCE con 33.000 toneladas en 2021, lo cual constituye el 6% en la oferta global, detrás de Australia, Chile y China, y según las principales estimaciones y el ritmo de crecimiento del sector, se estima que en los próximos años esta tendencia se incrementará (USGS, 2024). Estas expectativas por el litio argentino no son sólo de los actores globales, sucesivos gobiernos nacionales, especialmente desde el sector CTI, han impulsado la actividad y la incorporación de la agenda de TE a las políticas públicas.

Entre las instituciones vinculadas al sector de CTI que tienen algún tipo de actividades se encuentran el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT), Universidades Nacionales e YPF Tecnología S.A. (Y-TEC). Si bien los primeros avances en investigación litífera surgieron de la trayectoria previa de los sectores nuclear y satelital, no existía una política orientada al sector y, por ende, se trató de esfuerzos

aislados⁷, en los que la principal dificultad residía en la transferencia de los desarrollos al ámbito industrial, lo cual indicaba la necesidad de mejorar la gobernanza.

El punto de inflexión sucedió durante el gobierno de Cristina Fernández de Kirchner (2007-2015) a partir de la creación del MINCyT en 2007 y la posterior elaboración en 2011 del “Plan Argentina Innovadora 2020”, donde se enuncia el objetivo de impulsar el sistema de innovación por medio de la profundización de políticas focalizadas y la articulación entre los sectores públicos, privados y actores sociales (MINCyT, 2011).

La focalización de las políticas significó la selección de áreas consideradas prioritarias y la definición de núcleos socio productivos estratégicos. Por primera vez, el litio es mencionado como núcleo productivo dentro del eje de la industria de transformación de recursos naturales en productos industriales de alto valor agregado. Allí, se menciona el “Aprovechamiento de yacimientos de litio para la producción de material de base de alta pureza para fabricar baterías de litio.” (MINCyT, 2011, 65). Si bien esta definición no se tradujo en una efectiva POM, sirvió como fundamento institucional para la emergencia de una Red Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Litio, como tema estratégico de promoción científica.

Para cumplir con el objetivo se empleó en particular el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), creado en 2010, como el instrumento que canalizaría el financiamiento hacia esta actividad. Así, entre 2010-2019, un 70% del financiamiento del litio como tema estratégico provino del FONARSEC, cuyos proyectos se distribuyeron un 48% entre distintos organismos de ciencia y técnica, 29% a empresas y un 24% a Universidades Nacionales (Hurtado y Carrizo, 2020, 26).

En diciembre de 2012 se crea Y-TEC, una empresa pública, propiedad de YPF SA (51%) y el CONICET (49%), orientada a la I+D para la industria energética. Respecto al litio, la idea inicial fue conformar una planta piloto de investigación de baterías ion-litio para manufacturar celdas a partir de la importación de tecnología, con el objetivo de desarrollar una trayectoria orientada al aprendizaje en general y, en particular, identificar la “escala” óptima de fabricación, así como también desarrollar el conocimiento científico necesario para probar distintos componentes activos –ánodos y cátodos– y ensayar distintas formas de producir baterías nacionales

7. Las investigaciones sobre el litio se vieron impulsadas por la reactivación de la industria nuclear y satelital. Entre 2005-2006 comenzaron las primeras investigaciones vinculadas a las baterías ion-litio, debido a que la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) fue convocada para fabricar la batería que utilizaría el satélite argentino SAC-D.

(Dvorkin, 2021). En términos de Sabato (2004) y Sagasti (2011), esta orientación permitiría establecer capacidades a fin de evitar la incorporación acrítica de tecnologías foráneas y eventualmente sentar las bases para la producción nacional, de acuerdo a necesidades propias. Desde su creación, Y-TEC desempeña una función estratégica, no sólo como centro de investigaciones especializadas, sino que, ante la ausencia de una estrategia nacional e integral, se constituyó en un actor clave en el establecimiento de la agenda del sector⁸.

Durante el período 2011-2015 el litio cobró relevancia en las políticas CTI y la actividad se impulsó a través del financiamiento de agendas de investigación en el ámbito científico. Sin embargo, entre las falencias relevantes se destaca la falta de articulación entre el complejo CTI nacional, el entramado productivo y las necesidades sociales. Esta desvinculación se hace evidente al no considerar los actores que intervienen en el mercado nacional del litio, el destino de la producción y la complejidad de la industria. Por ejemplo, en este período, se implementaron políticas para ensamblar los componentes de las baterías a partir de proveedores locales y empresas transnacionales. Estas iniciativas no prosperaron por tener objetivos difusos, no contar con plazos específicos, y por la falta de capacidades para exigir el cumplimiento de regulaciones (fiscales y de impacto social y ambiental, entre otros) a los actores involucrados. Además, al carecer de una visión geopolítica profunda del sector, no se identificó la limitación de las empresas nacionales para competir con las grandes firmas asiáticas ya consolidadas en el mercado.

La asunción del gobierno de Mauricio Macri (2015-2019) de enfoque neoliberal⁹ significó el desmantelamiento de políticas y proyectos de CTI con la consiguiente pérdida de capacidades. Las políticas de desregulación (o regulación a favor del mercado) del sector litífero, junto a la

8. En 2017 Y-TEC creó el Centro de Desarrollo Tecnológico "General Manuel Savio" en Jujuy junto a la Universidad Nacional de Jujuy, incluyendo al Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía, dedicado a investigar nuevas técnicas de extracción de litio en salares y nuevos materiales.

9. Hurtado y Zubeldia (2018), afirman que los modelos neoliberales periféricos en Latinoamérica tienen como rasgo distintivo la subordinación geopolítica al neoliberalismo de las economías centrales privilegiando las relaciones con las potencias hegemónicas, mediante la desregulación de flujos financieros, el desmantelamiento de las políticas de CTI e industriales, la privatización de los sectores estratégicos y el fomento de IED, consecuente con una primarización y extranjerización de la estructura productiva. Según los autores, en sintonía con lo argumentado por Chang (2002) respecto a cómo los países desarrollados lograron su actual posición, en el neoliberalismo central no se desregulan los sectores estratégicos de este modo, sino que son objeto de un apoyo activo del Estado subsidiando empresas e incentivando actividades de I+D.

promoción de Inversión Extranjera Directa (IED) y la profundización de la orientación exportadora agroindustrial y minera de la economía nacional instauraron una lógica basada en la captación de capitales extranjeros y la valorización financiera, en detrimento del desarrollo de capacidades nacionales. En este sentido, se eliminaron las retenciones a las exportaciones de la industria minera e impuestos sobre sus exportaciones. Esto generó un notable aumento en la actividad, solamente “[...] en 2017 se registró movimientos por más de u\$s 300 millones en exploración minera y en 2018 se contabilizó al menos 47 proyectos de empresas extranjeras en el norte argentino [...] todos dirigidos a la extracción de sales de litio.” (Olivera, 2019, 146).

La desjerarquización del MINCyT a rango de Secretaría fue el punto de inicio de la gestión. El ajuste sobre las capacidades adquiridas en términos del presupuesto en pesos de la función ciencia y tecnología entre 2015 y 2019 representó una contracción del 38% (Aliaga, 2019), lo cual no solo significó el incumplimiento en la ejecución del Plan Innovadora, sino también la reducción en las políticas de formación y promoción de recursos humanos. Se paralizó el proyecto de Y-TEC y se eliminaron los programas de financiamiento vigentes (Dvorkin, 2021).

Durante el gobierno de Alberto Fernández (2019-2023) se restituyó el carácter ministerial del MINCyT, se sancionó la Ley de Financiamiento del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación y se recuperó el trabajo de planificación a través de un nuevo plan sectorial, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030 (MINCyT, 2022a).

Este Plan se estructura en torno a diez Desafíos Nacionales, y para abordar cada uno de ellos se plantean misiones con objetivos y estrategias particulares, cuyo cumplimiento debería resolver, al menos parcialmente, tales desafíos. Este enfoque de organizar las acciones de gobierno a través de misiones (POM) tiene como objeto desagregar los desafíos en dimensiones específicas, las cuales definen su dirección y sendero en acciones. Así, las misiones “[...] en su aspecto operacional, integran una cartera de proyectos cuyos resultados agregados materializan un sendero de evolución que conduce a las metas que plantea el desafío.” (MINCyT, 2022a, 6).

Específicamente, el décimo Desafío Nacional es “Fomentar y consolidar un sendero para la transición energética” (MINCyT, 2022a, 61) abarcando cinco misiones: 1) Alcanzar el autoabastecimiento y potenciar de manera sostenible la capacidad exportadora en gas y petróleo; 2) Desarrollo y escalamiento de tecnologías basadas en fuentes renovables para la transición energética; 3) Transformaciones en los usos finales de la energía; 4) Reducción de la intensidad energética; y 5) Investigación y

desarrollo en energía nuclear. En específico, la tercera misión inserta a la investigación en litio como una prioridad con el objetivo de dar *“impulso a la movilidad sostenible mediante el desarrollo para la producción de baterías de litio y la investigación en otras fuentes de energías alternativas y renovables”* (MINCyT, 2022a, 62). Nuevamente, el FONARSEC fue el fondo seleccionado para financiar proyectos estratégicos para potenciar las capacidades nacionales en TE, definiendo como uno de los ejes de la convocatoria el desarrollo de la cadena de valor del litio (MINCyT, 2022b).

En síntesis, en el Plan CTI 2030 se definen metas en base a líneas generales desde un enfoque de misiones que busca transformar la estructura productiva mediante un proceso de reindustrialización de creciente agregado de valor de sectores específicos, como en el desarrollo de la cadena del litio. Esto está en sintonía con lo postulado por el “Plan Nacional de Transición Energética a 2030” (Subsecretaría de Planeamiento Energético, 2023). De acuerdo con el documento, el proceso de la TE argentina debe enmarcarse en la situación macroeconómica, fiscal y financiera nacional, especialmente ante el complejo escenario de restricción externa. La descarbonización de la matriz energética debe servir como impulso para el desarrollo de las capacidades tecnológicas y productivas locales de acuerdo a los recursos y posibilidades socioeconómicas del país.

Siguiendo a Wittmann *et al.* (2021) se identifican una serie de debilidades en los objetivos propuestos en el “Plan Nacional de Transición Energética a 2030” en términos de las características de las misiones enunciadas. Una falencia se encuentra en la definición misma de las misiones. Cabe preguntarse, dentro del problema del calentamiento global, a qué problemas e intereses sirve la agenda de la TE para países centrales, considerando que, en comparación a Argentina, en general, no cuentan con grandes reservas de gas y petróleo en sus territorios. Adicionalmente, por la falta de redacción detallada, la definición difusa, conlleva a objetivos ambiguos y consecuentemente es mayor el riesgo de deriva política, en términos de las falencias indicadas por Brown (2021).

A pesar de estas debilidades en términos de planificación de las POM, entre 2019 y 2023 se llevaron a cabo dos significativos proyectos que sintetizaron la política litífera del gobierno nacional.

Por un lado, a fines de 2023 se puso en marcha la fábrica nacional de producción de celdas y baterías de ion-litio “UNILIB” en La Plata, provincia de Buenos Aires. El proyecto encabezado por Y-TEC en conjunto con CONICET y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) es una planta de pequeña escala industrial localizada en el Polo Productivo Tecnológico “Jorge Alberto Sabato”, propiedad de la UNLP, en la Ciudad de La Plata,

provincia de Buenos Aires. La fábrica cuenta con 1.650 m² y su producción anual está estimada en 13 MWh, equivalente a 1000 baterías para almacenamiento estacionario de energías renovables, con capacidad de fabricar celdas para cincuenta autobuses o en función de las necesidades energéticas de unas 2.000 viviendas¹⁰ (Ministerio de Economía, 2022a).

El equipamiento tecnológico de UNILIB fue importado desde China y se seleccionó la tecnología LFP, decisión que se corresponde con el conocimiento y las capacidades científicas existentes en el país, las cuales además no necesitan de la importación de otros insumos (Salvarezza, 2023). Respecto a los operarios técnicos, éstos fueron capacitados por la Escuela de Oficios de la UNLP y serán miembros de la carrera de personal de apoyo del CONICET generando más de cincuenta puestos de trabajo directos. Con una inversión inicial de 7 millones de dólares, la planta de celdas y baterías tiene como finalidad atender demandas específicas en temas estratégicos del Estado, como en el ámbito de la defensa y del sector productivo, además de la formación de recursos humanos calificados y la producción de conocimiento (Ministerio de Economía, 2023b).

Asimismo, se planificó que la planta piloto de La Plata se replique en la provincia de Santiago del Estero. Para ello, se conformó el Consorcio de Cooperación para la fabricación de celdas y baterías de Ion-Litio acuerdo del que participan el gobierno de esa provincia, el Centro de Investigación y Desarrollo provincial, la Universidad Nacional de Santiago del Estero, la UNLP e Y-TEC. Se prevé que la planta se inaugure a fines de 2024 con una capacidad productiva de 75 MWh superior unas cinco veces a UNILIB, lo que equivale a poder abastecer de energía a 10.000 viviendas o 2.000 VE (Barragán, 2023).

Por otro lado, se conformó la empresa pública YPF Litio S.A. para participar en las actividades de prospección, extracción y procesamiento de litio a fin de ingresar al mercado de las actividades mineras del sector (Ministerio de Economía, 2023b). En este sentido, la empresa ha avanzado en tareas de evaluación y exploración de los yacimientos litíferos de la provincia de Catamarca en una superficie de 20.000 hectáreas aproximadamente, gracias a la concesión obtenida mediante la asociación con la

10. Uno de los proyectos de Y-TEC, a cargo de UNILIB, consiste en proveer de baterías a la Isla Paulino, en Berisso, La Plata (Barragán, 2023). Esta comunidad se encuentra aislada de la red de suministro eléctrico, dependiente de generadores externos. La instalación de baterías para almacenar la electricidad producida por el parque fotovoltaico resolvería esta dependencia, evitando la necesidad de buscar otros medios energéticos.

empresa provincial Catamarca Minera y Energética Sociedad del Estado. Esta experiencia busca ser extendida a otras provincias. Así, en noviembre de 2022 YPF Litio firmó un acuerdo con la provincia de La Rioja para realizar estudios de factibilidad sobre sus reservas (Porto, 2022); de todos modos, las tareas de la empresa son recientes, por lo que sus actividades continúan en las primeras fases de los proyectos mineros de prospección y exploración.

De esta manera, con el trabajo de más de una década de Y-TEC, ahora también junto a YPF Litio, se promueve que la articulación entre las compañías permita desarrollar una política nacional orientada a la cadena de valor litífera. La designación como presidente de los directorios de ambas empresas tecnológicas de Salvarezza (presidente del CONICET al momento) da cuenta de la búsqueda de unificación de las políticas que se llevaron adelante. En estas iniciativas se observa la búsqueda de vincular al sector científico-tecnológico con el entramado productivo y las actividades extractivas.

A partir de la implementación de esta política se evidencia que, si bien hay mucha inversión de empresas transnacionales en explotación de yacimientos, desde el gobierno se buscó impulsar el componente de I+D buscando el agregado de valor en origen. Pese a estos esfuerzos el componente CTI parece ser mediano en términos de la caracterización de Wittmann *et al.* (2021). Respecto a la orientación subyacente, la definición parece orientada a problemas sin priorizar un tipo de solución en particular. Sin embargo, en la práctica el foco está puesto en la explotación del litio como *commodity*, y en lo que respecta al sector CTI parece haberse priorizado el desarrollo de baterías, una solución en particular.

En paralelo a lo descrito y a partir de la discusión pública de distintos factores de la producción litífera en el país, la Mesa del Litio, conformada por representantes del triángulo de provincias de litio argentinas, incluyó nuevos miembros representantes de instituciones de orden nacional, para validar la interlocución a la vez que delinear lo dialogable. A partir de mediados de 2022 comenzó a participar de la Mesa de Litio la Secretaría de Minería de Nación y la Secretaría de Asuntos Estratégicos del Gabinete Ejecutivo. Si bien la secretaría de Asuntos Estratégicos buscó en un principio discutir también el impacto ambiental y reclamo de las comunidades afectadas por la actividad, y la posibilidad de declarar recurso estratégico al litio a nivel nacional, esas discusiones generaron fuerte rechazo por parte de funcionarios provinciales. La posibilidad del diálogo se orientó en una serie de acciones orientadas a garantizar el desarrollo de la cadena de valor local, así como garantizar la soberanía sobre el

recurso. Se elaboró un proyecto de Ley que buscaba garantizar una cuota de la producción de litio para el mercado local, considerando sobre todo a YPF Litio. El proyecto no se concretó antes del fin del gobierno en diciembre de 2023 y la gestión fue discontinuada, con lo cual se perdió una oportunidad crucial de mejorar la gobernanza¹¹.

5. CONCLUSIONES

El litio es un recurso estratégico en el escenario de la geopolítica internacional de la disputa entre EE.UU. y China, quien domina la cadena de valor. Su utilización en industrias que requieren de altas capacidades en CTI ha incrementado la demanda global por el litio, y los países productores, como Argentina, han promovido eslabonamientos productivos de mayor valor tecnológico en la cadena de valor mediante planes estratégicos, aunque la escala es pequeña y los esfuerzos incipientes.

En este artículo se discutió la aplicación de las POM en países semi-periféricos analizando las políticas de CTI argentinas en la tecnología del litio vinculada a la TE en el período de 2007-2023. En particular, se indagó en la agenda global de TE examinando el valor estratégico del litio en la geopolítica actual, en las posibilidades de aprovechamiento de esta ventana de oportunidad tecnológica para Argentina; y, finalmente, se indagó la pertinencia del enfoque de POM para abordar necesidades y problemas locales en contextos semiperiféricos.

La misión de producir baterías ion-litio argentinas es un aspecto recientemente incorporado a las políticas de CTI nacionales. Al adoptarse las POM como enfoque para la planificación de la CTI, en el Plan CTI 2030 y en el Plan Nacional de TE, las políticas litíferas se implementaron

11. Respecto del nuevo gobierno anarco-capitalista de Javier Milei iniciado en diciembre de 2023, destacamos que la desinversión en CTI paralizó los proyectos en curso, y los intentos de garantizar litio para el mercado local. Además, manifestó una alianza directa con EE.UU., por lo que este nuevo alineamiento político posiblemente traiga consigo algún tipo de consecuencia respecto a la influencia estadounidense y las empresas chinas en el país en general, y en la cadena de valor del litio en particular. Adicionalmente, presentó el proyecto de Ley Bases y el Régimen de Incentivo a las Grandes Inversiones, que conforma un paquete de medidas e instrumentos que desregulan los sectores estratégicos de Energía, Minería, Agroforestal, Infraestructura y "Tecnología" otorgando beneficios fiscales y marcos que perjudican la industria nacional y el desarrollo de capacidades tecnológicas. Al momento de escribir este artículo esta ley está en trámite legislativo.

identificándose “misiones” en sintonía a “grandes desafíos” de los países centrales.

Desde esta visión, las políticas litíferas se orientaron a aprovechar la trayectoria de las capacidades en investigación del complejo de CTI nacional, a través de diferentes organismos como Universidades Nacionales, institutos del CONICET, Y-TEC, CNEA, y llamar a convocatorias de financiamiento para generar proveedores locales. Sin embargo, el sector de CTI se encuentra desvinculado tanto de las actividades extractivas como de las instancias de producción industrial, estando a su vez, ambos sectores –minería y entramado productivo– también desligados entre sí. Cabe destacar que los esfuerzos realizados desde el gobierno y el sector público científico-tecnológico en actividades de I+D en la cadena de valor del litio, no tiene un correlato en inversión del sector privado, al igual que sucede con diversos sectores en contextos semiperiféricos.

Esta desarticulación entre los diferentes componentes del triángulo de Sabato se ha profundizado principalmente por la alternancia entre gobiernos con modelos de desarrollo e inserción internacional divergentes. Esto implica la dificultad de sostener una estrategia de largo plazo en torno al recurso, con la consecuente pérdida de oportunidades de desarrollo de tecnologías que en definitiva son soberanizantes, en términos de Quiroga, Lugones y Vera (2021).

Estas discusiones permiten extraer algunas lecciones del análisis de las políticas litíferas, tanto en su definición, como implementación y gobernanza. Respecto de su definición, en el caso muchos de sus objetivos intermedios no están especificados y, por ende, no existen hitos parciales que permitan una ejecución paulatina de objetivos que resulten en el logro de la misión. Esta falencia redundante en que, en términos de gobernanza, no se asignen estos objetivos intermedios a organismos o funcionarios responsables de su cumplimiento, ni se prevean los recursos necesarios para su ejecución. En este sentido, el intento de caracterizar esta misión en términos de las categorías de Wittmann *et al.* (2021) ha sido infructuoso. Sin embargo, el caso evidencia que la definición de esta misión fue difusa, los objetivos ambiguos, y la política pareciera terminar a la deriva, elementos que según Brown (2021) son falencias de las POM.

Finalmente, la misión en la política litífera no se sustenta en demandas nacionales actuales, ni en el aprovechamiento de la ventaja de oportunidad de una industria incipiente, sino que, por el contrario, replica agendas globales vinculadas a problemas globales establecidos por los países centrales, de acuerdo al estado del arte de las POMs.

La TE como agenda de desarrollo tecnológico de países centrales tiene una dimensión geopolítica fundamental para el diseño de políticas de pertinencia local. Esto implica tener en cuenta que son los países centrales, en base a agendas propias, las que imponen agendas a países semiperiféricos y periféricos. La importación acrítica de problemas socio-técnicos o de grandes desafíos de los países centrales puede constituir un sesgo conceptual para la definición de POM en los países semiperiféricos, porque implica dejar de lado la propia definición social de los problemas y desafíos a atender por parte de las sociedades, a la vez que conlleva el riesgo de caer en las falencias indicadas por Brown (2021), particularmente la falta de especificidad y la deriva política.

En este sentido, consideramos que el desarrollo de las políticas de TE en Argentina, pueden constituir un ejemplo de ello. Además, en sintonía con Hurtado y Souza (2018), el análisis de esta política no puede escindirse de una lectura en clave geopolítica, ni de la discusión acerca de la relevancia en la semiperiferia de las misiones definidas a partir de problemas globales.

Por lo tanto, es necesario proyectar a futuro cómo participar en las cadenas globales de valor de nuevas tecnologías según las propias necesidades, considerando incrementar la participación en aquellos nodos que mayor valor agregan. Trayectorias de los sectores nacionales estratégicos como el nuclear, el aeroespacial o la producción de medicamentos dan cuenta de procesos exitosos que mantuvieron sus áreas de acción dentro de ciertos límites, focalizaron en las misiones y en el alcance de las políticas, contaron con mecanismos institucionales adecuados (legislación, instrumentos de políticas y agencias específicas) que impidieron la deriva política.

Los desafíos son numerosos, ya que los proyectos de inversión en la industria litífera tienen resultados a largo plazo. Estas estrategias demandan consenso social para establecer políticas de Estado que trasciendan y perduren los cambios de gobierno, y deben ser coherentes en su planificación y ejecución. Además, es necesario desarrollar y mantener capacidades en el sector público para guiar el proceso de establecimiento de agendas, diseño y ejecución de políticas públicas. Esto es crucial en sectores en estadios de desarrollo incipientes que presentan ventanas de oportunidad en las que es posible disputar espacios de poder en las cadenas de valor globales que están en proceso de consolidación. Por ello consideramos relevante la experiencia de Y-TEC/UNILIB.

A partir del análisis de las POM identificamos algunos aspectos a discutir. En primer lugar, se destaca la vital importancia del liderazgo del sector público en la definición y promoción de la dirección del desarrollo tecnológico, resaltando su papel como motor impulsor de la innovación. En segundo lugar, se resalta la capacidad para generar encadenamientos y colaboraciones con proveedores locales, procesos que tienen un efecto multiplicador en el entramado productivo nacional. Al mismo tiempo, Y-TEC/UNILIB al ser una iniciativa del sector público, en principio, puede esperarse una disposición a orientar los objetivos en función de las necesidades y demandas sociales.

Retomando la importancia de fortalecer la articulación entre los sectores que componen el triángulo de Sabato, por un lado, resulta esencial fortalecer las alianzas público-privadas en el entramado productivo, y con el ámbito científico para atender las necesidades de la sociedad. En particular, es grave la falta de escucha a las comunidades locales y la falta de acciones frente al impacto ambiental, dos problemas que sí trascienden los cambios de gobiernos de distinto signo político. Tanto la problemática de la licencia social y los procesos de consentimiento, previo libre e informado de las comunidades de pueblos originarios, no pueden constituir aspectos que se sigan soslayando. La falta de cumplimiento de regulaciones por parte de las empresas transnacionales involucradas en la explotación de minerales en Argentina y la incapacidad/desinterés en exigirlos por parte de gobiernos provinciales y nacionales constituyen un desafío sustancial. Por ello se vuelve crucial profundizar en los intereses en juego en estos vínculos y cómo inciden en las capacidades del Estado.

Resulta fundamental entonces traducir localmente los problemas globales, y preguntarse qué necesidad o problema local atiende la misión de desarrollar la industria del litio. *Prima facie*, vemos que atiende a una supuesta ventana de oportunidad, pero que, si bien podría pensarse estratégica en cadenas globales de valor, la oportunidad es orientada con una visión utilitarista y no social del desarrollo tecnológico.

FINANCIACIÓN

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de investigación: “Políticas de ciencia, tecnología e innovación orientadas a salud pública y transición energética en Argentina: reflexiones sobre su dimensión estratégica para el siglo XXI” financiado por la Universidad Nacional de Río Negro (Código PI 40-B-1044).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, Jorge (2019). Ciencia y tecnología en la Argentina 2015-2019: panorama del ajuste neoliberal. *Ciencia, Tecnología y Política*, 2(3). DOI: <https://doi.org/10.24215/26183188e024>
- Altıparmak, Suleyman Orhun (2022). China and Lithium Geopolitics in a Changing Global Market. *Chinese Political Science Review*, 7(3). DOI: <https://doi.org/10.1007/s41111-022-00227-3>
- Barragán, Florencia (2023, 2 de agosto de 2023). *Planta de baterías de litio: se inaugura en septiembre y tendrá 50% de integración local. Ámbito*. Disponible en <https://www.ambito.com/economia/planta-baterias-litio-se-inaugura-septiembre-y-tendra-50-integracion-local-n5785642>
- Brown, Ross (2021). Mission-oriented or mission adrift? A critical examination of mission-oriented innovation policies. *European Planning Studies*, 29(4), 739–761. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1779189>
- CEPAL (2023). [Comisión Económica para América Latina y el Caribe]. *Extracción e industrialización del litio: oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe*. Libros y Documentos institucionales.
- Chang, Ha-Joon (2002). *Kicking Away the Ladder. Development Strategy in Historical Perspective*. Anthem Press.
- Chang, Ha-Joon (2024). Industrial policy: Best practices for emerging economies. En D. de Boer, H. Sander, K. Friz & A. Anastasi (Eds.) *Private Sector Development in an Emerging World* (pp. 63-68). De Gruyter.
- Chase-Dunn, Chris y Reifer, Thomas. (2002). US Hegemony and Biotechnology: The geopolitics of new lead technology. *UC Riverside: The Institute for Research on World-Systems*.
- Colombo, Sandra S. y Barberón, Agustín (2019). Litio, un recurso natural estratégico en la geopolítica internacional y suramericana. *Documento de Trabajo IX Encuentro del CERPI y la VII Jornada del CENSUD*, (pp. 94-105). La Plata: Instituto de Relaciones Internacionales.
- Dvorkin, Eduardo (2021). Estilos tecnológicos y desarrollo autónomo: el caso de Y-TEC. *Ciencia, Tecnología y Política*, 4(6). DOI: <https://doi.org/10.24215/26183188e053>
- Fornillo, Bruno (2022). El litio latinoamericano en las post-pandemia. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo*, 4(17). DOI: <https://doi.org/10.15304/ricd.4.17.8772>
- Gielen, Dolf (2021). *Materials for the energy transition* (Issue May). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

- Hurtado, Diego (2010). *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso: 1930-2000*. Buenos Aires: Edhasa.
- Hurtado, Diego (2014). *El sueño de la Argentina Atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*. Buenos Aires: Edhasa.
- Hurtado, Diego y Carrizo Erica (2020). Transición energética - Capacidades CyT en Argentina. *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación*, obtenido en <https://www.innovat.org.ar/wp-content/uploads/2020/08/CyT-MINCyT-Hurtado-y-Carrizo-2020b.pdf>
- Hurtado, Diego y Souza, Pablo (2018). Geoeconomic Uses of Global Warming: The 'Green' Technological Revolution and the Role of the Semi-Periphery. *Journal of World-Systems Research*, 24(1), 123-150. DOI: <https://doi.org/10.5195/jwsr.2018.700>
- Hurtado, Diego y Zubeldia, Lautaro (2018). Políticas de ciencia, tecnología y desarrollo, ciclos neoliberales y procesos de des-aprendizaje en América Latina. *Universidades*, (75), 7-18. DOI: <https://doi.org/10.36888/udual.universidades.2018.75.500>
- Jorratt, Michel (2022). *Renta económica, régimen tributario y transparencia fiscal de la minería del litio en la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de) y Chile*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Kattel, Rainer y Mazzucato, Mariana (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 787-801. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dty032>
- Mazzocco, Ilaria. (2022, 25 de agosto). Why the New Climate Bill Is Also about Competition with China. *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. Disponible en <https://www.csis.org/analysis/why-new-climate-bill-also-about-competition-china>
- Mazzucato, Mariana (2015). *El Estado Emprendedor: La oposición Público/Privada y sus mitos*. Editorial Taurus.
- Mazzucato, Mariana (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815. DOI: <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- MINCyT [Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación] (2011). Plan Argentina Innovadora 2020: Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Lineamientos estratégicos 2012-2015.
- MINCyT [Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación] (2022a). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030.
- MINCyT [Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación] (2022b, 7 de noviembre). Se presentaron las iniciativas seleccionadas de la convocatoria sobre Transición Energética. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-presentaron-las-iniciativas-seleccionadas-de-la-convocatoria-sobre-transicion-energetica>

- Ministerio de Economía (2023a, 16 de febrero). Con una inversión internacional, Argentina liderará la producción de autos eléctricos en la región. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/noticias/con-una-inversion-internacional-argentina-liderara-la-produccion-de-autos-electricos-en-la>
- Ministerio de Economía (2023b, 1 de julio). *Y-TEC adquiere litio catamarqueño para el desarrollo de baterías a nivel nacional*. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/noticias/y-tec-adquiere-litio-catamarqueno-para-en-desarrollo-de-baterias-nivel-nacional>
- Molas-Gallart, Jordi. (1997). Which way to go? Defence technology and the diversity of 'dual-use' technology transfer. *Research Policy*, 26(3), 367-385. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00023-1)
- OCDE [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos] (2021). *The design and implementation of mission-oriented innovation policies*. <https://doi.org/10.1787/3f6c76a4-en>
- OCDE [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos] (2023). *Trade policies to promote the circular economy: A case study of lithium-ion batteries*. <https://dx.doi.org/10.1787/d75a7f46-en>
- Olivera, Manuel (2019). La competencia por el control del triángulo del litio: la disputa China-Estados Unidos y las estrategias de respuesta de las políticas públicas. En Cecilia Salazar y Alfredo Seoane (Coords.). *La región Asia-Pacífico Desafíos para el desarrollo, hoy*, (pp. 123-156). CIDES-UMSA,
- Porto, Eduardo. (2022, 7 de octubre). *La Rioja acordó con YPF para realizar estudios de factibilidad sobre sus reservas de litio*. Periferia. Disponible en <https://periferia.com.ar/politica-cientifica/la-rioja-se-anota-para-explorar-y-explotar-sus-reservas-de-litio-con-licencia-social/>
- Quiroga, Juan M., Lugones, Manuel J., y Vera, Nevía (2022). Tecnologías tecnologizantes y políticas pendulares: continuidades y rupturas en sectores nuclear, espacial y radar en Argentina (2003-2019). *REDES. Revista de Estudios Sociales de La Ciencia y La Tecnología*, 27(52). DOI: <https://doi.org/10.48160/18517072re52.97>
- Sabato, Jorge (2004). *Ensayos en campera*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- Sagasti, Francisco (2011). *Ciencia, Tecnología, Innovación. Políticas para América Latina*. FCE.
- Salvareza, Roberto. (2023, 11 de agosto). *Argentina puede fabricar baterías y exportar carbonato de litio*. MiningPress. Disponible en <https://miningpress.com/357103/salvareza-argentina-puede-fabricar-baterias-y-exportar-carbonato-de-litio>

- Sarthou, Nerina, y Loray, Romina P. (2021). Estratégico, prioritario u orientado a misiones: qué aporta la literatura a la orientación de las políticas en ciencia, tecnología e innovación en Argentina. En Colombo, Sandra (Comp.). *Desarrollo y políticas de ciencia, tecnología e innovación en un mundo en transformación: Reflexiones sobre la Argentina contemporánea*, (pp.74-106), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Secretaría de Minería (2024). *Informe mensual Precios de los principales minerales Mayo 2024*. Dirección Nacional de promoción y economía minera, Subsecretaría de Desarrollo Minero, Secretaría de Minería, Ministerio de Economía.
- Secretaría de Minería e Hidrocarburos [SMeH] (2021). *Importancia del litio*. Ministerio de Desarrollo Económico y Producción Gobierno de Jujuy, Secretaría de Política Minera, Ministerio de Producción y Trabajo, y Secretaría de Minería e Hidrocarburos.
- Solingen, Etel. (1993). Macropolitical Consensus and Lateral Autonomy in Industrial Policy: The Nuclear Sector in Brazil and Argentina. *International Organization*, 47(2), 263-298. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2706891>
- Subsecretaría de Planeamiento Energético (2023). *Plan Nacional de Transición Energética a 2030*. Ministerio de Economía Argentina.
- The White House (2023). *Building a clean energy economy: a guide book to the inflation Reduction Act's investments in clean energy and climate action*. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>
- USGS [United States Geological Survey] (2024). *Mineral Commodity Summaries 2024*. U. S. Department of the Interior.
- U.S. Department of Defense (2023). *National Defense Industrial Strategy*. U. S. Department of Defense.
- Varsavsky, Oscar (1969). *Ciencia, política y cientificismo*. Centro Editor de América Latina, Bs As.
- Varsavsky, Oscar (1982). *Obras escogidas*. Centro Editor de América Latina. Bs As.
- Wallerstein, Immanuel (2005). *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*. Siglo XXI.
- Wittmann, Florian, Hufnagl, Miriam, Lindner, Ralf, Roth, Florian, & Edler, Jakob (2021). Governing varieties of mission-oriented innovation policies: A new typology. *Science and Public Policy*, 48(5), 727–738. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scab044>
- Yin, Robert (1994). *Investigación sobre estudio de casos*. Diseño y métodos. Sage Publications.

eISSN: 1989-3612
DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32070>

URANIO, ¿“LA PEOR DE TODAS LAS MINERÍAS”? : PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y RESISTENCIAS SOCIALES EN LA RIOJA, ARGENTINA

Uranium, “the worst kind of mining”?: Strategic projects and resistances in La Rioja, Argentina

Agustín PIAZ

Laboratorio de Investigación en Ciencias Humanas. CONICET - Universidad Nacional de San Martín (LICH. CONICET – UNSAM), Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6197-3522>

Recibido: 16/04/2024 Revisado: 18/08/2024 Aceptado: 30/08/2024

RESUMEN: Este artículo aborda el estudio exploratorio de resistencias a la minería de uranio en Argentina a partir de un estudio de caso representativo conformado por cuestionamientos públicos y episodios contenciosos que emergieron en la provincia de La Rioja, desde la reactivación de la actividad nuclear en 2006 hasta la actualidad. Partiendo de la articulación de literatura sobre Movimientos Sociales y Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología se describe y analiza el proceso de movilización, el rol de los conocimientos en las disputas, las formas en que se expresó la resistencia y sus impactos tanto en procesos resistidos como aquellos más extensivos vinculados a las formas de llevar adelante los reclamos. Se sostiene que las resistencias a la minería de uranio, así como los intentos de reactivación de estas actividades, se vinculan con históricos proyectos considerados estratégicos, y con más de cuatro décadas de resistencias a la producción de nucleoelectricidad en el país.

Palabras clave: uranio, minería, resistencias, energía nucleoelectrica, controversias.

ABSTRACT: This article explores resistances to uranium mining in Argentina, focusing on a representative case study involving contentious episodes that have arisen since 2006 in La Rioja. Drawing on a theoretical and methodological framework rooted in Social Movements and Social Studies of Science and Technology, the article seeks to shed light on the mobilization process, the role of knowledge in disputes, the contentious repertoires of resistance, and its impacts on both the sociotechnical change and the collective claim making. The article shows that resistances to uranium mining, as well as attempts to reactivate these activities, are linked to historical projects considered strategic, and to more than four decades of resistance to nuclear power.

Keywords: uranium, mining, resistance, nuclear power, controversies.

1. INTRODUCCIÓN

El uranio es un elemento clave del proceso productivo de la nucleoelectricidad, en tanto materia prima utilizada para la fabricación de elementos combustibles nucleares con los que se alimentan reactores de investigación, producción de radioisótopos y potencia. Desde comienzos del milenio, se registró en el escenario global un renovado interés por este material, en consonancia con el nuevo impulso que adquirió la tecnología nuclear como opción para la producción de energía eléctrica baja en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en el marco de los procesos de lucha contra el calentamiento global y el impulso de proyectos de transiciones energéticas tendientes hacia la descarbonización. Durante este período, que ha llegado incluso a ser caracterizado como un momentum de renacer nuclear (Rootes, 2016), el precio del uranio registró un incremento exponencial que alcanzó picos máximos a comienzos del segundo quinquenio.

En este escenario, Argentina relanzó su actividad nuclear en 2006, contemplando la reactivación de múltiples actividades vinculadas al proceso productivo de la nucleoelectricidad, entre las que se encontraban la finalización y construcción de nuevos reactores de potencia y la minería de uranio. Según consta en el discurso de Reactivación de la Actividad Nuclear en la República Argentina, la generación de energía nucleoelectrica se encuentra asociada a “la necesidad de impulsar la Minería del Uranio en nuestro país tal que permita la prospección en todo el ámbito del territorio nacional y la constitución de una reserva estratégica nacional de este mineral” (de Vido, s/f).

Desde entonces, se han reactivado en el país distintos proyectos para avanzar con la búsqueda y extracción de este mineral que han debido enfrentar resistencias varias. El objetivo del presente trabajo es avanzar en el estudio exploratorio de estas resistencias a partir de la descripción y el análisis del caso conformado por cuestionamientos públicos y episodios contenciosos que emergieron en la provincia argentina de La Rioja, ante el avance de proyectos de prospección y extracción de uranio impulsados por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), organismo estatal de referencia de la actividad nuclear en el país, dedicado a la investigación, desarrollo y producción de esta tecnología¹.

Si bien en estudios previos se ha abordado este caso como parte de luchas territoriales y conflictos socioambientales en torno a la minería metalífera en general (de la Vega, 2015; Gasetúa, 2021; Giarraca & Hadad, 2009; Sola Álvarez, 2013), e incluso de la minería de uranio en particular (e.g. Brúculo, 2019), nos interesa en este artículo prestar especial atención a las características y particularidades que presentan las resistencias -entendidas como formas de participación política política en relación con el desarrollo e implementación de proyectos científico-tecnológicos (Bauer, 1995, 2015)- a la minería de uranio y cómo se encuentran vinculadas con aquellas discusiones más generales por el proceso productivo de la nucleoelectricidad. Entre otros interrogantes, nos preguntamos ¿Qué continuidades y/o rupturas es posible identificar entre la promoción y discusiones por la minería de uranio en La Rioja y otros conflictos relacionados con actividades mineras que han emergido en el territorio provincial? ¿Por qué la minería de uranio es percibida por actores resistentes como “la peor de todas las minerías” mientras que sectores promotores no sostienen la existencia de diferencias sustanciales con otros tipos de minería metalífera? ¿Cuál es el rol de los conocimientos en el devenir de los episodios contenciosos? ¿Qué impactos han promovido las resistencias? ¿Cómo se vinculan las discusiones por la minería de uranio con la promoción y resistencias al proceso productivo de la nucleoelectricidad?

Estos interrogantes se encuentran vinculados, además, con discusiones más generales acerca del rol de la nucleoelectricidad en los procesos de transiciones energéticas en Argentina y el mundo, tópico que ha ganado centralidad en un escenario caracterizado como “la primera crisis energética verdaderamente global” (*World Energy Outlook*, 2022). En este contexto, la energía nucleoelectrónica ha sido considerada en la

1. Creada en 1950, la CNEA se ha consolidado como actor clave no sólo en el ámbito nuclear sino también dentro del sistema nacional de ciencia y tecnología (Hurtado, 2010).

última Conferencia de las Partes² de Naciones Unidas como una forma de producción de energía baja en emisiones de GEI, y una alternativa a los elementos combustibles fósiles sobre la cual se espera que triplique su presencia en la matriz energética global para 2050 (*Nuclear Bids...*, 2024).

Sin embargo, la tecnología nuclear ha sido también una de las más cuestionadas y resistidas desde sus orígenes a mediados del siglo pasado hasta la actualidad (Bauer, 1995, 2015; Martin, 2007). Usualmente asociada a altos niveles de percepción del riesgo vinculados tanto a sus características técnicas como a razones culturales³ (Slovic, 2000), la tecnología nuclear ha registrado picos de oposición durante los años setenta y ochenta⁴ (Rucht, 1995), y más recientemente tras el accidente ocurrido en las centrales japonesas de Fukushima Daiichi en 2011, que impulsó nuevos cuestionamientos en el escenario global (Hindmarsh & Priestley, 2016). En tanto tecnología "altamente controversial" (Diaz-Maurin & Kovacic, 2015), las discusiones en torno a su desarrollo e implementación distan de ser saldadas, al tiempo que continúan registrándose posicionamientos divergentes frente a su adopción en el escenario global. Mientras que países como Alemania abandonaron la producción de energía nuclear, y otros como España proyectan hacer lo propio en los próximos años, países como Estados Unidos, Francia o China han optado por reafirmar sus actividades de producción de nucleoelectricidad e incluso proyectan la construcción de nuevos reactores de potencia (*PRIS*, s/f). Argentina, por su parte, ha ratificado su opción por este tipo de energía, la cual es considerada, además, como una de las claves para apuntalar la transición energética en el ámbito nacional (*Las 9 claves...*, 2023).

2. CONSIDERACIONES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

El avance de proyectos científico-tecnológicos vinculados con formas de producción de energía o alternativas para combatir el cambio climático -como los aquí analizados- suelen provocar divisiones en la opinión

2. Se trata del órgano político supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

3. Entre éstas se encuentran su capacidad de provocar daños irreversibles y por extensos periodos de tiempo en el ambiente y la salud de las personas; vinculaciones con potenciales usos bélicos o con imaginaria de la devastación, como mutaciones genéticas, el hongo generado tras explosiones, entre otras de relevancia.

4. En consonancia con un momento de auge de proyección y construcción de reactores nucleares en el mundo, y tras los accidentes ocurridos en Three Mile Island (1979) y Chernobyl (1986).

pública por sus posibles impactos ambientales, sociales, económicos o culturales que -según propone Hess (2016)- deberían ser abordadas desde perspectivas transdisciplinarias. En este sentido, los lineamientos teóricos-metodológicos que guían la investigación articulan aportes de diversas áreas del conocimiento. Por un lado, se apoyan en estudios sobre movimientos sociales y política contenciosa (e.g. McAdam et al., 2009; McAdam & Schaffer Boudet, 2012; Snow et al., 2019) para describir y analizar oportunidades políticas, actores, discursos y repertorios de acción colectiva, así como también explicar para procesos de movilización. Por otro lado, se apoyan en estudios sociales de la ciencia y la tecnología (e.g. Bauer, 1995, 2015; Hecht, 2012, 2023; Hurtado, 2014); y la creciente literatura que versa sobre la vinculación entre estas áreas (e.g. Breyman et al., 2017; Frickel et al., 2010; Hess, 2016), con la intención de abordar problemáticas en torno al rol de los conocimientos, la cuestión del riesgo, y la historia y políticas públicas vinculadas al desarrollo e implementación de la tecnología nuclear en el país. Asimismo, se incorpora literatura que articula estas áreas reparando en la dimensión ambiental y las discusiones en torno a la inequitativa distribución de riesgos y beneficios, caracterizadas como problemáticas por la justicia ambiental (Frickel y Arancibia, 2021; Ottinger, et al., 2017).

La metodología de investigación es cualitativa y se implementa el estudio de un caso (Schwandt y Gates, 2018) conformado por resistencias a la minería de uranio que se registraron en La Rioja desde la Reactivación de la Actividad Nuclear en Argentina en 2006 hasta la actualidad, y que derivó en una controversia -en tanto procesos de discusión de la ciencia y la tecnología que involucran actores expertos y no expertos, y que se dirimen en la esfera y el espacio público (Martin, 2014; Nelkin, 1984, 1995)- de magnitud. La elección de este caso se explica en tanto permite abordar episodios contenciosos recientes y aún en desarrollo, que han sido conceptualizados como relevantes por actores resistentes, han promovido impactos varios y alcanzado períodos de alta visibilidad en la esfera pública. Se trata, además, de un caso -en términos de Snow y Trom (2002, p. 158)- normal o representativo de las resistencias a la minería de uranio en Argentina, en tanto cuenta con base empírica que pone en escena actores clave, argumentos relevantes, e implican discusiones centrales y recurrentes en las acciones de resistencia a la minería de uranio que posibilitan, a partir de su análisis, la elaboración de descripciones y/o generalizaciones que pueden extenderse más allá de éstas.

La recolección de datos se llevó a cabo a partir de trabajo de campo realizado en La Rioja durante mayo de 2023; observaciones participantes en reuniones, audiencias públicas y acciones de protesta; entrevistas en profundidad con actores resistentes; funcionarios públicos; y con

representantes de los sectores promotores de las actividades mineras y la tecnología nuclear, como funcionarios de las secretarías de ambiente, minería y trabajadores de las CNEA. Se revisaron además fuentes documentales primarias y secundarias como comunicados institucionales; sentencias judiciales; e información sobre los episodios contenciosos publicadas en medios de comunicación del ámbito provincial y nacional.

En términos más generales, esta investigación se inscribe y apoya en trabajo de campo previo realizado en el marco de proyectos de investigación sobre extractivismos y resistencias a los procesos productivos de la nucleoelectricidad en Argentina. Si bien, como anticipamos, la tecnología nuclear ha sido una de las más resistidas y cuestionadas en el mundo, poco se ha dicho sobre esta cuestión en el escenario local, pese a que Argentina es un país líder, junto con Brasil y México, en cuanto al desarrollo y la implementación de esta tecnología nuclear en América Latina. En más de setenta años de historia, el país ha logrado la puesta en marcha del primer reactor de investigación de la región, el RA-1, en 1958; de la primera central de potencia, Atucha I, en 1974; y ha alcanzado el dominio del ciclo de combustible nuclear, que contempla desde la minería de uranio hasta la disposición de residuos radiactivos (Hurtado, 2014; Rodríguez, 2020). En la actualidad, Argentina cuenta, entre otras instalaciones nucleares de relevancia, con tres centros atómicos dedicados a la investigación y el desarrollo de la tecnología nuclear⁵; cinco reactores de investigación y producción de radioisótopos; y tres reactores de potencia⁶ que representan el 4% de la capacidad instalada de generación eléctrica en el país (Observatorio Latinoamericano de Energía, 2023). Proyecta, además, la construcción de nuevos reactores -tanto de investigación como de potencia-, incluida la finalización del CAREM, un pequeño reactor modular de diseño nacional.

3. MINERÍA, URANIO Y RESISTENCIAS EN ARGENTINA

3.1. Sobre (Mega) Minería a cielo abierto

Durante la década del noventa comenzó a registrarse en Argentina -en consonancia con tendencias regionales y mundiales- un período de

5. Se trata del Centro Atómico Ezeiza y el Centro Atómico Constituyentes, ambos localizados en la provincia de Buenos Aires; y el Centro Atómico Bariloche, ubicado en la provincia de Río Negro.

6. Atucha I y Atucha II, localizados en la Provincia de Buenos Aires, y Embalse, emplazado en la provincia de Río Negro.

crecimiento y consolidación de proyectos mineros de envergadura, en el marco de una coyuntura signada por crecientes demandas e incremento de precios de minerales en el escenario global. Este modelo implicaba, además, la implementación de nuevas tecnologías para la obtención del material diseminado entre las rocas que contemplan, entre otros procesos, grandes voladuras de montañas y procesos de lixiviación (separación de los minerales buscados de las rocas) que requerían de grandes cantidades de agua.

Desde entonces, las extracciones a partir de la implementación de la denominada minería de gran escala o megaminería han ido en aumento (multiplicando por más de diez veces las toneladas de materiales exportados en las últimas décadas), propiciados además por una serie de reformas del marco regulatorio de las actividades mineras (Walter y Wagner, 2021). Entre éstas se destacan la “provincialización de los recursos naturales” establecida en la reforma constitucional de 1994, y una serie de medidas que buscaron favorecer a empresas transnacionales a través del ofrecimiento de estabilidad fiscal y exenciones de pago de impuestos, como deducción de ganancias, cánones de explotación o de retenciones por exportación, entre otros de relevancia (Svampa et al., 2009).

Ante el crecimiento de este tipo de proyectos, se ha registrado también la emergencia de resistencias en el país a impactos sociales, económicos, culturales y ambientales asociados a estos procesos extractivos. Entre otros casos de relevancia se destacan resistencias tempranas como el “No a la mina” en Esquel, que alcanzó picos de visibilidad en 2003 y sentó bases para futuras protestas; las discusiones en torno a las actividades en La Alumbreira, provincia de Catamarca; e incluso en La Rioja, donde se alzaron voces de protesta contra la minería metalífera en la zona del cerro conocido como el “Famatina”. Esto se explica, entre otras cuestiones, en tanto el proceso de extracción de minerales mediante megaminería a cielo abierto, el método más extendido en el país y la región, es considerado como unas de las actividades más contaminantes y también conflictivas en el mundo (Walter y Wagner, 2021).

En términos más generales, las resistencias a la megaminería se inscriben también en el marco de crecientes discusiones y conflictos en torno a la cuestión ambiental que han ido en aumento en Argentina y la región desde comienzos del milenio (Merlinsky, 2022), entre los que se han destacado aquellos que ponen el foco tanto en actividades mineras (e.g. Svampa & Antonelli, 2009; Wagner & Walter, 2020), como en discusiones vinculadas con la localización de industrias con potencial contaminante (e.g. Cortassa et al., 2013; Vara, 2007); la producción de alimentos y modelos de producción agraria (e.g. Gárgano, 2022; Giarraca & Teubal,

2013); o la producción de energía (e.g. Garrido & Recalde, 2022; Svampa & Bertinat, 2022).

3.2. *Uranio, proyectos estratégicos y resistencias en Argentina*

En Argentina, los procesos extractivos del uranio -considerado por entonces mineral estratégico- se remontan a mediados del siglo pasado, y se han encontrado históricamente vinculados a la CNEA (Reverberi, 2003). Desde entonces se han ejecutado proyectos de mediana y baja escala, que alternaron técnicas de extracción entre minería subterránea y a cielo abierto, predominando estas últimas en las décadas pasadas. Sin embargo, a diferencia de lo ocurrido con la minería metalífera de otros elementos (y lejos de incrementarse), la minería del uranio se interrumpió en el país a mediados de los noventa, según adujo la CNEA, por razones económicas asociadas a los costos extractivos del material y precios internacionales⁷.

A comienzo del nuevo milenio Argentina retomó el interés por la minería de uranio, en el marco de la reactivación de la actividad nuclear en el país en 2006; del pico histórico alcanzado por el precio de este elemento el mercado internacional; y de los proyectos que buscaban aumentar la producción de nucleoelectricidad en el territorio, como parte de la lucha contra el calentamiento global y proyectos de transiciones energéticas. En este escenario, de manera análoga a lo ocurrido con otros proyectos mineros de creciente presencia en el país, se registró la emergencia de cuestionamientos y resistencias a las intenciones de reapertura y búsqueda de nuevos sitios explotables. Sin embargo, no se trató de conflictos noveles. Al contrario, las más recientes resistencias se inscriben en el marco de históricas discusiones por procesos de extracción y tratamiento del uranio identificados en Argentina desde el retorno a la democracia en 1983 hasta la actualidad, tras la reapertura de la esfera y el espacio público para la participación política. Si bien no han sido masivas, sí se han registrado cuestionamientos que alcanzaron cierto grado de

7. Durante este período se registró, además, una reestructuración del sector nuclear -en el marco de la implementación de políticas neoliberales en el país y la región que impulsaron reformas estructurales y de “achicamiento del Estado” (Hurtado, 2010: 196-198)- que impulsó la creación de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) -organismo del Estado dedicado a la regulación y fiscalización de la actividad nuclear en el país-, y Nucleoeléctrica Argentina S.A., empresa estatal que quedaría a cargo de la operación de las centrales nucleares, hasta entonces bajo la órbita de la CNEA.

visibilidad a nivel local e incluso nacional que, en ocasiones, han derivado en acciones de protesta de relevancia que promovieron impactos varios (Piaz, 2020, 2022).

En términos más generales, y a diferencia de lo ocurrido en el escenario internacional, en tanto -según explica Hecht (2012)- las resistencias a la minería de uranio han permanecido fuera del mainstream antinuclear, los cuestionamientos y protestas en contra de los procesos extractivos de este elemento en Argentina se han sumado a cuestionamientos vinculados con otras etapas del proceso productivo de la nucleoelectricidad registradas en el país, como la producción de dióxido de uranio, la fabricación de elementos combustibles nucleares y el manejo y disposición de residuos radiactivos. Entre otros episodios contenciosos de relevancia vinculados a la minería y manufactura del uranio se destacan cuestionamientos a métodos de tratamientos de residuos radiactivos en el Centro Atómico Ezeiza y el Complejo Fabril Córdoba (complejo minero-fabril ubicado en la provincia de Córdoba), así como también resistencias vinculadas a procesos extractivos y de purificación del uranio en provincias como Córdoba, Mendoza y Chubut.

4. LA RIOJA: MINERÍA DE URANIO Y RESISTENCIAS EN EL NUEVO MILENIO

La minería de uranio en La Rioja encuentra sus orígenes en la década del cincuenta, cuando se registraron las primeras extracciones en los yacimientos de San Santiago y San Sebastián, que se extendieron entre 1952 y 1957, durante un período de creciente interés por este elemento en el país y el mundo. Por aquél entonces, y tras el impulso al desarrollo de las utilidades de la tecnología nuclear para fines pacíficos que significó el discurso de átomos para la paz, varios países hicieron público su interés por la producción de energía nucleoelectrónica, presentada como una forma de producir electricidad de manera tan económica que ni valdría la pena medir sus costos⁸ (Bauer, 2015). En consonancia con el avance de proyectos nucleares en Argentina, y tras la puesta en marcha de Atucha I y Embalse, se retomaron actividades extractivas hacia finales de los ochenta en el yacimiento de San Sebastián. Durante la década siguiente, entre 1992 y 1996, se explotó el yacimiento Los Colorados, del que se extrajo 55 toneladas de uranio, aproximadamente la tercera parte de la producción histórica de la provincia (López Cantón, 2022).

8. La expresión utilizada y más difundida es “too cheap to meter”.

Tras el impasse de los proyectos de minería de uranio que se registraron hasta comienzos del milenio, los intentos de reapertura de sitios explotables y la búsqueda de nuevos sitios se fue restableciendo de manera paulatina hasta consolidarse con el relanzamiento formal de las actividades nucleares en Argentina. La Rioja, provincia históricamente vinculada con la minería metalífera en general, y con la minería de uranio en particular, no resultó un territorio de excepción. A diferencia de lo ocurrido en períodos previos, los nuevos proyectos debieron enfrentar resistencias varias.

4.1. *Uranio y resistencias*

En mayo de 2006 se estableció un Convenio Marco de Cooperación y Coordinación entre el Estado Nacional y la Provincia de La Rioja, con el objetivo de impulsar proyectos vinculados al área nuclear en materia de “aprovechamiento energético de los recursos naturales; establecimiento de bases tecnológicas para industrias químicas o metalúrgicas; generación valor agregado a los recursos minerales; formación de recursos humanos y asistencia tecnológica” (*Convenio marco de cooperación...*, s/f). En agosto de ese mismo año, la oficialización de la reactivación de las actividades nucleares en el país implicó un nuevo impulso al desarrollo y la implementación de esta tecnología con fines industriales y para la producción de energía eléctrica que contemplaba, como anticipamos, la reactivación de la minería de uranio en el territorio nacional. Para aquél entonces, los trabajos de búsqueda de minerales en la región Centro de la CNEA se encontraban orientados hacia la provincia de La Rioja, un territorio con potencial para el desarrollo de actividades mineras y que, a diferencia de otras provincias bajo la órbita de la regional, no presentaba por aquel entonces legislaciones restrictivas a este tipo de actividades.

Entre las zonas disponibles para la búsqueda de uranio se destacaron las áreas circundantes al cerro Famatina (y el pueblo homónimo), y la zona de la Sierra de Velasco, en las cercanías a La Rioja, ciudad capital de la provincia⁹. Mientras que los trabajos en inmediaciones del Famatina fueron desestimados por autoridades de la CNEA, en el marco de un importante conflicto por la minería de oro en la zona que implicaba a empresas transnacionales, las tareas de prospección avanzaron en la

9. Los trabajos en esta zona surgieron en el marco de un Convenio “específico” para la prospección, exploración y evaluación de depósitos de uranio en La Rioja, firmado en 2008 (*Convenio sobre prospección...*, s/f)

otra área prevista. Como explican Giarraca y Hadad (2009), desde 2006 “este territorio y parte de su población están en ‘estado de alerta’ porque sufren la constante amenaza de la explotación minera, tanto de oro como de uranio y otros minerales” (p.230).

Tras la realización de estudios preliminares, se encontraron resultados positivos en cuanto a la presencia y viabilidad de extracción del uranio aproximadamente a unos 20 km de la ciudad capital de la provincia y en inmediaciones de varios parajes habitados. Según explica el Entrevistado A, funcionario jerárquico del área de geología de la CNEA- allí se identificó la presencia de uranio de fácil extracción, tratándose de “unos minerales muy fáciles de recuperar de la roca, que son altamente solubles y están en superficie, (...) prácticamente con una pala podés movilizar y cargar al menos lo que está en superficie, aplicar tratamiento y sacarle el uranio (entrevista personal, 2023). En esta zona, también identificada por la CNEA como Quebrada de Alipan o Alipan I en informes oficiales, se avanzó con campañas de prospección para avanzar con los estudios del suelo.

El incremento de la presencia de personal de la CNEA y la movilización de equipamientos en la zona comenzaron a llamar la atención de pobladores de parajes colindantes y miembros de la Asamblea Riojana Capital (ARC)¹⁰, quienes comenzaron a interesarse por los proyectos uraníferos y posibles impactos socioambientales de la minería en la zona y sus alrededores.

Al tiempo que la CNEA avanzaba con los trabajos, tomaron estado público las intenciones de construir en la provincia una Planta productora de dióxido de uranio, prevista para “satisfacer en el futuro la mayor demanda de dióxido de uranio que se generará a partir de la entrada en operación de la Central Nuclear Atucha II”¹¹ (CNEA, 2010). La noticia potenció el estado de alerta de vecinos e integrantes de la ARC, en un escenario signado además por dos eventos vinculados con resistencias a las actividades mineras y la producción de nucleoelectricidad. Por un lado, los cuestionamientos a la tecnología nuclear habían adquirido un nuevo impulso en

10. Esta asamblea se define como una organización horizontal de vecinos, sin tendencia partidaria que busca defender el ambiente y resistir pacíficamente “actividades extractivistas que agotan y degradan bienes comunes”, como “la megaminería, la explotación del uranio, el cultivo de soja” (“La minería del uranio...”, s/f).

11. Con la construcción de esta planta se buscaba reemplazar a histórica planta productora de dióxido de uranio -bajo la órbita de la empresa estatal Dioxitek S.A.- ubicada en la provincia de Córdoba, una instalación clausurada en múltiples ocasiones por la Municipalidad de la ciudad Capital, y que ha debido enfrentar cuestionamientos varios.

el escenario global, no siendo Argentina una excepción, tras el accidente ocurrido en 2011 en las centrales japonesas de Fukushima Daiichi (Hindmarsh & Priestley, 2016). Por aquél entonces, la producción de nucleoelectricidad se encontraba bajo escrutinio en el país, registrando protestas y movilizaciones con epicentro en las provincias de Buenos Aires y Córdoba (que cuentan con reactores de investigación, potencia e instalaciones varias vinculadas al proceso productivo de la energía nucleoelectrónica). Por otro lado, los cuestionamientos a la minería de uranio se intensificaron en un escenario de creciente oposición a la explotación minera en la zona de Famatina, que alcanzaron masividad y visibilidad incluso a nivel nacional e internacional cuando en enero de 2012 se realizaron movilizaciones que reunieron más de 10 mil personas bajo la consigna del “Famatina no se toca” (*Famatina, una causa nacional*, s/f).

En este panorama, se registraron voces de alerta que fueron en aumento desde que tomara estado público el proyecto. Como explica una referente de la ARC

“Nuestra lucha siempre ha sido la megaminería. Comenzamos con el Famatina y la minería de oro. Pero ahí, al poquito de andar, nos enteramos de que teníamos mucho uranio, que teníamos un problema grande, también con eso. Muy cerca de la capital, pero también de otros departamentos” (*Presentación del Movimiento Antinuclear de la República Argentina*, 2018)

Si bien las protestas y cortes de ruta resultaron de especial relevancia, en el devenir de las disputas las resistencias -que alcanzaron picos de visibilidad entre 2012 y 2014, aunque se extendieron hasta la actualidad- se expresaron mediante un vasto repertorio de acciones colectivas. Entre éstas se han registrado actividades culturales y performáticas -como la realización de charlas en escuelas, bibliotecas populares, o performances como “El funeral de la CNEA” (Capital, 2014)-; intervenciones en medios de comunicación autogestionados y de comunicación masiva; la creación de material audiovisual y divulgación de posicionamientos públicos contra la minería de uranio (e.g. Bustos, 2014); elaboración de petitorios; el impulso de legislaciones anti mineras; e incluso acciones de protesta más disruptivas, que incluyeron movilizaciones y reuniones en la ciudad capital y cortes de ruta para resistir el avance de la que consideraban como “la peor de todas las minerías” (Entrevistado E, Entrevista personal, 2023)¹².

12. La expresión textual ha sido obtenida de una entrevista personal, pero se trata -además- de una idea consensuada y ampliamente difundida en el activismo antinuclear en Argentina, presente también en intervenciones públicas pasadas y recientes (e.g. Conciencia Solidaria ONG, 2009; Deconstruyendo la propaganda nuclear..., 2023).

4.2. ¿La peor de todas las minerías?

La minería de uranio puede ser implementada mediante diversas técnicas de extracción, cuya aplicación varía según las características de los sitios explotables, la disponibilidad y accesibilidad al elemento, o las capacidades económicas, técnicas y operativas de las empresas involucradas, entre otros factores de relevancia. Entre estas posibilidades se encuentran la minería a cielo abierto (*open pitt mining*), la minería subterránea (*underground mining*) y la lixiviación *in situ* o de tratamiento “en el lugar”, que implica -como su nombre lo indica- la implementación del proceso de lixiviado bajo tierra. La extracción de uranio a cielo abierto -como la proyectada en La Rioja- genera rocas residuales con concentraciones “similares o algo superiores” a la concentración que se encuentra en la naturaleza, que superan en cantidad y volumen a las que se obtienen, por ejemplo, mediante minería subterránea. Una vez realizado el proceso de lixiviación, mediante tratamientos hidrometalúrgicos, se obtiene, por un lado, el concentrado de uranio; por otro lado, las denominadas “colas”, que consisten en residuos líquidos y sólidos resultantes del proceso. Éstas contienen no sólo el uranio que no se ha podido extraer de la roca (que oscila entre el 5 y el 10% aproximadamente), sino también otros productos asociados al decaimiento de este elemento (nuevos elementos en los que se transforma el uranio al modificarse su composición). Si bien la radioactividad de estas colas es baja (ya que se trata de uranio en estado natural), sus impactos ambientales se encuentran asociados a las cantidades de material que contienen, “su contenido residual de radionucleidos de período largo y otros componentes peligrosos como, por ejemplo, metales pesados y arsénico” (Fernández Niello, 2005: p. 103-104).

Por tanto, a diferencia de actividades extractivas de otros minerales como oro, plata o litio, la minería de uranio debe contemplar cuidados tanto químicos como radiológicos.

Estas características y particularidades que presenta la actividad han impactado en la percepción de este tipo de minería como especialmente riesgosa para el ambiente y la salud de las personas (Slovic, 2000), así como también han conformado parte central de los argumentos esgrimidos por actores resistentes. En este sentido, en el marco de la controversia se identifican argumentos de índole más general, vinculados a la minería a cielo abierto, como aquellos que ponderan la posibilidad de contaminación de sitios como resultado de procesos de lixiviación, utilización de grandes cantidades de agua, impactos en flora y fauna nativa, reconfiguración de los territorios, impactos en economías o formas de vida locales (Svampa y Antonelli, 2009; Wagner y Walter, 2020). Empero, las

actividades vinculadas a la extracción y tratamiento del uranio han sido también cuestionadas a partir de la presentación de argumentos más específicos, que ponen el foco tanto en las características químicas como radioactivas que presenta este elemento. Reparando en las particularidades de los cuestionamientos a la minería de uranio (revisando especialmente lo registrado en África, Australia y Estados Unidos), Hecht (2012) señala que “los peligros de la contaminación radiológica les han otorgado [a los resistentes] una misión distintiva”. Mientras que algunos “han desarrollado experticia en temas de radioactividad”, otros han encontrado formas de traducir el excepcionalismo de los asuntos nucleares a “idiomas tradicionales” (p. 289).

En el devenir de las resistencias en La Rioja, es posible observar esta “misión distintiva” en, al menos, dos dimensiones. Por un lado, los actores resistentes han adquirido cierta experticia en cuestiones predominantemente técnicas vinculadas con la radioactividad y problemáticas asociadas al uranio y su “familia” (es decir, esos elementos en los que se transforma el uranio a partir de su decaimiento), como su potencial contaminante y capacidad para producir impactos irreversibles y por extensos períodos de tiempo en el ambiente y la salud de las personas, que han puesto en juego durante episodios contenciosos como argumentos para impulsar y sostener acciones de protesta. Por otro lado, han aunado esfuerzos por transmitir estos conocimientos aprehendidos, así como también en transmitir los cuestionamientos específicos a las actividades resistidas que exceden en términos estrictos a la minería de uranio y que históricamente se han expresado en el país como parte de discusiones más amplias vinculadas al desarrollo y la implementación de la tecnología nuclear.

Mientras que en la cartelería exhibida en las protestas se multiplicaban consignas como “Uranio para todos, cáncer para todos”; “No al uranio, no al plan nuclear”; “Agua si, uranio no” -acompañadas de aquello autores como Weart (2012) proponen pensar como imaginaria nuclear (tales como imágenes del símbolo radiactivo, máscaras de protección, el ‘hongo’ asociados a explosiones nucleares, etc.)-, los argumentos más extensivos en contra de estas actividades se expresaron en intervenciones públicas de los miembros de la ARC y, con posterioridad, en intervenciones de otras organizaciones antinucleares que apoyaron la causa. Entre éstas se destacan, por ejemplo, publicaciones que sostienen la vinculación del uranio con el desarrollo de enfermedades como cáncer, o aquellas que señalan que “la explotación de uranio es la minería más tóxica, ya que en su proceso se liberan sustancias radiactivas. Las minas de explotación de uranio son letales. El gas radón emitido durante la explotación es radiactivo y viaja hasta 1000 kilómetros” (*Página/12, s/f*).

Asimismo, este argumentario identificado resulta de una síntesis producto de consensos alcanzados durante años de lucha en los que se identifica un proceso de construcción colaborativa de conocimientos y un apoyo en experiencias previas de luchas antinucleares, en consonancia con los procesos de difusión y transmisión (McAdam et al., 2009; Pleyers, 2018) identificados¹³. Por ejemplo, ante el avance de proyectos mineros en la zona cordillerana del país, un spot publicitario de 2009 elaborado por la Organización No Gubernamental Conciencia Solidaria, señalaba que “de toda explotación metalífera, la del uranio es la más perjudicial y perversa. La contaminación radioactiva condena terribles padecimientos a la humanidad y la naturaleza. No queremos extracción de uranio ni exportación de plutonio” (Conciencia Solidaria, 2009). Asimismo, estos argumentos son replicados en publicaciones impulsadas por organizaciones no gubernamentales que han sido referentes de procesos de discusión de la cuestión ambiental y antinuclear en el país, como la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), Greenpeace; o BIOS Argentina.

En otro orden de ideas, tanto desde sectores promotores de la tecnología nuclear como desde entes reguladores se ha puesto el acento en que, si bien toda actividad antrópica -como la minería- genera impactos, éstos pueden ser minimizados, mitigados y controlados. Es decir que, a pesar de las características distintivas que presenta el uranio -como la radioactividad-, desde instituciones como la CNEA y la ARN -organismo que se encarga controlar la seguridad física y radiológica de los sitios en los que se obtiene y/o procesa el uranio- se sostiene la posibilidad de llevar a cabo una minería “cuidada y sustentable” de este elemento, que no implica mayor complejidad que otras actividades similares. Como explica un trabajador de la ARN,

Todas las actividades antrópicas generan un impacto, así que digamos que eso no lo vas a poder evitar. Lo que vas a poder, a lo sumo, es prever esos impactos, intentar minimizarlos y mitigarlos. Ahora, respecto de si es la más contaminante (...) Yo creo que el tema de la minería de uranio lo que tiene es que está asociada a lo nuclear. Tiene esa etiqueta de mucho más peligrosa, pero no. Creo que podríamos empezar planteando que el mineral de uranio está en la naturaleza, o sea, lo único que se hace en la etapa de extracción es bueno, justamente extraerlo, exponerlo en superficie y en la planta asociada, concentrarlo. Entonces sí, los riesgos se elevan. Pero también depende de qué ley tenga el yacimiento. ¿Tiene mu-

13. Entre éstas se encuentran, por ejemplo, las más recientes controversias por el intento de reactivación de actividades mineras en provincias argentinas como Córdoba, Chubut o Mendoza, con disponibilidad de uranio y potencial para su explotación.

cho mineral o no? Si hay poco va a generar más residuos, claro, más roca residual. Pero también, si hay poco, es más manejable desde el punto de vista de los trabajadores, desde el punto de vista de cuando esa planta funcione (Entrevistado C, entrevista personal, 2024)

Asimismo, se registra también un un amplio consenso en que las prácticas mineras y los estándares de seguridad y cuidados ambientales se han elevado considerablemente con el correr de los años, a partir de “malas prácticas” registradas no sólo en Argentina sino también en otros países mineros que suelen imponer estándares de calidad y protección ambiental, como Estados Unidos, Canadá o Francia. Los cambios han resultado de tal magnitud que, según un alto funcionario de la gerencia de minerales de la CNEA, las actividades pasadas resultan impracticables en la actualidad

Hoy en día una mina de uranio debe ponerse en operación con una visión puesta en el cierre. Ya la abris con un plan de cierre, y lógicamente con todos los cuidados para el ambiente y las personas. Ese cambio de paradigma ha sido notable tanto en la minería en general como en la minería nuclear, que está doblemente regulada. Que a veces lo vemos como un problema, pero a veces como una ventaja. Doblemente regulada porque está regulada en lo que hace a las generales de la ley en temas mineros y ambientales, y todo lo que tiene que ver con los riesgos radiológicos. Sin bien puede llegar a ser engorroso, lo termino viendo como algo positivo para la percepción social, que tenga esta suerte de doble control. Los problemas ambientales que se han ocasionado en muchos lugares del mundo, no han ocurrido solo acá en Argentina. Las malas prácticas se han aplicado en Sudáfrica, en Estados Unidos, Canadá, Francia. (Entrevistado B, entrevista personal, 2023).

Ahora bien, como señala Hecht (2023) en su más reciente estudio sobre controversias por la minería de uranio, focalizar la atención sólo en el elemento cuestionado puede conducir a falsas soluciones. Al contrario, postula la necesidad de prestar atención no sólo a “las moléculas” sino también a las profundamente enraizadas infraestructuras que los producen y los procesos productivos asociados (p.16). En tanto las actividades extractivas no han sido implementadas en La Rioja hasta la actualidad (por lo que no es posible avanzar en el estudio de aquellas infraestructuras que las posibilitan), en el siguiente apartado se abordan impactos de las resistencias prestando especial atención, por un lado, a impactos en procesos productivos cuestionados y en las formas en que se implementan los reclamos; por otro lado, a los procesos productivos con los que estas actividades se encuentran relacionados. Es decir, con el proceso productivo de la nucleoelectricidad.

5. SOBRE LOS IMPACTOS DE LAS RESISTENCIAS

5.1. *La ordenanza 4930, paralización y ¿continuidad? del proyecto*

En agosto de 2012 se promulgó la ordenanza municipal 4930 que declara al Municipio del Departamento Capital de La Rioja como “no tóxico, no nuclear y ambientalmente sustentable”, en un panorama signado por momentos de mayor visibilidad pública de las controversias en torno a los proyectos de minería de oro y uranio, y la multiplicación de acciones de protesta en el territorio provincial. De acuerdo con los concejales firmantes de la norma, su impulso surgió a partir de preocupaciones de “asambleas ambientales”¹⁴ que buscaban detener los proyectos de minería de uranio en el municipio y sus inmediaciones, y que venían participando de las crecientes discusiones sobre actividades mineras en la provincia, los proyectos extractivos en la zona del Famatina, y ante el posible avance de “empresas transnacionales como Barrick y posteriormente Osisko” (Entrevistado F, entrevista personal, 2023).

La entrada en vigencia de la ordenanza implicó un impacto en los proyectos de la CNEA, que derivó en la suspensión de actividades ese mismo año en la quebrada de Alipan. Sin embargo, De acuerdo con miembros de la ARC, que celebraron la paralización del proyecto, el éxito (al menos momentáneo) que hasta entonces habían alcanzado no se explica únicamente a partir de la implementación de este considerado “mecanismo de protección social”, sino que se inscribe en el marco de un plan de lucha más extensivo que ha caracterizado a la protesta social, movilizaciones y cortes de ruta como parte de las expresiones más determinantes y eficaces de las resistencias

Hay una ordenanza que prohíbe la actividad [minería de uranio], pero no se suspendió por la ordenanza. El proyecto se paralizó porque lo paralizamos nosotros. En La Rioja venimos desde 2006 luchando (...) y hemos tenido leyes, muchas cosas que parecían la solución, pero lo único que ha logrado hasta hoy frenar estos proyectos ha sido la organización y la resistencia. Esto ha sido: movilizarse, cortar las rutas, pararse delante de las camionetas y decirles como dueños del territorio que somos, que no van a pasar. Y hasta ahora no han pasado. Y no van a pasar. (*Presentación del Movimiento Antinuclear de la República Argentina*, 2018)

14. Sobre esta cuestión, miembros de la ARC sostienen que la Ordenanza “fue redactada íntegramente por la Asamblea Riojana Capital” y que sus integrantes fueron “durante cinco meses al Concejo Deliberante para exigir que se sancione” (Capital, 2014).

Tras la promulgación de la ordenanza y la paralización del proyecto comenzó una disputa legal que se dirimió en el ámbito judicial e impactó en el devenir de las discusiones. En este escenario, la CNEA avanzó con la presentación de un recurso de amparo que instó la declaración de la ordenanza como inconstitucional en 2017, fallo que fue apelado ante la Corte Suprema de Justicia de la Nación pero que, sin embargo, fue ratificado por el tribunal. Tras quedar sin efecto la ordenanza, en tanto la justicia consideró que la Municipalidad de la Rioja no se encuentra en condiciones de prohibir “una actividad ya autorizada debidamente por la Provincia y por el órgano legalmente competente para ello” (*Sentencia...*, s/f), la CNEA intentó retomar actividades en el territorio que, sin embargo, aún no han prosperado.

En cuanto a las resistencias, es posible afirmar que se encuentran en estado de latencia, en un escenario en el cual vecinos, miembros de las uniones de asambleas de comunidades, y movimientos ambientalistas y antinucleares interesados en la problemática siguen de cerca los pasos de la CNEA, se han movilizado ante intentos de avance de los proyectos cuestionados (Basualdo, 2021), continúan expresando públicamente su rechazo y aúnan esfuerzos para resistir tanto la megaminería a cielo abierto en general, como a la minería de uranio en particular y, en términos más generales, el proceso productivo de la nucleoelectricidad.

5.2. Resistencias, uranio y producción de nucleoelectricidad

La utilización del uranio para la fabricación de combustibles nucleares y la inescindible vinculación de este elemento con el proceso productivo de la nucleoelectricidad impulsó a miembros de la ARC a interiorizarse en las crecientes discusiones que se registraban en Argentina en torno al desarrollo y la implementación de la tecnología nuclear. En este escenario, la toma de estado público de las mencionadas intenciones de trasladar a La Rioja una planta productora de dióxido de uranio^{15, 16} -que enfrentaba cuestionamientos por su ubicación en una zona residencial de la ciudad capital de la provincia de Córdoba, pedidos de relocalización y clausuras preventivas- potenció el estado de alerta de vecinos y actores resistentes. El temor de que se avanzara con la minería de uranio en la provincia para

15. El dióxido de uranio se utiliza para la fabricación de combustible nuclear.

16. Se trataba de la planta bajo la órbita de la empresa Dioxitek S.A., propiedad del Estado Nacional y la CNEA.

proveer de materia prima a la planta y los pasivos ambientales asociados al complejo donde se encontraba ubicada llamaron la atención de miembros de la ARC que se expresaron públicamente en contra del proyecto

Alertamos a nuestros conciudadanos del Departamento Capital y de toda la Provincia acerca de las versiones periodísticas de medios de la ciudad de Córdoba que dan cuenta del traslado a La Rioja de la recientemente clausurada empresa Dioxitek SA situada hasta hace pocos días en el Barrio Alta Córdoba y que deja un pasivo (Según datos oficiales de la propia CNEA), de 57.600 toneladas de colas de mineral de uranio. (Fernández, 2012)

Si bien se trataba de un alternativa incipiente, que finalmente no prosperó, los rumores de una posible relocalización en La Rioja contribuyó, por un lado, a reforzar la vinculación de la minería del uranio con la fabricación de elementos combustibles nucleares y el proceso productivo de la nucleoelectricidad; por otro lado, con la emergencia y consolidación de redes de articulación, cooperación e intercambio de información con movimientos ambientalistas y antinucleares de extensa trayectoria en el país.

Desde entonces, se han multiplicado en comunicados, intervenciones públicas y -especialmente- en la cartelera y folletos difundidos, propuestas como “No al plan nuclear nacional. Basta de megaminería”; “La Rioja, no tóxico y no nuclear”; o la más extendida “Uranio No, Gracias”, que hace referencia al eslogan antinuclear más conocido en el mundo que pondera “Nuclear, No Gracias”. Desde entonces, integrantes de la ARC, junto con otros colectivos ambientalistas de la provincia que apoyaron las luchas contra la minería de uranio, han estrechado -como anticipamos- acercamientos con organizaciones que históricamente han discutido el desarrollo y la implementación de la tecnología nuclear en Argentina. Tras años de intercambio y trabajo colaborativo, miembros de la Asamblea Riojana participaron de la reunión fundadora del Movimiento Antinuclear de la República Argentina (MARA), en la que destacaron su compromiso no sólo con las resistencias al uranio sino también con la producción de nucleoelectricidad

Vamos a articular luchas de distintas formas. Somos eslabones de una cadena virtuosa. Porque el plan nuclear es una cadena para la destrucción. Nosotros vamos a ser otra red para resistir. Y este proyecto, que es parar el plan nuclear, esperamos ser parte de eso (*Presentación del Movimiento Antinuclear de la República Argentina, 2018*)

Estos impactos de las resistencias se inscriben a su vez en dos dimensiones que Hess (2022) propone pensar como “cambios sociotécnicos”

vinculados al hacer de reclamos -entre los que se encuentran la paralización del proyecto o la promulgación de normas restrictivas a los procesos resistidos-, y como parte de “cambios sociales”, tales como la consolidación de redes de actores y la conformación de nuevos espacios organizacionales como el MARA.

En otro orden de ideas, desde sectores promotores del desarrollo nuclear se ha insistido con la necesidad de continuar con los proyectos delineados y retomar la minería de uranio en el país en tanto actividad estratégica y eslabón fundamental en proyectos tecnopolíticos como el desarrollo de la tecnología nuclear en particular y de la ciencia y la tecnología en general (Hurtado, 2014). En palabras de un alto directivo de la CNEA: “necesitamos volver a la minería de uranio, porque perdimos un eslabón clave de la cadena de valor de combustible en Argentina, que tiene una experiencia enorme. Hay que volver a producir uranio en el país” (Entrevistado D, entrevista personal, 2023). Además, se destacan también aquellos consensos que señalan la necesidad de modificar prácticas pasadas, reforzar cuidados ambientales y retomar la minería de uranio mirando “más allá” de los aspectos económicos de corto plazo; es decir, con una mirada estratégica. En este sentido, desde sectores promotores de la energía atómica se promueve una visión más general que contemple, asimismo, procesos de aceptación social y trabajos en la mitigación de los impactos a estas actividades asociados: “hay que volver a la minería de uranio con licencia social, con mejores capacidades de remediación (...) vamos a ahorrar plata comprando uranio afuera, pero acá das trabajo a la gente, volvés a cerrar tu cadena de combustible, los efectos multiplicadores son otros” (Entrevistado D, entrevista personal, 2023). En este escenario, los proyectos de minería de uranio en La Rioja no han sido desestimados y se mantienen activos, al tiempo que se avanza con la búsqueda de este elemento en otros sectores del territorio nacional.

6. CONCLUSIONES

En este artículo abordamos el estudio exploratorio de las resistencias a la minería de uranio en Argentina a partir de la descripción y el análisis de la controversia que emergió en torno a proyectos impulsados por la CNEA en la provincia de La Rioja desde 2006 hasta la actualidad.

En relación con la reactivación de la minería de uranio, en tanto proceso productivo resistido, se sugiere que los proyectos no han surgido al hoc ni de manera aleatoria. Al contrario, se sostiene su emergencia en el marco de: i) la existencia de antecedentes en el territorio provincial

de actividades mineras en general y de minería de uranio en particular; ii) la reactivación de proyectos considerados estratégicos, vinculados al desarrollo de la tecnología nuclear e impulsados tras la reactivación de las actividades nucleares en Argentina; y iii) la escalada del precio de este elemento y el nuevo impulso a la producción de nucleoelectricidad desde comienzos del milenio en el mundo, caracterizada por sectores promotores y organismos internacionales como alternativa para mitigar emisiones de GEI en la producción de energía, en el marco de la lucha contra el calentamiento global.

En cuanto al estudio de las resistencias propiamente dichas, del análisis se desprende que los avances hacia la reactivación de la minería de uranio, en un escenario signado por creciente conflictividad socioambiental y luchas contra la megaminería a cielo abierto en el país y la región, han debido enfrentar cuestionamientos que se expresaron mediante un vasto repertorio de acciones colectivas. Entre éstas se ha identificado la difusión de posicionamientos contra la minería de uranio en medios de comunicación autogestionados y de comunicación masiva; la realización de actividades performáticas; el impulso de legislaciones antimineras y antinucleares; y la realización de acciones de protestas más disruptivas, características de las luchas socioambientales que se suceden en América Latina (Svampa & Viale, 2020), que incluyeron movilizaciones y cortes de ruta en las zonas en conflicto. Asimismo, en el devenir de las resistencias se ha destacado la presencia de repertorios de acción y argumentos compartidos contra la minería metalífera a cielo abierto, como también aquellos más específicos que ponían el acento en las características y particularidades de la minería de uranio, identificado y cuestionado en tanto elemento radioactivo con potencial contaminante y capacidad para producir impactos irreversibles y por extensos períodos de tiempo en el ambiente y la salud de las personas.

En sintonía con lo ocurrido históricamente con los movimientos antinucleares en el mundo, los cuales se han apoyado e inspirado en luchas previas, estableciendo alianzas y trabajo colaborativo (Flam & Honda, 2022), los episodios contenciosos registrados en el país y en la La Rioja para discutir la minería metalífera en general, y del uranio en particular, se han revelado como especialmente relevantes. No sólo en relación con procesos de formación e intervención pública de actores colectivos que impulsaron, por ejemplo, la creación de múltiples asambleas vecinales (de la Vega, 2015; Gasetúa, 2021; Sola Álvarez, 2013), sino también han contribuido con la consolidación del argumentario antiminero y antinuclear en la provincia y, más extensivamente, en el territorio nacional. Como se desprende del análisis, en el devenir de las disputas se han puesto además en

circulación tanto conocimientos previos -técnicos y específicos, aunque no se ha tratado de nuevos conocimientos o conocimientos no disponibles (Frickel et al., 2010)- sobre las características y particularidades de la minería de uranio, así como también el *know how* en cuanto argumentos y formas de llevar adelante las protestas adquirido por organizaciones ambientalistas y antinucleares que brindaron su apoyo y participaron de la controversia en torno a la que han caracterizado como “la peor de todas las minerías”.

En relación con los impactos de las resistencias, éstos se han orientado en dos direcciones. Por un lado, se han identificado impactos en relación con los procesos resistidos, entre los que se destaca la paralización (al menos transitoria) de proyectos mineros y la reevaluación en cuanto a la factibilidad de los mismos que -si bien no han sido desestimados- tampoco han sido retomados hasta la actualidad. Por otro lado, se han identificado también impactos en las formas de llevar adelante los reclamos y en redes de relaciones establecidas entre actores resistentes que implicó, entre cuestiones, la participación de miembros de asambleas riojanas en el proceso de creación del Movimiento Antinuclear de la República Argentina en 2018.

En términos más generales, este estudio exploratorio muestra que las resistencias a la minería de uranio en La Rioja han impactado en proyectos considerados estratégicos por sectores promotores del desarrollo nuclear, y en las dinámicas registradas en más de cuatro décadas de resistencias a la producción de nucleoelectricidad en Argentina. Conforman, además, un caso representativo de las acciones de resistencias al proceso productivo de la energía nucleoelectrónica que se registran en el país desde el retorno a la democracia hasta la actualidad y, más extensivamente, de los procesos de discusión de la ciencia y la tecnología que se dirimen en la esfera pública en torno a procesos de transiciones energéticas en el país y América Latina.

REFERENCIAS

- Asamblea Riojana Capital (2014). Imágenes: Funeral a la CNEA y bocinazo frente a casa de gobierno. <https://imagenesasamblea.blogspot.com/2014/08/funeral-la-cnea-y-bocinazo-frente-casa.html>
- Comisión Nacional de Energía Atómica (2010). Memoria Anual 2010.
- Basualdo, Cristian. (2021, noviembre 24). *Corte de ruta contra la minería del uranio en La Rioja*. Tramas. <https://tramas.ar/2021/11/24/corte-de-ruta-contra-la-mineria-del-uranio-en-la-rioja/>

- Bauer, Martin. (1995). *Resistance to New Technology. Nuclear power, information technology and biotechnology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bauer, Martin. (2015). *Atoms, Bytes and Genes* (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315775999>
- Bustos, Brian (2014). *Agua Si - Uranio No!! Corte en la Ruta 38*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=bNEPSfFopng>
- Breyman, Steve., Campbell, Nancy., Eubanks, Virginia., & Kinchy, Abby. (2017). STS and Social Movements: Pasts and Futures. En *The Handbook of Science and Technology Studies* (Fourth Edition, pp. 289–320). Cambridge: The MIT Press.
- Brúculo, Celia (2019). *Conflictos Socioambientales mineros en provincias argentinas.. La resistencia al uranio en la ciudad de La Rioja*.
- Conciencia Solidaria ONG (2009). *Minería contaminante, ¿sabés lo que es? Por actores famosos*. <https://www.youtube.com/watch?v=MHuLPLWCGoc>
- Convenio marco de cooperación y coordinación de proyectos de investigación, desarrollo y difusión*. (s/f). Recuperado el 25 de marzo de 2024, de <http://www.saij.gob.ar/>
- Convenio sobre prospección, exploración y evaluación de uranio*. (s/f). Recuperado el 25 de marzo de 2024, de <http://www.saij.gob.ar/>
- Cortassa, Carina., Wursten, Andrés & Andrés, Gonzalo. (2013). El conflicto argentino-uruguayo por las Papeleras: Diez años de una controversia socio-tecno-ambiental Latinoamericana. *Caderno Eletrônico de Ciências Sociais*, 1(1), 85. <https://doi.org/10.24305/cadecs.v1i1.5968>
- de la Vega, Candela (2015). Luchas por el territorio, por un lugar: Resistencias contra la minería en Córdoba y La Rioja. *Espacialidades. Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura*, 5(1), 152–182.
- Deconstruyendo la propaganda nuclear (2023). Movimiento Antinuclear Zárate Campana Facebook. [Video recording]. Recuperado el 21 de agosto de 2024, de <https://www.facebook.com/movimientoantinuclear.zaratecampana/videos/deconstruyendo-la-propaganda-nuclear/6886701291389113/>
- Diaz-Maurin, Francois., & Kovacic, Zora. (2015). The unresolved controversy over nuclear power: A new approach from complexity theory. *Global Environmental Change*, 31, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.014>
- Famatina, una causa nacional*. (s/f). Recuperado el 8 de marzo de 2024, de <https://prensaobrera.com/ambiente/famatina-una-causa-nacional>
- Fernández, Mauro. (2012). Egosinracia: Asambleas denuncian más Uranio en La Rioja. *Egosinracia*. <https://egosinracia.blogspot.com/2012/10/asambleas-denuncian-mas-uranio-en-la.html>

- Fernández Niello, Jorge. (2005). *Radiactividad en el medio ambiente*. Buenos Aires: Eudeba.
- Flam, H., & Honda, H. (2022). Anti-Nuclear Movements in the US, Europe, and Asia. En *The Routledge Handbook of Environmental Movements* (pp. 155–169). London and New York: Routledge.
- Frickel, Scott., & Arancibia, Florencia. (2021). Environmental Science and Technology Studies. En B. Schaefer Caniglia, A. Jorgenson, S. A. Malin, L. Peek, D. N. Pellow, & X. Huang (Eds.), *Handbook of Environmental Sociology* (pp. 457–476). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77712-8_22
- Frickel, Scott., Gibbon, Sara., Howard, Jeff, Kempner, Johana., Ottinger, Gwen, & Hess, David (2010). Undone Science: Charting Social Movement and Civil Society Challenges to Research Agenda Setting. *Science, Technology, & Human Values*, 35(4), 444–473. <https://doi.org/10.1177/0162243909345836>
- Gárgano, Cecilia (2022). El campo como alternativa infernal. Pasado y presente de una matriz productiva ¿sin escapatoria? Buenos Aires: Imago Mundi.
- Garrido, Santiago., & Recalde, Marina. (2022). Transición energética justa: Una mirada desde América del Sur. En G. Santiago, *Transición energética en Sudamérica* (pp. 15–64). Buenos Aires: Lenguaje Claro Editora.
- Gasetúa, Erica. (2021). Los no de las luchas territoriales/comunitarias en La Rioja, Argentina (2006-2018). *Millcayac - Revista Digital de Ciencias Sociales*, 8(14), 259–282. <https://doi.org/10.48162/rev.33.011>
- Giarraca, Norma, & Hadad, Gisela (2009). Disputas manifiestas y latentes en La Rioja Minera. Política de vida y agua en el centro de la escena. En M. Svampa & N. Giarraca (Eds.), *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales*. Buenos Aires: Biblos.
- Giarraca, Norma, & Teubal, Miguel (2013). *Actividades extractivas en expansión: ¿Reprimarización de la economía argentina?* Antropofagia.
- Hecht, Gabrielle (2012). *Being Nuclear. Africans and the Global Uranium Trade*. Cambridge: The MIT Press.
- Hecht, Gabrielle (2023). *Residual Governance. How South Africa Foretells Planetary Futures*. North Carolina: Duke University Press.
- Hess, David (2016). *Undone Science. Social Movements, Mobilized Publics, and Industrial Transitions*. Cambridge: The MIT Press.
- Hess, David (2022). Environmental movements and scientific, technological, and industrial change. En *The Routledge Handbook of Environmental Movements* (pp. 488–502). London and New York: Routledge.

- Hindmarsh, Richard., & Priestley, Rebeca. (2016). *The Fukushima Effect. A New Geopolitical Terrain*. London and New York: Routledge.
- Hurtado, Diego (2014). *El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006)*. Buenos Aires: Edhasa.
- Hurtado, Diego. (2010). *La Ciencia Argentina. Un proyecto Inconcluso*. Buenos Aires: Edhasa.
- La minería del uranio avanza sobre la Quebrada Alipán*. (s/f). Recuperado el 28 de agosto de 2023, de <https://antinuclearmara.blogspot.com/2022/01/la-mineria-del-uranio-avanza-sobre-la.html>
- Las 9 claves para la transición energética en Argentina* (2023). Argentina. gov.ar. <https://www.argentina.gob.ar/cnea/destacados/transicion-energetica-y-tecnologia-nuclear/las-9-claves-para-la-transicion>
- López Cantón, Facundo (2022). *Minería de uranio en la República Argentina: Remediación de sitios, aspectos ambientales, regulatorios y nuevos enfoques ante la puesta en marcha de proyectos* [Tesis presentada para optar al título de Magíster en Ciencias Ambientales de la Universidad de Buenos Aires]. Universidad de Buenos Aires.
- Martin, Brian (2007). Opposing nuclear power: Past and present. *Social Alternatives*, 26(2), 43–47.
- Martin, Brian (2014). *The controversy manual*. Irene Publishing.
- McAdam, Doug., & Schaffer Boudet, Hilary. (2012). *Putting Social Movements in their Place. Explaining Opposition to Energy Projects in the United States, 2000–2005*. Cambridge University Press.
- McAdam, Doug, Tarrow, Sidney., & Tilly, Charles (2009). Comparative perspectives on Contentious Politics. En M. Lichbach & A. Zuckerman (Eds.), *Comparative Politics. Rationality, Culture, Structure* (Second, pp. 160–190). Cambridge University Press.
- Merlinsky, G. (2022). *Toda ecología es política. Las luchas por el derecho al ambiente en busca de alternativas de mundos*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Nelkin, Dorothy (1984). *Controversy: Politics of Technical Decisions*. New York: Sage.
- Nelkin, Dorothy (1995). Science Controversies: The Dynamics of Public Disputes in the United States. En *The Handbook of Science and Technology Studies*. New York: Sage.
- Nuclear bids to become leading renewable energy source. UN News (2024). <https://news.un.org/en/audio/2024/06/1150801>
- Observatorio Latinoamericano de Energía (OLADE) (2023). Panorama Energético de Latinoamérica y el Caribe. OLADE. <https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/12/PANORAMA-2023.pdf>

- Ottinger, Gwen, Barandiarán, Javiera, & Kimura, Aya. (2017). Environmental Justice: Knowledge, Technology, and Expertise. En *The handbook of science and technology studies* (Four, pp. 1029–1058). Cambridge: The MIT Press.
- Página/12: *Sociedad: Vecinos por el ambiente*. (s/f). Recuperado el 4 de abril de 2024, de <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-244543-2014-04-21.html>
- Píaz, Agustín (2020). Participación ciudadana y resistencias al proceso productivo de la nucleoelectricidad en Argentina. En *Naturaleza y conocimientos en tensión. Aportes al debate ambiental desde las ciencias sociales* (pp. 329–356). Buenos Aires: Teseo Press.
- Píaz, Agustín (2022). Uranio, tecnología nuclear y conflictos ambientales en la Argentina. El caso de la provincia de Córdoba. En *Los conflictos ambientales en América Latina III* (Primera, pp. 217–236). Buenos Aires y Ciudad de México: UNGS-CIGA.
- Pleyers, Geoffrey (2018). *Movimientos sociales en el siglo XXI: Perspectivas y herramientas analíticas* (Primera edición). Buenos Aires: CLACSO.
- PRIS - Reactor status reports—Under Construction—By Country. (s/f). <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx>
- Reverberi, Oscar (2003). Organismos Nacionales de Minería. Cronología de su Organización y Evolución. En *Historia de la Minería Argentina* (Vol. 1). Buenos Aires: Servicio Geológico Minero Argentino.
- Rodríguez, M. (2020). Estado, industria y desarrollo Atucha II y la senda del Programa Nuclear Argentino (1979-2014). Buenos Aires: Prohistoria Ediciones.
- Rootes, C. (2016). Foreword. En *The Fukushima Effect. A New Geopolitical Terrain* (pp. xv–xix). Cambridge: Routledge.
- Rucht, D. (1995). The impact of anti-nuclear power movements in international comparison. En M. Bauer (Ed.), *Resistance to New Technology. Nuclear power, information technology and biotechnology* (pp. 277–292). Cambridge University Press.
- Schwandt, Thomas., & Gates, Emily (2018). Case Study Methodology. En *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (Fifth Edition, pp. 600–630). Sage Publications.
- Sentencia de Cámara Federal de Apelaciones de Córdoba (2017). Cámara Federal de Córdoba. Expediente FCB 021582-2013-CA001*. (s/f) <https://ar.vlex.com/vid/comision-nacional-energia-atmica-698386649>
- Slovic, Paul (2000). Perception of Risk from radiation. En *The Perception of Risk* (pp. 264–274). London: Earthscan.

- Snow, David A., Soule, Sarha, Kriesi, Hanspetter., & McCammon, Holly (Eds.). (2019). *The Wiley Blackwell Companion to Social Movements*. Wiley Blackwell.
- Snow, David y Trom, Danny (2002). The Case Study and the Study of Social Movements. En Klandermans, B. y Staggenborg, S. (Eds.), *Methods of Social Movement Research* (pp. 146-172). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sola Álvarez, M. (2013). La disputa por la licencia social de los proyectos mineros en La Rioja, Argentina. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 14, 27–47.
- Svampa, Maristella, & Antonelli, Mirtha (2009). *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales*. Buenos Aires: Biblos.
- Svampa, Maristella, & Bertinat, Pablo (2022). *La transición energética en la Argentina*. Siglo XXI.
- Svampa, Maristella, Bottaro, Lorena, & Sola Álvarez, Mariana. (2009). La problemática de la minería a cielo abierto: Modelo de desarrollo, territorio y discursos dominantes. En *Minería Transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales* (pp. 29–50). Biblos.
- Svampa, Maristella, & Viale, Enrique (2020). *El colapso ecológico ya llegó. Una brújula para salir del (mal)desarrollo*. Siglo XXI.
- Vara, Ana. (2007). "Sí a la vida, no a las papeleras". En torno a una controversia ambiental inédita en América Latina. *REDES*, 12(25), 15–49.
- Wagner, Lucrecia, & Walter, Marina (2020). Cartografía de la conflictividad minera en Argentina (2003-2018). Un análisis desde el Atlas de Justicia Ambiental. En *Cartografías del conflicto ambiental en Argentina 3* (pp. 247–278). CICCUS.
- Walter, Marina, & Wagner, Lucrecia. (2021). Mining struggles in Argentina. The keys of a successful story of mobilisation. *The Extractive Industries and Society*, 8(4), 100940. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100940>
- Weart, Spencer (2012). *Rise of Nuclear Fear*. Cambridge: Harvard University Press.
- World Energy Outlook 2022 – Analysis. (2022). Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

ENTREVISTAS CITADAS

- Entrevistado A, funcionario jerárquico del área de geología de la CNEA, entrevista personal realizada en octubre de 2023
- Entrevistado B, funcionario jerárquico del área División de Proyectos de la CNEA, entrevista personal realizada en abril de 2023

- Entrevistado C, funcionario de la Autoridad Regulatoria Nuclear, inspector de instalaciones de minería de uranio, entrevista personal realizada en febrero de 2024
- Entrevistado D, funcionario jerárquico de la CNEA, entrevista personal realizada en septiembre de 2023
- Entrevistado E, Ambientalista y Activista Antinuclear, Integrante de Movimiento Antinuclear de la República Argentina
- Entrevistado F, funcionario público de la provincia de La Rioja, ex Concejal Municipal.
- Observación Participante en la Presentación del Movimiento Antinuclear de la República Argentina (2018).

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31967>

DISEÑO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL ABIERTA A TRAVÉS DE LA MODALIDAD DE PRODUCCIÓN ENTRE PARES HÍBRIDA: FUNCIONES Y LÍMITES PARA EL DESARROLLO ENDÓGENO. EL CASO DE LA COMPUTADORA INDUSTRIAL ABIERTA ARGENTINA (CIAA)¹

Open industrial technology design through the hybrid peer production modality: functions and limits for endogenous development. The case of the Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA)

Antonela ISOGLIO

Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad (CIECS), Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0773-3499>

Recibido: 23/02/2024

Revisado: 22/07/2024

Aceptado: 29/07/2024

1. Los hallazgos presentados en este artículo derivan de la investigación realizada durante mi tesis doctoral en la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Agradezco profundamente a la Dra. Fernanda Beigel por su dirección y al cuerpo docente del Doctorado en Ciencia y Tecnología por la formación académica. Extiendo mi gratitud al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina por el apoyo a través de una Beca Interna Doctoral, bajo la supervisión del Dr. Adrián Carbonetti en el Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad (CIECS). Agradezco especialmente a las personas entrevistadas por su generosa contribución, así como a mis colegas Prof. Mg. Jorge Andrés Echeverry-Mejía y Prof. Ing. Roberto Giordano Lerena, por sus aportes de fuentes, herramientas y fructíferas discusiones.

RESUMEN: Desde el inicio de la década de 1990, un conjunto de procesos productivos desarrollados en plataformas digitales reveló el surgimiento y la expansión de una modalidad organizativa: la producción entre pares. Esta presenta al menos cuatro tipos ideales. Entre aquellos que reúnen la característica de baja centralización en el control de la plataforma de colaboración por parte de una institución, se encuentra la producción entre pares híbrida, que se distingue por la participación de actores con y sin fines de lucro. El objetivo de este trabajo es describir la puesta en práctica de dicha forma organizativa en el diseño de artefactos digitales destinados a servir como medios de producción industrial, y analizar sus funciones y límites para el desarrollo endógeno. Desde la perspectiva del materialismo cognitivo y en diálogo con el pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y desarrollo, el problema se aborda a partir del caso del proceso productivo informacional de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA), que comenzó en 2013 en Argentina. La discusión de los resultados muestra una tensión emergente entre posiciones que implican respuestas diferentes al para qué y para quiénes se diseña tecnología industrial abierta bajo esta modalidad organizativa en países en desarrollo.

Palabras clave: comunidad de pares, participación empresarial, bienes informacionales, artefactos digitales, medios de producción industrial, propiedad intelectual, código abierto.

ABSTRACT: Since the early 1990s, a set of production processes developed on digital platforms revealed the emergence and expansion of an organisational modality: peer production. There are at least four ideal types of peer production. Among those that meet the characteristic of low centralisation in the control of the collaborative platform by an institution is hybrid peer production, which is distinguished by the participation of for-profit and non-profit actors. The aim of this paper is to describe the implementation of such an organisational form in the design of digital artefacts intended to serve as means of industrial production, and to analyse its functions and limits for endogenous development. From the perspective of cognitive materialism and in dialogue with Latin American thinking on science, technology and development, the problem is approached from the case of the informational production process of the Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA), which began in 2013 in Argentina. The discussion of the results shows an emerging tension between positions that imply different answers to why and for whom open industrial technology is designed under this organisational modality in developing countries.

Keywords: peer community, business participation, informational goods, digital artifacts, means of industrial production, intellectual property, open source.

1. INTRODUCCIÓN

A comienzos de la década de 1990 nació una modalidad organizativa de procesos productivos desplegados a través de plataformas digitales en internet. Aunque su origen reside en el desarrollo de *software*, esta se expandió a diversas actividades productivas, tales como la elaboración de enciclopedias en línea, la cartografía y la recolección de datos para investigaciones científicas (Benkler, 2016; Berdou, 2017; Franzoni y Sauermann, 2014). Se trata de la *producción entre pares*, también denominada *producción colaborativa*, la cual aprovecha las propiedades económicas de la información digital y de la cooperación a través de internet para el desarrollo de bienes informacionales (Benkler y Nissenbaum, 2006; Zukerfeld, 2005).

En términos históricos, la producción entre pares sucede a una variedad de formas organizativas propias de las etapas mercantil e industrial del capitalismo, a las que hacen referencia las nociones de *manufactura*, *maquinismo*, *fordismo* y *taylorismo*, entre otras (Coriat, 2000; Marx, 2010). En la presente etapa del capitalismo, caracterizada como *informacional* o *digital* (Castells, 1996; Zukerfeld, 2017), la producción entre pares fue reconocida como una de las modalidades organizativas típicas (Zukerfeld, 2013). En este sentido, comparte podio con la *empresa-red*, con la cual presenta algunos rasgos en común, tales como la organización en forma de red, la circulación de flujos de información y el carácter contingente de cada configuración particular (Zukerfeld, 2020). Mientras que la empresa-red ha sido una forma organizativa profundamente estudiada (Castells, 1996; Zukerfeld, 2013), la literatura académica dedicada a explorar la producción entre pares es más reciente (Benkler et al., 2015; O'Neil et al., 2021).

Los trabajos que indagan acerca de la participación de las empresas en los procesos de producción colaborativa tratan acerca de los factores que incentivan a las firmas a involucrarse en el proceso productivo (Arroyo et al., 2004; Li et al., 2017), el grado de compromiso o de interacción que estas establecen con las comunidades productivas de acuerdo con el modelo de innovación adoptado (Henttonen et al., 2012) o los beneficios esperados (Tech et al., 2016; Veikko Kauttu, 2018), y las alternativas que la producción entre pares ofrece al modelo de negocio en términos de creación y captura de valor (Hanekop, 2016; Morgan y Finnegan, 2014). Los autores que adoptan perspectivas críticas atienden, en cambio, a los intercambios asimétricos entre productores y usuarios cognitivos que tienen lugar a partir del aprovechamiento mercantil de los resultados de la producción entre pares (Dolcemáscolo y Yansen, 2017; Lund y Zukerfeld,

2020). Más escasos son los estudios sobre procesos de producción entre pares con participación empresarial dedicados a analizar su potencial para ofrecer beneficios a todas las partes involucradas, centrándose en la comunidad productiva (Moritz et al., 2016; Thomas y Samuel, 2017).

En los países en desarrollo, donde la estructura productiva depende en diversos grados de la importación de derechos de propiedad intelectual para llevar a cabo procesos productivos de bienes y servicios, resulta de importancia indagar acerca de las capacidades de este tipo de iniciativas de contribuir a procesos de desarrollo endógeno. Esto implica superar el enfoque exclusivo en la firma, tanto de las visiones centradas en la dirección de las compañías como aquellas críticas respecto de la participación empresarial en el proceso de producción entre pares. También supone ir más allá del análisis de los beneficios obtenidos sólo por las partes involucradas, trascendiendo los intereses particulares de los actores sociales participantes del proceso productivo.

Este artículo tiene por objetivo describir la puesta en práctica de la producción entre pares híbrida en el diseño de artefactos digitales destinados a servir como medios de producción industrial, y analizar sus funciones y límites para el desarrollo endógeno, a partir del caso del proceso productivo informacional de la Computadora Industrial Abierta Argentina. Sin pretensiones de generalización, la discusión de los hallazgos y las conclusiones se dirigen a ampliar la comprensión de la complejidad del fenómeno en contextos situados, así como a detectar tensiones emergentes.

El andamiaje teórico-metodológico de la investigación se conforma a partir de dos tradiciones: el materialismo cognitivo y el pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y desarrollo (PLACTED). Por un lado, el materialismo cognitivo constituye un marco teórico y metodológico que ofrece una conceptualización sistemática e interdisciplinaria respecto de cómo funciona el conocimiento en los procesos productivos (Zukerfeld, 2017). Esta perspectiva teórica caracteriza a la producción entre pares en cuanto forma de conocimiento organizacional, que se asienta en la intersubjetividad. Para posibilitar su estudio empírico, propone una definición operacional de la *producción informacional entre pares y abierta* (Zukerfeld, 2010, 2013), la cual se adopta en este estudio empírico.

En el contexto de expansión de esta forma organizativa a un amplio conjunto de actividades productivas, una variedad de tipologías fue formulada desde diversas corrientes teóricas para el estudio de la producción entre pares (Dulong de Rosnay y Musiani, 2016; Srnicek, 2018; Van Dijck, 2016). Este trabajo recupera la clasificación propuesta por el materialismo cognitivo, que distingue cuatro tipos ideales a partir de la

combinación de dos tipos de variables: la participación de actores sociales con fines de lucro y el grado en el que una institución controla el acceso a la plataforma de colaboración (Zukerfeld, 2010, 2013).

Partiendo de dicha tipología, esta investigación propone abordar la *producción entre pares mixta o híbrida*, que se caracteriza por contar con la participación de actores sociales con y sin fines de lucro y presentar un bajo grado de centralización del control de la/s plataforma/s de colaboración por parte de una institución. Este proceso productivo informacional es examinado en sus diferentes dimensiones: las formas de participación; los actores sociales involucrados y sus motivaciones; las plataformas de colaboración utilizadas; la gobernanza del proceso productivo; los insumos requeridos; las características específicas que asumen los desarrollos de *hardware*, *firmware* y *software*; los productos y las regulaciones de acceso a los conocimientos no excluyentes que les fueron otorgadas.

Del materialismo cognitivo también se toma un conjunto de funciones de la reproducción impaga de conocimientos en procesos de desarrollo endógeno, que fue postulado recientemente (Liaudat et al., 2020). Es de interés de esta investigación analizar, a partir del caso de estudio, si la libertad de circulación con mínimas restricciones de los conocimientos producidos entre pares en el diseño de artefactos digitales verifica, contrasta o discute las funciones postuladas, a fin de ofrecer evidencia empírica en el ámbito de la producción de tecnología industrial abierta.

Por otro lado, este trabajo recupera aportes del pensamiento latinoamericano originado entre las décadas del sesenta y ochenta en torno a los aspectos políticos de la ciencia y la tecnología (Kreimer y Thomas, 2004; Rodríguez Ramírez, 2022). En particular, aquí se retoma la reflexión sistemática acerca del devenir histórico de los modos de producción de tecnología (Sábato y Mackenzie, 1982), con el interés de su actualización en relación con los procesos productivos informacionales, los cuales están en el centro de dinámica de la presente etapa del capitalismo (Zukerfeld, 2013). Partiendo de la distinción marxiana entre diferentes etapas en la producción de mercancías —*producción artesanal, manufactura, producción en fábrica*—, Sábato y Mackenzie (1982) afirmaron que el modo de producción de la tecnología ha sufrido transformaciones análogas. Esta investigación propone renovar aquella reflexión, analizando a partir del caso si la producción entre pares se manifiesta como un modo de producción de tecnología peculiar de la presente etapa del capitalismo.

La estructura del artículo se compone de cuatro secciones. A continuación, se detalla el diseño metodológico de la investigación. Le siguen la presentación de los hallazgos del estudio empírico, su discusión y conclusiones.

2. METODOLOGÍA

La investigación empírica adoptó una metodología cualitativa y aplicó el estudio de caso, en particular el diseño de caso único integrado. El caso seleccionado fue el proceso productivo informacional de la Computadora Industrial Abierta Argentina, originado por el Proyecto CIAA en la República Argentina en el año 2013.

La recolección y el análisis de los datos empíricos fueron desarrollados conjuntamente en un proceso iterativo. Se combinaron múltiples fuentes de evidencia, recopiladas por fases o etapas. La primera fase consistió en la inmersión inicial en el campo. En ella se recurrió a la observación de sitios web y el análisis documental como aproximación general al desarrollo experimental de la CIAA. Esta etapa supuso la recolección y revisión de una variedad de fuentes de evidencia: el sitio web del Proyecto CIAA, que incluye el sitio *wiki*, grupos de discusión en línea, documentos de trabajo del Proyecto CIAA, documentación técnica sobre el medio de producción, artículos periodísticos sobre el Proyecto CIAA, y trabajos de investigación y de divulgación elaborados por participantes del Proyecto CIAA (Cadierno et al., 2015; Lutenberg, 2020; Valinoti et al., 2019) y por investigadoras sociales (Guido, 2016; Guido y Versino, 2016).

La segunda etapa consistió en la realización de entrevistas semiestructuradas a 17 sujetos participantes del proceso productivo de la CIAA. Estas fueron llevadas a cabo entre los meses de octubre y diciembre del año 2022, a través de videoentrevista sincrónica (15), comunicación telefónica sincrónica (1), y comunicación interpersonal (1). La muestra de entrevistados se definió a partir de la construcción de siete perfiles, a partir de los cuales se contactó a personas y organizaciones determinadas, de acuerdo con las fuentes de evidencia recolectadas en la primera fase. La delimitación de la muestra de entrevistados se produjo *in itinere*, bajo criterio de saturación de información. Cuando fue necesario, se realizaron entrevistas de ampliación o seguimiento vía comunicación telefónica asincrónica (2), para aclarar dudas que surgieron al momento de la transcripción a texto y el análisis de los datos.

La tercera fase se dirigió a completar la documentación sobre el caso de estudio a partir de los indicios obtenidos de las entrevistas realizadas. En este sentido, se realizaron observaciones a las plataformas de colaboración en las cuales tuvo lugar el desarrollo experimental de la CIAA, complementando así las fuentes de evidencia recolectadas en la primera etapa. Los datos textuales obtenidos de las tres etapas fueron organizados y analizados temáticamente mediante la técnica de análisis de plantillas.

3. HALLAZGOS

Las raíces del proyecto que diera origen a la Computadora Industrial Abierta Argentina se extienden a un proceso de vinculación entre academia e industria gestado en el Simposio Argentino de Sistemas Embebidos (SASE), un evento de periodicidad anual realizado en la Argentina desde marzo de 2010 (SASE, 2023). En el curso de estas interacciones también se produjeron intercambios con el gobierno nacional. El contexto estaba dado por el diseño del Plan Estratégico Industrial 2020, a propósito del cual se desarrollaron once foros sectoriales entre los meses de marzo y agosto de 2011 (Ministerio de Industria de la Nación, 2011).

Las vinculaciones entre academia, industria y gobierno en materia de tecnologías de *sistemas embebidos* cobraron impulso en una serie de reuniones convocadas por el Ministerio de Industria en julio de 2013 (ACSE y CADIEEL, 2013)². En ellas participaron el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas (CADIEEL), la Cámara de Empresas del Software y Sistemas Informáticos y otras cámaras relacionadas, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), y la Asociación Civil para la Investigación, Promoción y Desarrollo de los Sistemas Embebidos (ACSE).

En el contexto de estos diálogos en ciernes, los ministerios de Educación, de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y de Industria de la Nación plantearon una situación problemática: el proceso de sustitución de importaciones que impulsaba el gobierno nacional requería de conocimientos en la estructura productiva que no eran portados por las

2. Según precisa el Programa del SASE 2010 (2023):

Sistema embebido es el nombre genérico que reciben los equipos electrónicos que incluyen un procesamiento de datos, pero que, a diferencia de una computadora personal, están diseñados para satisfacer una función específica, como en el caso de un reloj digital, un reproductor de MP3, un teléfono celular, un router, el sistema de control de un automóvil (ECU), de un satélite o de una planta nuclear. Es un sistema electrónico que está contenido ("embebido") dentro de un equipo completo que incluye, por ejemplo, partes mecánicas y electromecánicas. [...] El diseño de sistemas embebidos es un motor clave de la industria y del desarrollo tecnológico, y es un campo que en los últimos años ha crecido notablemente en la Argentina. (p. 2)

unidades productivas³. Este planteamiento fue el fundamento de la formulación del Proyecto CIAA, pese a no constituir una demanda precisa, tal y como explica su primer coordinador general:

[...] empezó a surgir una inquietud de parte de distintos ministerios del gobierno nacional de aquel momento, [...] ellos se encontraron con una realidad que era que había empresas de muchos lugares que les decían: “Vos querés que lo fabrique en este país, yo no tengo problema, invierto y lo fabrico, pero ¿con qué personal? No tengo gente que maneje esto, donde estoy no manejan esa tecnología, entonces, ¿cómo hacemos?”. Y ahí lo que surgió fue... de los ministerios, era Educación, Ciencia y Tecnología, e Industria estaba en ese momento, se dieron cuenta y nos dijeron: “Fíjense si se les ocurre cómo resolverlo”. Le ofrecieron a la Industria, representada en CADIEEL en particular, y a la academia, representada en nosotros, que habíamos conformado una asociación civil. (A. Lutenberg, comunicación personal, 18 de octubre de 2022)

La reunión que puso la piedra angular del Proyecto CIAA se realizó el 15 de agosto de 2013 en el contexto del SASE (ACSE y CADIEEL, 2013). Allí se realizó un diagnóstico acerca del impacto de diversos factores sobre el desarrollo de la industria electrónica nacional. Esto llevó a que algunas empresas presentes en la reunión propusieran desarrollar un controlador lógico programable o PLC (por su sigla en inglés, *Programmable Logic Controller*), o algún producto similar, a fin de sustituir importaciones, generar valor agregado y fomentar la demanda de electrónica producida en el país.

No obstante, proyectar un PLC de origen nacional “en los términos habituales en que se aborda el desarrollo de un nuevo producto por parte de una empresa privada” implicaría algunos problemas (ACSE y CADIEEL, 2013, p. 5). Por un lado, teniendo en cuenta que un PLC es una mercancía ampliamente adoptada en procesos industriales a escala global, su producción mercantil competiría en calidad y precio con productos diseñados por empresas líderes y manufacturados en el Sudeste Asiático, todo lo cual implica una barrera de ingreso. Por otro lado, incluso si se generara

3. Perrone y Santarcángelo (2018) describen que, una vez superado el período de aguda crisis económica que acompañó el colapso del régimen de Convertibilidad vigente en la Argentina durante la década del noventa, desde el año 2003 el rumbo de la política económica estuvo orientado, con mayor o menor intensidad, a la protección y el fomento del mercado interno, con énfasis en la expansión de los sectores manufactureros. A medida que el sector industrial comenzaba a ocupar un lugar central en la dinámica de crecimiento registrada, las políticas dirigidas a incentivar la sustitución de importaciones comenzaron a adquirir mayor profundidad.

un producto bajo la forma organizativa de empresa-red, los beneficios generados serían para las pocas empresas involucradas, sin propiciar el crecimiento completo del sector electrónico en la Argentina.

Por consiguiente, los académicos de la ACSE propusieron adoptar una forma organizativa que permitiera la cooperación colectiva en el desarrollo de un medio de producción con usos y aplicaciones similares a un PLC, y cuya información de diseño estuviera accesible de forma abierta. Así, el resultado del desarrollo podría ser adoptado en las pequeñas y medianas empresas (pymes) nacionales para automatización de procesos productivos industriales o incorporación a la maquinaria preexistente en distintas ramas de producción⁴. Además de las pymes nacionales, los otros usuarios previstos de la CIAA fueron las instituciones científicas y educativas del país, en particular: universidades, institutos terciarios y escuelas secundarias técnicas o de formación profesional, dado que se proyectó que la disponibilidad abierta del diseño del medio de producción contribuiría al desarrollo de clases prácticas y actividades de investigación (ACSE y CADIEEL, 2013).

El 28 de agosto de 2013 se produjo la primera versión de la *Propuesta para el desarrollo de una Computadora Industrial Abierta Argentina*, cuya versión final data del 7 de noviembre de 2013 (ACSE y CADIEEL, 2013). Con ella nació el Proyecto CIAA como iniciativa pública no estatal dirigida a desarrollar un sistema embebido diseñado de modo que pueda ser fabricado libremente en el país. Tal y como explica uno de los autores de la *Propuesta*...:

[...] creo que lo más importante de ese proyecto era la idea detrás de proveer a las pymes y a la industria electrónica de Argentina diseños de referencia. Los bloques constructivos de diseños para que las empresas puedan construir su propio *hardware*. Creo que venía por ahí. Lo más importante era agregarle valor a productos que podían crear esas empresas, pero que, de otra manera, hubieran tenido que invertir quizás en entrenar a su gente, o hubieran tenido que gastar dinero, que siempre es algo... que a veces es muy escaso, en prepararlos para poder hacer o tener ese *know how*, de cómo encarar el diseño de algo así. Y, de alguna manera, lo que hizo el grupo de la CIAA en esos años fue proveer esos diseños, para que sean abiertos y para que cualquiera los pueda usar. (P. Ridolfi, comunicación personal, 24 de octubre de 2022)

4. Con respecto a las pymes, cabe señalar que, al momento de concepción del Proyecto CIAA, "el sector implica al 99% de las empresas, representa el 60% del trabajo y el 45% de las ventas totales" de la producción argentina (Ministerio de Industria de la Nación, 2013, p. 21).

A través de este desarrollo experimental, se buscaba: fomentar el desarrollo tecnológico y económico de la industria electrónica nacional y de las cadenas de valor asociadas; contribuir a la sustitución de importaciones, mejorar la competitividad de distintas ramas industriales y aumentar su valor agregado; y facilitar la inserción laboral de jóvenes profesionales y articular las instituciones educativas con los sectores productivos (ACSE y CADIEEL, 2013). Para alcanzar estos fines, los actores involucrados optaron por una modalidad colaborativa, no remunerada y sin fines de lucro en el diseño colectivo del sistema embebido. Así la caracteriza el más reciente responsable del Área de Hardware, quien también fue integrante del equipo de Coordinación General del Proyecto CIAA:

No recuerdo haber tenido ese título. Lo que pasa es que todos hacíamos más o menos todo. Si bien de cara posiblemente al exterior sí haya que tener coordinadores, subcoordinadores, o referentes, en definitiva, todos hacíamos lo que mejor sabíamos hacer, y fue un caso interesante de proyecto colaborativo tipo Linux, por ejemplo, sin comparar la magnitud, pero sí con ese espíritu. (M. Ribelotta, comunicación personal, 10 de noviembre de 2022)

3.1. *Formas de participación*

En los tres meses que siguieron a la reunión fundacional del 15 de agosto de 2013, se realizó la difusión pública del Proyecto CIAA, el cual se encontraba en proceso de elaboración, y la incorporación de “empresas, instituciones y profesionales de reconocida trayectoria” a las etapas de elaboración, desarrollo y oferta inicial (ACSE y CADIEEL, 2013, p. 12). Los testimonios recolectados ponen de manifiesto que la invitación efectuada por parte de los fundadores del Proyecto CIAA fue incluso más amplia, dado que desarrolladores de *software*, *firmware* y *hardware* no titulados e interesados en general también recibieron el convite a la producción colaborativa.

Para la etapa de desarrollo, la *Propuesta...* establece cuatro modalidades de incorporación al Proyecto CIAA (ACSE y CADIEEL, 2013). Al respecto, se hallaron evidencias empíricas que ponen de manifiesto la concreción de tres formas de participación. En primer lugar, el *Aporte de horas hombre para el desarrollo de la CIAA*, que consiste en la contribución de recursos humanos para el desarrollo de tareas operativas. En segundo lugar, el *Aporte de insumos o procesos* hace referencia a la contribución de insumos o procesos necesarios para el desarrollo experimental de la CIAA y la fabricación de prototipos. Por ejemplo, proveer los componentes

electrónicos, fabricar las placas de circuito impreso, ensayar los prototipos, entre otros. En tercer lugar, el *Aporte económico directo* consiste en la contribución de dinero para cubrir costos asociados al desarrollo experimental —por ejemplo, el alojamiento (*hosting*) del sitio web de la comunidad productiva— o la difusión del Proyecto CIAA.

3.2. Actores sociales y motivaciones

El desarrollo experimental fue llevado a cabo por una comunidad productiva autónoma. El proceso productivo presenta la característica de ser nacional, pero esta cualidad no se encuentra asociada directamente con el Estado. El rasgo surge de su naturaleza en cuanto iniciativa pública no estatal, originada por la cooperación mutua entre las sociedades civiles ACSE y CADIEEL, así como de la participación mayoritaria en el proceso productivo de habitantes del territorio argentino. Otras entidades sin fines de lucro que se involucraron en el Proyecto CIAA fueron al menos doce universidades públicas nacionales, que fueron convocadas a través de la Red Universitaria de Sistemas Embebidos (RUSE), y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) (CIAA, 2015a, 2015c).

El desarrollo experimental de la CIAA asume la forma de producción entre pares *híbrida*, puesto que contó con la participación de alrededor de veinte pymes argentinas (CIAA, 2015e). Según Cadierno et al. (2015), las empresas que se involucraron en la iniciativa “se destacan por estar fuertemente ligadas al desarrollo de tecnología”, ya sea porque se dedican al desarrollo de sistemas embebidos o son proveedoras de bienes o servicios relacionados (p. 237). Estas entidades con fines de lucro se colocaron al mismo nivel que los demás colaboradores durante el proceso productivo. También integraron el Proyecto CIAA contribuyentes no asalariados, entre quienes se hallan profesionales, desarrolladores de *hardware*, *firmware* y *software* no titulados, y estudiantes de escuelas secundarias, institutos terciarios y universidades.

Las evidencias empíricas obtenidas acerca de las motivaciones de los colaboradores muestran que los tipos ideales de actores sociales se combinaron de manera considerable en dicha iniciativa. Así, mientras que algunos titulares de pymes expresaron motivaciones intrínsecas para contribuir con el Proyecto CIAA, contribuyentes voluntarios no asalariados manifestaron, en ocasiones, perseguir la búsqueda de recompensas indirectas por realizar las actividades productivas, tales como adquirir visibilidad como desarrolladores o aprender técnicas de programación que les permitieran ofrecer servicios en el mercado laboral.

3.3. Plataformas de colaboración

La producción entre pares de la CIAA tuvo lugar esencialmente a través de plataformas digitales en internet. Esto no solo se advierte en la producción de *software* y *firmware*, sino también en el diseño de *hardware*. Los participantes del Proyecto CIAA colaboraron a través de un sitio *wiki*, colecciones de repositorios y diversos grupos de discusión. Estos espacios digitales han permanecido accesibles de manera abierta para la incorporación libre, voluntaria y autónoma de sujetos que quieran intervenir en ellos. Ahora bien, la apertura dada por el Proyecto CIAA a sus espacios de colaboración no significa que la comunidad productiva sea la propietaria de las plataformas donde se encuentran alojadas las colecciones de repositorios ni los grupos de discusión. Solo el sitio web —que aloja el sitio *wiki*— presenta un dominio registrado por uno de los actores involucrados en el registrado por el Proyecto CIAA: la ACSE (OpenData-Cordoba, 2021). Su gestión y mantenimiento han sido gobernados por la comunidad de pares. El resto de las plataformas utilizadas se encuentra bajo control de empresas extranjeras, que no están involucradas en la iniciativa.

3.4. Gobernanza del proceso productivo

La *Propuesta...* establece un Comité Técnico y Ejecutivo que, en términos orgánicos, se constituye de una Coordinación General, integrada por un coordinador general, y seis Áreas de trabajo, cada una de las cuales se compone de un responsable y un subresponsable encargado de coordinar la realización de las tareas (ACSE y CADIEEL, 2013). El número de miembros de este Comité Técnico y Ejecutivo ha variado en el curso del Proyecto CIAA, puesto que en la Coordinación General se añadió el papel de catalizador y luego la función de co-coordinador general, y también se acrecentaron las Áreas de trabajo a partir de la generación de nuevos espacios —tales como Finanzas y Logística, Gabinete, Linux, Microelectrónica, entre otros— o la distribución de tareas en ámbitos de aplicación específicos —por ejemplo, Vinculación industrial y Vinculación educativa—. Además, a través del tiempo, diferentes miembros del Proyecto CIAA desempeñaron funciones en la Coordinación General y las Áreas de trabajo, tratándose de forma indistinta de fundadores de la iniciativa o integrantes que se incorporaron en el transcurso de la producción entre pares. Si bien la *Propuesta...* no establece un mecanismo de rotación o acceso para desempeñar funciones de coordinación (ACSE y CADIEEL,

2013), las entrevistas evidencian que se acordó, de manera informal, la postulación abierta de los interesados a ejercer cada rol y la votación de los demás participantes a través del grupo de discusión *Embebidos*³². Cabe aclarar que el ejercicio de los roles de coordinación fue producto del empuje dado al Proyecto CIAA y el esfuerzo dedicado al desarrollo de tareas, sin ser un aspecto determinante *a priori* para llevar adelante dicha actividad.

De manera similar a la forma de elección de miembros para ejercer roles de coordinación, el mecanismo de toma de decisiones sobre las cuestiones asociadas al desarrollo experimental de la CIAA exhibe la utilización de foros de discusión —*Embebidos*³² y grupos orientados a Áreas de trabajo o módulos determinados—, así como la naturaleza informal y espontánea de la deliberación.

3.5. *Insumos del proceso productivo*

En primer lugar, se hallan conocimientos portados por los sujetos individuales involucrados en el Proyecto CIAA. Se trata de las técnicas y otras formas de memorias implícitas y las memorias declarativas. Estos tipos de conocimientos de soporte subjetivo proceden de diversas fuentes, pero tres de ellas se ponen de manifiesto con claridad en las evidencias recolectadas. Primeramente, los conocimientos impresos por la educación pública en la subjetividad de los actores, con trayectorias formativas diversas. Seguidamente, se encuentran conocimientos de soporte subjetivo que proceden del ejercicio profesional o campo ocupacional, obtenidos dentro del tiempo de trabajo. Estos conocimientos son portados por los titulares de pymes o los trabajadores asalariados de las entidades con y sin fines de lucro participantes del Proyecto CIAA. Por último, se hallan conocimientos del campo de los sistemas embebidos que provienen de los contribuyentes no asalariados del Proyecto CIAA en su tiempo libre. Se trata de técnicas, memorias explícitas e implícitas de fuentes diversas, entre las cuales se encuentra, por ejemplo, la intervención en otros procesos de producción colaborativa.

En segundo lugar, otros insumos de la producción entre pares de la CIAA son tecnologías digitales y conocimientos codificados en forma de información digital. De un lado, se trata de kits de desarrollo utilizados como diseños de referencia y computadoras de propósito general, de propiedad física de los sujetos individuales o de las entidades con y sin fines de lucro integrantes del Proyecto CIAA. Del otro lado, se halla a un vasto cúmulo de información digital compuesto por las plataformas

de colaboración, lenguajes de programación, *software* y contenidos. Este conjunto heterogéneo incluye los bienes informacionales correspondientes a los “casos de éxito de plataformas similares” reseñados en la *Propuesta...* (ACSE y CADIEEL, 2013, p. 8), así como aplicaciones de videoconferencia utilizadas en reuniones virtuales, *e-books* y otros contenidos digitales recomendados por los participantes del Proyecto CIAA en los tutoriales del sitio *wiki*. Con respecto a los programas de computadora, se observa la preferencia del Proyecto CIAA por el uso de *software* libre y de código abierto.

En tercer lugar, se hallan conocimientos que reposan en los aspectos colectivos de la comunidad productiva. Se trata de un acervo compuesto por el reconocimiento y los conocimientos lingüísticos, normativos, organizacionales y axiológicos. En primer término, se observan formas de reconocimiento que preexistieron al Proyecto CIAA y que tuvieron lugar durante el transcurso del desarrollo experimental. Se trata de los vínculos construidos entre los participantes de los eventos de vinculación desarrollados desde inicios de la década de 2010 en torno a las tecnologías de los sistemas embebidos. El reconocimiento gestado en dichos espacios de interacción social sentó las bases para la articulación de los académicos con el CONFEDI y, por su intermedio, con el gobierno nacional; a la vez que interactuaban con los industriales.

En segundo término, se halla un conjunto vasto de conocimientos lingüísticos compartidos en la comunidad productiva, que incluye desde lenguajes formales, como los lenguajes de programación utilizados en el desarrollo de la CIAA, hasta lenguajes naturales propios del ámbito de la electrónica digital, del campo de los sistemas embebidos, y, en particular, algunos términos gestados dentro del proyecto, como el de *ponchos para la CIAA* —el cual hace referencia a las placas de expansión, que permiten extender la funcionalidad de las plaquetas electrónicas.

En tercer término, se observa un conjunto amplio de conocimientos normativos que forman parte del proceso de producción entre pares. Por ejemplo, se observa el establecimiento de pautas de participación a través de *Cartas de Compromiso* con la ACSE y CADIEEL, que las entidades rubricaban en el momento de su incorporación al Proyecto CIAA. Las *Cartas...*, obtenidas de un “acuerdo de buena voluntad entre las partes, sin que medien resguardos legales ni actuaciones notariales”, fueron tratadas como “información pública” (ACSE y CADIEEL, 2013, p. 21). También se hallan conocimientos normativos relativos a las regulaciones de acceso otorgadas a los resultados del desarrollo experimental, las cuales son desarrolladas en la subsección específica. Asimismo, se observa el registro de marca CIAA y del isologotipo del proyecto, realizados con el

fin de evitar que actores externos a la comunidad productiva los titulen e impidan su uso sin autorización.

En cuarto término, se hallan, por supuesto, conocimientos organizacionales. De ellos trata esta sección al describir la puesta en práctica de la producción entre pares híbrida en el desarrollo experimental del medio de producción. En este punto, cabe agregar que se observa la elección deliberada de esta forma organizativa frente a otras modalidades existentes, como la empresa-red.

En último término, se hallan creencias intersubjetivas y valores vinculados con los conocimientos organizacionales. Entre otros, se trata de aquellos asociados con compartir conocimientos codificados, formar comunidades de producción entre pares, y acceder libremente a la información digital y las tecnologías cristalizadas en los artefactos, a fin de comprender su funcionamiento y reutilizar el conocimiento tecnológico.

3.6. *Desarrollos de hardware, firmware y software*

Al momento de recolección de datos, el foro de uso general *Embebidors32* presenta 5.357 miembros en la plataforma Google Groups (CIAA, 2023i). No obstante, la puesta en práctica de la producción entre pares en este caso de estudio exhibe diferentes grados de intensidad en los desarrollos de *hardware*, *firmware* y *software* del medio de producción, siendo estos últimos los que, en términos cuantitativos, incorporaron más colaboradores en el proceso de diseño colectivo.

La cantidad de colaboradores que aportaron al desarrollo de *hardware* del medio de producción puede precisarse con las estadísticas que arrojan las plataformas digitales: 192 miembros en la lista *CIAA-Hardware* en Google Groups y 20 contribuyentes que realizaron *commits* en el repositorio *Hardware* de la colección del Proyecto CIAA en GitHub (CIAA, 2023b, 2023f). Al atender al desarrollo de *firmware* en las mismas plataformas, la cantidad de miembros en Google Groups se ha más que duplicado: son 392 los integrantes del grupo de discusión *CIAA-Firmware* (CIAA, 2023e). En cambio, el número de contribuyentes que realizaron *commits* en el repositorio *Firmware_v1* (23) es similar al de *Hardware* en GitHub (CIAA, 2023a).

Respecto del desarrollo de *software*, son 77 miembros en la lista *CIAA-IDE* y 77 en la lista *CIAA-Software-PLC* en la plataforma Google Groups (CIAA, 2023g, 2023h). Por su parte, la plataforma GitHub presenta 100 contribuyentes —que realizaron *commits*— en el repositorio *Linux* y 5 en el repositorio *Software-IDE* (CIAA, 2023c, 2023d), entre muchos otros

alojados en la colección del Proyecto CIAA que presentan menor cantidad de contribuyentes.

Desde el punto de vista organizacional, se destaca que, ante el retraso en la obtención del *software* del medio de producción, el despliegue de la producción colaborativa con mayor expresión aceleró el desarrollo de aplicaciones necesarias para la programación de las plaquetas electrónicas.

3.7. *Productos y regulaciones de acceso a los conocimientos*

Como resultado del proceso de desarrollo experimental, se obtuvo un diseño de computadora completo y robusto, que cumple con los requerimientos para soportar las condiciones propias de los ambientes industriales, como temperaturas extremas, picos de tensión, vibraciones, interferencias electromagnéticas, entre otras. Además, este diseño ha contado con el soporte o asistencia técnica brindado por parte de la comunidad productiva, a través del grupo de discusión *Embebidos*³².

El producto recibió el nombre de CIAA-NXP y se convirtió en el primer modelo del medio de producción en ser diseñado por esta comunidad productiva y ser probado y producido en serie⁵. Según declaraciones del primer coordinador general del Proyecto CIAA: “Es la primera vez que se hace una computadora abierta industrial en el mundo” (Leone, 2015, párr. 4). Dado que se trata de un sistema consistente de *hardware*, *firmware* y

5. En el transcurso del desarrollo experimental, la comunidad productiva aprobó iniciar el desarrollo de versiones alternativas respecto del microcontrolador, que permitieran optar entre chips de diferentes fabricantes, y versiones de bajo costo, que pudieran ser asequibles para fines de enseñanza y aprendizaje en diferentes niveles del sistema educativo. En este contexto de crecimiento de modelos del medio de producción, surgieron además propuestas de diseño de plaquetas electrónicas orientadas a usos industriales o educativos determinados. Se trata, por ejemplo, del desarrollo de artefactos digitales para aplicaciones de alto costo computacional o de seguridad crítica. Incluso proliferaron procesos de desarrollo de placas de expansión, cuya finalidad es extender la funcionalidad de algún modelo del medio de producción. Los resultados de los procesos de producción entre pares de los modelos del medio de producción se encuentran disponibles en una colección del Proyecto CIAA en la plataforma GitHub, que reúne treinta repositorios de desarrollo de *hardware*, *firmware*, *software* y contenidos (CIAA, 2022); así como están documentados en el *wiki* alojado en el sitio web de la iniciativa (CIAA, 2017). El conjunto de resultados fue regulado bajo la BSD 3-Clause License, a excepción de un pequeño número de productos de *firmware*, *software* y contenidos, los cuales se encuentran regulados mediante otras licencias libres o abiertas, tales como GNU General Public License v.2.0 o Creative Commons Attribution 4.0.

software, se tendrán en cuenta sus partes para señalar, en principio, los bienes informacionales obtenidos del proceso de producción entre pares, y, luego, las regulaciones de acceso a los conocimientos que les fueron otorgadas.

El diseño de *hardware* se compone de los diagramas esquemáticos correspondientes a la unidad central de procesamiento (CPU, por su sigla en inglés, *Central Processing Unit*), los periféricos y la unidad de alimentación; el diseño del PCB (por su sigla en inglés, *Printed Circuit Board*); el diseño opcional del gabinete; la lista informativa de materiales o BOM (por su sigla en inglés, *Bill of Materials*), entre otros bienes informacionales (CIAA, 2020). Por su parte, los productos resultantes del desarrollo de *firmware* son módulos de código de programas, que implementan funcionalidades específicas e interactúan con el *hardware* (CIAA, 2019). Por último, el *software* hace referencia al entorno de desarrollo integrado o IDE (por su sigla en inglés, *Integrated Development Environment*) para la programación de la CIAA. En este sentido, se halla el código fuente de los diferentes IDE desarrollados, el instalador *CIAA-IDE-Suite*, *scripts* para descarga y preparación de componentes del instalador, documentación, entre otros resultados de la producción entre pares (CIAA, 2015d).

Los productos generados colaborativamente se encuentran en la colección del Proyecto CIAA en la plataforma GitHub, además de estar documentados en el *wiki* del sitio web. En suma, los resultados del proceso de producción entre pares constituyen bienes informacionales, en particular *software* y contenidos en forma de información digital. El acceso a los conocimientos cristalizados en los bienes informacionales generados por el Proyecto CIAA se encuentra regulado por BSD 3-Clause License (CIAA, 2015b)⁶. En relación con el *copyleft*, se trata de una licencia de *software* permisiva, dado que prescinde de dicho término legal. De esta manera, la licencia escogida por la comunidad productiva para regular todos los productos generados en el contexto del Proyecto CIAA habilita el uso de los conocimientos objetivados en bienes informacionales de acceso excluyente. En este sentido, la *Propuesta...* contempla la “oferta de módulos cerrados”, diseñados y fabricados por empresas “que conservan la propiedad y el secreto industrial sobre sus desarrollos”, como complemento de la CIAA (ACSE y CADIEEL, 2013, p. 7).

6. BSD 3-Clause License, también denominada Modified BSD License o New BSD License, es el nombre informal que recibe una regulación variante de Berkeley Software Distribution (BSD) License (Wilson, 2005).

En definitiva, BSD 3-Clause License constituye una regulación de acceso cuyas restricciones mínimas comprenden la atribución de autoría y la renuncia de garantía. Así, los conocimientos objetivados en los bienes informacionales resultantes del proceso de producción entre pares son *libres* de circular y ser redistribuidos de manera ilimitada, con o sin modificaciones, y para cualquier propósito, inclusive su incorporación a bienes informacionales de acceso excluyente. Al mismo tiempo, son *doblemente libres* (Zuckerfeld, 2014) porque posibilitan que terceros puedan aprovecharlos mercantilmente sin tener que retribuir a la comunidad productiva que los produjo de forma colaborativa, no remunerada y sin fines de lucro.

3.8. Funciones para el desarrollo endógeno

Según la perspectiva de los entrevistados, el diseño de tecnología industrial abierta a través de la modalidad de producción entre pares híbrida cumple al menos siete funciones para el desarrollo endógeno, las cuales son sistematizadas en la Tabla 1. La primera columna contiene una síntesis de cada función, la segunda ofrece detalles para facilitar la interpretación de cada función y la tercera presenta fragmentos de comunicaciones personales a modo ilustrativo de las evidencias obtenidas.

Asimismo, los testimonios de los entrevistados evidencian que la reproducción impaga de los conocimientos informacionales generados entre pares en el contexto del Proyecto CIAA resulta provechosa para el desarrollo endógeno. La Tabla 2 plasma cuatro funciones desde el punto de vista de las empresas y cuatro desde la perspectiva del Estado, las cuales se acompañan de detalles específicos y fragmentos de comunicaciones personales ilustrativos.

En conjunto, las evidencias obtenidas del estudio de caso muestran que la producción entre pares híbrida y la reproducción impaga de los conocimientos informacionales obtenidos bajo dicha forma organizativa pueden contribuir de diversas maneras a procesos de desarrollo endógeno. No obstante, el caso analizado también permite advertir que, en el contexto de un país en desarrollo, la puesta en práctica de esta modalidad de organización en el diseño de artefactos digitales destinados a servir como medios de producción industrial requiere superar una serie de limitaciones para que sus alcances se tornen efectivos en contextos situados.

FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
<p>En procesos de desarrollo experimental de artefactos digitales, acelera y agiliza la optimización de los diseños.</p>	<p>Esta forma organizativa permite aglutinar contribuciones de diverso tipo y origen, las cuales proceden no solo de los desarrolladores, sino también de los fabricantes de las plaquetas electrónicas.</p>	<p>Cuando lo fuimos a fabricar, nos dimos cuenta de que donde estaba dispuesto el conector de la pila tenía conflicto con un capacitor, y que fabricarlo así no iba a funcionar. Entonces hablamos con la gente, corrimos el conector de la pila para que se fabrica de alguna manera que estuviera mejor alojado. Y ese fue, si se quiere, nuestro aporte dentro del Proyecto CIAA en la parte de diseño. Y, de esa manera, cada cual puede aportar. La ventaja que tenés es que mejoras el diseño, mucho y muy rápido. Cuando no estás limitado a un equipo de desarrollo, que puede ser de cinco, diez, veinte o cuarenta personas, pero son esos y nada más, y tenés mucha gente que capaz que se le ocurren ideas brillantes y las puede aportar, entonces prácticamente no tenés límite de cuál es tu equipo de desarrollo. (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)</p> <p>Una de las cosas que nos pidió el fabricante es que fueran todos los ledes del mismo color, [...] entonces, en vez de comprar cien ledes rojos, cien ledes amarillos, cien ledes verdes, cien ledes azules, compraban 500 ledes verdes, era mucho menos costo para ellos y también nos servía a nosotros que queríamos hacer una placa de menor costo. Eso estuvo bueno porque nos fueron dando distintos consejos para la fabricación. Eso ellos y muchos otros investigadores. Algunos, por ejemplo, nos recomendaron algunas normas de diseño, normas internacionales, de cómo diseñar el hardware para que sea lo más fácil de fabricar posible y lo más fácil de testear posible, que sea robusto. (R. A. Ghignone, comunicación personal, 15 de noviembre de 2022)</p>

Tabla 1. Funciones de la producción entre pares híbrida para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado. (continúa)

FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
<p>Facilita la resolución de problemas tecnológicos en los procesos de producción propiamente dicha de los artefactos digitales.</p>	<p>Los procesos de fabricación y control se favorecen de la asistencia técnica de los diseñadores, a través de las plataformas de colaboración. Además, la regulación de acceso otorgada a los productos diseñados entre pares habilita a los fabricantes y usuarios finales a solicitar asesoramiento de otros idóneos en el tema.</p>	<p>Cuando llegaron las placas, todo el testeo lo hice yo, acá [en Italia], pero tenía línea directa con los que habían estado ahí haciendo <i>layout</i> y esquemáticos, entonces era más fácil decirles: "Che, hay algo que no está andando, ¿cómo hacemos?". (B. Valinoti, comunicación personal, 6 de diciembre de 2022)</p> <p>Cuando el diseño es abierto, podés quedarte tranquilo de que vas a adquirir ese producto y no vas a estar, de alguna manera, comprometido con lo que el dueño del diseño quiera hacer con ese producto. Pasa muchas veces que compramos un producto, que es propietario y que el dueño del diseño del producto te dice un día: "A partir de mañana no doy más soporte sobre este producto". Y vos te quedaste sin el soporte y sin el diseño. Si tenés un problema, y vos mismo lo querés solucionar, no sabés cómo hacerlo porque no tenés el diseño. Entonces es otra de las ventajas que tenés cuando tenés un diseño abierto. (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)</p>
<p>Dota al conjunto de actores involucrados en el proceso productivo de un demostrador de capacidades tecnológicas.</p>	<p>Los resultados obtenidos de la producción entre pares híbrida demuestran las capacidades tecnológicas desarrolladas o disponibles en el campo de los sistemas embebidos, por las pymes, el INTI, las universidades públicas, las sociedades civiles, los trabajadores de estas entidades colectivas y los contribuyentes no asalariados participantes del Proyecto C/IAA.</p>	<p>Es un hito para nosotros, es un hito tecnológico y es un demostrador que nosotros hoy día tenemos, mostramos que desde INTI se pueden desarrollar ese tipo de cosas. Si bien tuvimos el aporte de ingeniería, el cual no se cobró, después eso te vuelve en publicidad o en demostradores. (D. Brengi, comunicación personal, 17 de noviembre de 2022)</p> <p>Muchas empresas colaboraron <i>ad honorem</i> porque era un proyecto interesante, porque podía posicionarnos muy bien tecnológicamente en el mundo y, básicamente, era una muestra de capacidades, no solamente para las universidades, sino también para las empresas. (M. Ribelotta, comunicación personal, 10 de noviembre de 2022)</p>

Tabla 1. Funciones de la producción entre pares híbrida para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado. (continúa)

FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
<p>Apoya la construcción colectiva de conocimientos en sectores tecnológicos estratégicos para el desarrollo nacional, o en áreas de frontera del conocimiento.</p>	<p>El proceso de producción entre pares híbrida puede dirigirse a impulsar la generación y uso de conocimientos en sectores tecnológicos estratégicos para el desarrollo nacional, o el progreso de la ciencia y tecnología internacional a través de investigaciones en ámbitos de frontera en el estado de la técnica.</p>	<p>La CIAA que tuvo bastante difusión fue la CIAA-ACC, que es una de las últimas que se hicieron. Esa CIAA-ACC lo que tiene es un nivel de complejidad muy alto, a nivel tecnológico está casi en el tope tecnológico, está ahí arriba en cuanto a tecnología. Tener eso como un demostrador de que desde INTI se pudo hacer ese desarrollo es muy importante. [...] Hasta en el CERN [Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire] están usando la CIAA-ACC. [...] Acá en Argentina también se ha usado para varios proyectos, porque es una placa que tiene muchas capacidades. (D. Brenji, comunicación personal, 17 de noviembre de 2022)</p>
<p>Favorece la integración de los actores participantes del proceso productivo a diversas comunidades internacionales de <i>hardware</i> y <i>software</i> libres y de código abierto.</p>	<p>Entre otras repercusiones, esto facilita el acceso a diferentes tipos de recursos otorgados por organismos científicos y tecnológicos extranjeros. Por ejemplo, estancias de formación de trabajadores de entidades estatales en el contexto de programas de cooperación internacional para el desarrollo o financiamiento para la producción nacional de tecnologías digitales, provenientes de instituciones que implementan políticas de ciencia y tecnología abiertas.</p>	<p>Cuando nosotros llegamos al primer curso, la primera vez que vinimos a ICTP [International Centre for Theoretical Physics] a tomar un curso como alumnos, nosotros ya teníamos un poco de conocimiento y eso nos dio, ¿cómo diría?, nos dejó bastante bien parados [...] a mí, el haber estado vinculado al proyecto de CIAA-ACC, me abrió este tipo de puertas, de seguir formándome... [...] ICTP dos veces por año hace escuelas para enseñar la tecnología de cómo se usan estos SoC [por su sigla en inglés, <i>System on a Chip</i>] con FPGA [por su sigla en inglés, <i>Field-Programmable Gate Array</i>] y además para impulsar herramientas abiertas que están también vinculadas al uso de estas tecnologías. Y, en particular, el haber trabajado con la CIAA me llevó a haber podido producir estas otras diez, seguir vinculado con gente de INFN [Istituto Nazionale di Fisica Nucleare], de CERN, seguir trazando lazos académicos con gente que trabaja en organismos internacionales. [...] CERN tiene una política abierta, de desarrollo de <i>open hardware</i>. Entonces, creo que fue en mayo de 2019, hubo otro curso, si mal no recuerdo fue ahí que volvimos a hablar con Stefano y él me dice: "Che, Bruno, necesitaría fabricar diez de esas tarjetas". [...] CERN tiene facilidades a la hora de adoptar tecnologías abiertas. O sea, si uno tiene que justificar la compra de diez de estas placas, que no son baratas, tal vez se encuentran algunas similares, de prestaciones similares, que por ahí son un poco más baratas, pero a la hora de decidir por una compañía o decidir por un diseño abierto y fabricarlo directamente con los diseños que te provee el mismo diseñador y grupo de trabajo, está la preferencia a ir por diseños abiertos. [...] hay una comunidad que prefiere diseños libres y abiertos frente a otros. (B. Valinoti, comunicación personal, 6 de diciembre de 2022)</p>

Tabla 1. Funciones de la producción entre pares híbrida para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado. (continúa)

FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
<p>Fortalece los vínculos interinstitucionales y la construcción de confianza entre los sujetos involucrados en la iniciativa.</p>	<p>Esto permite sentar bases para cooperar conjuntamente en el futuro en procesos productivos, los cuales pueden adoptar otras formas organizativas.</p>	<p>[...] el armado de la red, el conocimiento y la generación de confianza a través de esos trabajos ha generado infinidad de articulaciones. No podemos decir que fue el producto en sí, pero el haber trabajado en ese producto lo hizo. [...] La parte interesante, para mí, es lo de las redes, las vinculaciones y el haber hecho un trabajo colaborativo con la universidad, que no se había hecho nunca. [...] fue la primera actividad, que sigue hasta el día de hoy a través de otros formatos, de cursos, de programas, de asesoramientos, de participación en otros proyectos. [...] Esa es mi visión: el trabajo colaborativo, las redes, la vinculación o la articulación es difícil, pero tiene buenos resultados. (J. Viqueira, comunicación personal, 17 de noviembre de 2022)</p> <p>[...] el Proyecto CIAA, en su momento, tuvo un gran impulso. A veces se mide todo en cuestiones económicas o de impacto de a dónde llegó, o en qué productos terminó, pero a veces ese no necesariamente es el objetivo principal o la única retribución que uno saca de este tipo de proyectos. Ya te digo, a veces la experiencia o la capacitación de los grupos humanos que trabajaron en el proyecto, el interactuar entre varias empresas, instituciones individuales, coordinar y tener que trabajar en conjunto te deja una experiencia muy buena, que, después, por ahí, en un siguiente proyecto todo eso ya está formado. Capaz el siguiente proyecto no es un proyecto abierto, capaz que viene por otro lado, pero ya queda la red de contactos, ya queda la experiencia, ya quedan las capacitaciones y todas las cosas que se hicieron bajo este proyecto, y me parece que eso sí tiene un gran valor. (D. Brengi, comunicación personal, 17 de noviembre de 2022)</p> <p>Lo que principalmente nos quedó fue poder lograr una red de vinculación con distintas instituciones del país. Eso me parece lo más positivo, [...] realmente a nivel de vinculación fue muy bueno el proyecto. (I. J. Zaradnik, comunicación personal, 25 de noviembre de 2022)</p>

Tabla 1. Funciones de la producción entre pares híbrida para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado. (continúa)

FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
<p>Genera círculos virtuosos de formación y empleo en actividades productivas.</p>	<p>Mientras impulsa la formación de productores cognitivos y apoya la visibilidad de los desarrolladores existentes, ofrece a las unidades productivas un ámbito de reclutamiento de personal cualificado para llevar a cabo desarrollos de <i>software</i>, <i>firmware</i> o <i>hardware</i>.</p>	<p>A veces, lamentablemente ocurre en el área de la tecnología, que muchas personas terminan la secundaria o están terminando la secundaria, y dicen: "Estudio una carrera tecnológica", ingeniería electrónica, por ejemplo. Y dicen: "¿Qué voy a terminar haciendo? No sé si esto tendrá un futuro". Estas iniciativas ayudan a pavimentar la idea de que sí, de que hay un futuro, de que hay un ambiente, más bien, pujante, de que no se están lanzando al vacío con eso. Así que eso también me parece valioso. (F. S. Larosa, comunicación personal, 25 de noviembre de 2022)</p> <p>[...] hacer un círculo virtuoso, que eso es lo que pasó con este proyecto. O sea, no sólo un círculo virtuoso en el proyecto en sí, sino que [...] va generando nuevos círculos virtuosos. Ya sea en una empresa, que necesita, porque da este servicio... Conozco empresas que dan servicio acá en la Ciudad de Buenos Aires y hay varios chicos que fueron a trabajar ahí, porque ya conocían un poco el desarrollo. "¿Y sabés diseñar con tal aplicación?". "Sí, porque estuve en el SASE, y de ahí me enganché, y fui a <i>Embebidos32</i>". (J. Mourño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022)</p>

Tabla 1. Funciones de la producción entre pares híbrida para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado.
 Fuente: Elaboración propia

PERSPECTIVA	FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
	<p>Descenso de barreras de entrada a la realización de actividades productivas.</p>	<p>Las empresas se encuentran eximidas del pago de derechos de propiedad intelectual en el acceso y uso de los diseños de computadora generados por el Proyecto CIAA, lo cual les posibilita desarrollar habilidades y aprendizajes en la producción, fabricar sus propios medios de manufactura o incorporar tecnología nacional a la maquinaria disponible.</p>	<p>Cuando el diseño está abierto, como yo puedo ver cómo es que se fabrica, cómo es que se hace, yo puedo también fabricar mi propia placa. De esa manera, también se puede utilizar para aprender, porque mucha gente quizás lo que quiere no es utilizar la placa, sino aprender a fabricar. Una vez que el diseño funciona, y que yo lo puedo fabricar, puedo empezar a trabajar con eso. (M. Miodowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)</p> <p>[...] queda un cuerpo de conocimiento que está liberado para cualquiera que lo quiera tomar. O sea, si una empresa quiere ponerse a armar algo, usando de base la placa ya no arranca de cero, arranca de algo que está probado, arranca de un montón de documentación que está de soporte, incluso podría contratar a parte de la gente que estubo en el proyecto, si le interesara. Creo que cierra por todos lados, en ese sentido. (F. S. Larosa, comunicación personal, 25 de noviembre de 2022)</p>
<p>De las empresas</p> <p>Impulso a la construcción de capacidades cognitivas endógenas.</p>	<p>Por ejemplo, la traducción de conocimientos intersubjetivos de diversas entidades, tales como las universidades públicas nacionales, el INTI y las pymes, y de conocimientos subjetivos, tanto de los trabajadores de dichas entidades como de los contri-buyentes no asalariados del Proyecto CIAA, a soportes objetivos dio lugar a su circulación legal bajo mínimas restricciones. Esto permitió a las unidades productivas acceder y ejercer legalmente dichos conocimientos, dando lugar a la reproducción, transformación y acumulación cognitiva.</p>	<p>[...] yo creo que se hizo escuela. [...] yo creo que, justamente, las personas que salen formadas en eso no van a usar la CIAA, pero, como hay una cultura muy grande de desarrollo <i>in-house</i> en las empresas argentinas, van a replicar ese tipo de cosas en las empresas. Así que directamente yo no veo que se haya introducido la CIAA pero sí sus conceptos. Eso yo lo asumo como un éxito. [...] si bien [la CIAA] no entró en el área industrial, un montón de gente se formó con los conceptos de la programación de alto nivel, de sistemas embebidos de tiempo real duro, de manejo de procesadores grandes, complejos, que hay que tener un montón de conceptos claros para manejarlos, y eso yo creo que formó escuela y, posiblemente no veamos nunca una CIAA en el área industrial, pero sí veamos conceptos que se aplicaron en la CIAA, o en todo este camino de desarrollo, en muchos productos que se vayan haciendo acá adentro. [...] hubo un gran éxito, que no lo estamos viendo ahora, pero yo creo que, en diez años más, lo vamos a ver palpablemente en la industria argentina, que es que se hizo escuela. Y que los conceptos de la CIAA, no tal vez como CIAA, pero sí como conceptos ingenieriles, como conceptos de desarrollo, como cultura, van a perdurar muchísimos años en la Argentina. (M. Ribelotta, comunicación personal, 10 de noviembre de 2022)</p>	

Tabla 2. Funciones de la reproducción impaga de conocimientos informacionales para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado (*continúa*)

PERSPECTIVA	FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
	Facilita a las unidades productivas la posibilidad de aproximarse a desarrollos tecnológicos que se encuentran en el núcleo de la dinámica capitalista actual.	La reproducción impaga de los conocimientos generados entre pares puede brindar a las unidades productivas la posibilidad de <i>catching-up</i> .	[...] me resultaba sumamente atractivo el hecho de interactuar con otros profesionales de distintas áreas, como para intercambiar un poco de conocimiento, en áreas que, por ahí, yo no estaba involucrado, y aprender. Por supuesto, aportar lo mío. [...] era un <i>win-win</i> , porque, por un lado, ayudaba, y, por otro lado, también me capacitaba al obligarme a dedicarle tiempo a esto. [...] Un montón de experiencias enriquecedoras con cosas que no eran mi ámbito de trabajo, con lo cual, si no fuera por la CIAA, no las hubiese conocido. (J. A. Cecconi, comunicación personal, 11 de noviembre de 2022)
	Ofrece la ventaja de ser el primero en el mercado.	Esta función corresponde específicamente a los fabricantes que efectuarán la primera producción en serie en cada modelo del medio de producción.	[...] un SoC, o sea un procesador <i>on a chip</i> , no tenemos esa tecnología acá ni en muchos países del mundo. O sea, ahí estamos hablando de cinco o seis países, ¿no? Los contás con las dos manos, como mucho. Hoy cada vez son un poquito más, pero sí hay restricciones de licencias de tecnología. Ahí tiene que ver mucho lo que es la real transferencia de tecnología. Entonces nosotros estábamos un pasito más abajo de eso, pero ya era un montón. O sea, tampoco es que en ese pasito más abajo habla cien países, no. También son contados con los dedos de la mano. No eran muchos. [...] Entonces ahí, si hubiera habido un apoyo un poco más fuerte del Estado, se podría haber hecho más masivo esto [...]. (J. Mourriño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022)
			Y eso es una tendencia, te diría, mundial, hoy las empresas suelen hacer eso, [...] suelen estar abiertos los diseños para que cualquiera se los fabrique, porque muchas veces no hay tiempo, una empresa no tiene tiempo de fabricar, o no tiene los recursos, no tiene las máquinas, entonces es más rápido comprarle a la empresa que ya lo fabrica, que andarlo fabricando uno mismo. Así que te diría eso, estas empresas participaron diciendo: "Nosotros queremos hacer una CIAA con estas características, y nuestro aporte es dejar abierto el diseño para que, si alguien más la quiere fabricar, que la fabrique". Pero, ellos, de alguna manera, fueron los primeros, ahí obviamente la ventaja es llegar primero. "Mirá, te doy el diseño abierto, pero también acá lo tengo, no tenés que andar fabricándolo vos, sino que acá está el diseño ya preparado para usarse". (P. Ridolfi, comunicación personal, 24 de octubre de 2022)

Tabla 2. Funciones de la reproducción impaga de conocimientos informacionales para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado (*continúa*)

PERSPECTIVA	FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
	Fomenta la competencia.	Posibilita que las empresas rivalicen en un mercado ofreciendo diferentes productos, con base en los diseños de acceso abierto, a precios competitivos.	[...] cuando el diseño es abierto, le baja también el costo al producto. Porque, como lo puede fabricar cualquiera, no le podés poner un margen extraordinario. (M. Mirowski, comunicación personal, 24 de noviembre de 2022)
Del Estado	Favorece la eficiencia en la asignación de recursos estatales destinados a adquisición de artefactos digitales y reduce la demanda de divisas.	Por ejemplo, reduce la demanda de divisas en el ámbito científico y educativo, al permitir a las instituciones adquirir artefactos digitales disponibles en el mercado interno.	[...] muchos docentes de cátedra tuvieron la posibilidad de acceder de pronto a diez unidades de un kit educativo, a un costo muy acorde, poder repartirlos entre los estudiantes y que trabajen en el aula, que aprendan a usar. Porque, si no, la realidad es que, con el costo de las placas educativas en tecnología FPGA, no se podría haber adquirido más de una por curso. O un par si hay algún aporte de la universidad o de algún estudiante, que personalmente haya querido comprarse una placa. [...] También sé de algunos grupos de investigación donde como placa de primera instancia pudieron acceder y usarla, y la están usando en distintos proyectos [...] (R. A. Ghignone, comunicación personal, 15 de noviembre de 2022) A veces escucho que están con lo que es robótica, pero traen muchos kits de afuera. Y justamente esa fue la idea de la EDU-CIAA, o sea, ¿por qué comprar algo de afuera?, ya que tanto importan las importaciones, hagámoslo acá. O sea, traigamos los componentes. Los PCB se pueden hacer acá, el desarrollo se puede hacer acá (ya se hizo acá, la EDU-CIAA), y ensambliarlos también se puede hacer acá, y el software, hay software. [...] Que algunos [softwares] eran compatibles entre modelos. O sea, wow! Eso es increíble. Ni siquiera afuera... A veces vienen acá kits de robótica de afuera que tienen un solo software y tenés que estar encasillado como un caballo... ¿por qué? (J. Mouríño, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022)

Tabla 2. Funciones de la reproducción impaga de conocimientos informacionales para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado (continúa)

PERSPECTIVA	FUNCIÓN	DETALLES	FRAGMENTO DE COMUNICACIÓN PERSONAL
	<p>Promueve la formación de futuros productores de conocimientos.</p>	<p>Fomenta la diseminación legal de dichos saberes productivos en los diferentes niveles del sistema educativo, a la vez que abarata la oferta de artefactos digitales basados en aquellos. También convierte a las plataformas de colaboración en ámbitos de especialización, ensayo y error, y adquisición de técnicas, complementarias a los espacios educativos formales. Además, apoya la producción colaborativa y propagación de contenidos adicionales a los diseños de computadora, con fines de divulgación de tecnologías determinadas.</p>	<p>[...] yo creo que esa fue la fortaleza que tuvo esta placa [la EDU-CIAA-NXP], que rápidamente muchos docentes la incorporaron y generaron material, ese material se compartió como se compartieron todos los circuitos, los esquemas y demás, o sea, así como se compartió el <i>hardware</i> y el <i>software</i>, se compartió material pedagógico, videos, experiencias, y la verdad es que eso lo hizo muy interesante. (E. Filomena, comunicación personal, 15 de noviembre de 2022) Todos los estudiantes que están en el grupo de <i>Embebidos32</i>, donde se discutían muchas cosas de <i>hardware</i>, donde se compartían esquemáticos, donde se compartía conocimiento, toda esa gente fue aprendiendo un montón de cosas en el camino. [...] Para mí, fue buenisimo el proyecto porque ese esquemático inicial que se hizo para la CIAA-NXP y para la CIAA-FSL, se hizo muy prolijo, con muchas protecciones industriales, y eso mismo lo copiaron cientos de alumnos de secundarios y de universidades. Por ejemplo, un simple circuito USB [por su sigla en inglés, <i>Universal Serial Bus</i>], un circuito Ethernet, bueno, esas cositas se fueron copiando: "Si en la CIAA lo hicieron así, lo vamos a hacer así". [...] El beneficio se va a ver a largo plazo cuando todos los estudiantes, que tuvieron en la mano una placa de esas, hagan otra placa y lleven a cabo el diseño con la prolijidad y la robustez con las que lo hicimos nosotros. (N. Scotti, comunicación personal, 30 de noviembre de 2022)</p>
	<p>Favorece la adaptación de los saberes productivos al contexto de situación de reutilización.</p>	<p>Esto posibilita una dinámica de coproducción con usuarios de las instituciones científicas y educativas, pymes industriales, entre otros.</p>	<p>[...] por lo que he hablado con gente de universidades, incluso se han acercado con propuestas de: "Me gustaría aportar una herramienta para tal nueva característica en la EDU-CIAA-FPGA". Por ahí no son nuevas formas de diseño, sino herramientas para nuevas potencialidades o aplicaciones. Entonces encararon un desarrollo por ese lado, usando la placa. (R. A. Ghignone, comunicación personal, 15 de noviembre de 2022)</p>

Tabla 2. Funciones de la reproducción impaga de conocimientos informacionales para el desarrollo endógeno, a partir del caso analizado
 Fuente: Elaboración propia

3.9. Límites para el desarrollo endógeno

El Proyecto CIAA fomentó la articulación entre las entidades participantes con el objeto de favorecer la fabricación y prueba de las plaquetas electrónicas diseñadas. Esto generó una sinergia entre los diferentes actores involucrados en la iniciativa, que condujo a diferentes procesos de fabricación de prototipos y producción en serie de artefactos digitales. Por consiguiente, la comunidad productiva pudo testar una serie de modelos del medio de producción y, en especial, mostrar que funcionan.

Ahora bien, si se atiende al uso efectivo de los resultados del desarrollo experimental por parte de las pymes nacionales para automatización de los procesos productivos industriales o incorporación a la maquinaria preexistente en distintas ramas de producción, el alcance de esta forma organizativa se vio mermado en el caso analizado por un conjunto de dificultades y desafíos, tal y como introduce la siguiente declaración:

Con la Computadora Industrial hicimos toda una movida que tuvo su impacto, o sea, claramente sirvió para revitalizar lo que se daba en las universidades, sobre todo, en las ingenierías electrónicas... pero punto. ¿Está mal, está bien? La idea también es generar empleo, incidir en la industria, y son contadísimos los casos de proyectos que tuvieron éxito, que impactaron. (A. Lutenberg, comunicación personal, 18 de octubre de 2022)

En primer lugar, una dificultad señalada por los entrevistados hace referencia a la escasez de conocimientos subjetivos e intersubjetivos necesarios para aprovechar los resultados del desarrollo experimental en un gran conjunto de las unidades productivas previstas como usuarias. En segundo lugar, se pone de manifiesto la falta de garantía de la comunidad de pares sobre la provisión de soporte o asistencia técnica del medio de producción a largo plazo. En tercer lugar, se advierte el desafío de ofrecer productos superadores de los que ya eran diseñados al interior de algunas unidades productivas que cuentan con una base de acumulación de capacidades tecnológicas en general y una cultura de desarrollo *in-house* en particular.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proceso productivo informacional de la CIAA constituye un caso de diseño de tecnología industrial abierta a través de la puesta en práctica de la producción entre pares híbrida. Las evidencias empíricas obtenidas exhiben a esta forma organizativa en cuanto *modo de producción*

de tecnología propio del capitalismo informacional, que acontece en un período ulterior a las etapas *manufacturera* y de *máquina-factura* en el devenir histórico de los modos de producción de tecnología. Esto es: una modalidad de organización de los procesos productivos, que asume los rasgos de la *producción informacional entre pares y abierta*, de tipo *híbrido*, con el objeto de generar conjuntos organizados de conocimientos informacionales útiles para las unidades que llevan a cabo los procesos productivos de bienes y servicios a través de los cuales la estructura productiva cumple su función social.

El estudio de caso puso el foco en la generación de flujos cognitivos que se encuentran en el núcleo de la dinámica capitalista actual —a saber: la información y las tecnologías digitales—, y que presentan la particularidad de haber sido generados por una comunidad productiva autónoma, a partir de una iniciativa pública en la cual el Estado no ocupa el rol de financiador directo ni centraliza el proceso de diseño colectivo. Analizar las funciones de este tipo de iniciativas para contribuir a procesos de desarrollo endógeno implicó atender a la capacidad de esta forma organizativa de generar valores de uso que amplíen la esfera legal cuasi pública no estatal de conocimientos productivos dentro del dominio privado, es decir, hacia el interior del derecho de autor.

Los hallazgos de la investigación exponen que, en el caso analizado, las funciones de la reproducción impaga de conocimientos postuladas por Liaudat et al. (2020) se extienden a los conocimientos informacionales producidos entre pares en procesos de diseño de artefactos digitales destinados a servir como medios de producción industrial. No obstante, en el ámbito de la producción de tecnología industrial abierta se advierten problemas específicos. Desde la perspectiva de la estructura productiva de un país en desarrollo, las evidencias obtenidas muestran que la aplicación de esta modalidad organizativa requiere superar dificultades asociadas a la falta de acumulación cognitiva en las unidades productivas y la provisión de soporte o asistencia técnica del medio de producción a largo plazo, a fin de que sus funciones para el desarrollo endógeno puedan tornarse efectivas en contextos situados. Esto significa que, desde el punto de vista de un país en desarrollo, la producción entre pares híbrida no puede constituir un fin en sí mismo. En el caso analizado, la elección e implementación de esta forma organizativa, si bien aportó a la atención de la situación problemática que dio origen al Proyecto CIAA, no fue suficiente para ofrecer un abordaje integral que contribuyera al fortalecimiento de la base de acumulación cognitiva de la estructura productiva.

Los límites para el desarrollo endógeno señalados dejan entrever una tensión emergente respecto al para qué y para quiénes se diseña

tecnología industrial abierta bajo esta forma organizativa en países en desarrollo. En este sentido, la pregunta por los valores y creencias que se hallan en el corazón de los bienes informacionales generados se ubica en el centro de la escena. Se representará esta tensión mediante un espectro.

De un lado, una posición favorable a la globalización bregaría por el diseño de una tecnología industrial *doblemente libre*, que pueda circular con mínimas restricciones y ser utilizada con cualquier propósito a escala mundial, tal y como la que fue desarrollada en el Proyecto CIAA. Pero esto implica que el paquete tecnológico se encuentra abierto a la libertad de acción de las grandes corporaciones internacionales, las empresas y los organismos de países extranjeros, que no contribuyeron a los esfuerzos de su desarrollo ni asumieron los riesgos de la fabricación de prototipos y testeos de las plaquetas electrónicas, y que, no obstante, no se encuentran obligados a recompensar a la comunidad productiva, ni a responder a las finalidades de bien común definidas por la comunidad de pares.

Del otro lado del espectro, una posición favorable al interés nacional propiciaría la regulación del acceso a los conocimientos informacionales generados en el diseño de tecnología industrial abierta bajo condiciones que aparten las circunstancias que posibilitan la acumulación de capital de actores privados y extranjeros en detrimento de los actores con y sin fines de lucro nacionales que aportaron a dicha iniciativa pública no estatal de forma diversa. Así, la elección de la licencia podría constituir un mecanismo de gobernanza de la comunidad productiva sobre el valor-conocimiento creado entre pares, de forma no remunerada y sin fines de lucro⁷. La comunidad productiva también dio muestra de esta tendencia cuando registró la marca y el isologotipo del Proyecto CIAA a fin de evitar que terceros los titulen e impidan su uso sin autorización.

Desde la perspectiva materialista cognitiva, las tensiones y contradicciones entre flujos de conocimientos son constitutivas de las totalidades dialécticas analizadas. Esta tensión emergente entre posiciones globalizadoras y nacionalizadoras en las comunidades de producción entre pares ofrece un área de análisis que podría ser explorada, por ejemplo, en estudios longitudinales que partan desde los orígenes de esta forma organizativa para comprender las creencias y valores sostenidos a través del tiempo por las comunidades de pares en proyectos originados en países en desarrollo. Otras cuestiones que quedaron sin explorar en esta investigación y que abren nuevas líneas de trabajo son la medición del grado de circulación

7. En este sentido, la familia Commons License (CL) proporciona una caja de herramientas normativas para iniciativas que busquen ampliar la esfera legal cuasi pública de conocimientos productivos (Lund y Zukerfeld, 2020).

y uso en la estructura productiva argentina de los conocimientos informacionales generados por el Proyecto CIAA, y su análisis en relación con las trayectorias de acumulación cognitiva de las unidades productivas.

REFERENCIAS

- Arroyo, Cristiane S., Merlo, Edgard M., y Simões, André X. (2004). A economia do software de fonte aberta: razões que levam os desenvolvedores de software a participar das comunidades de fonte aberta. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 5(1). <https://doi.org/10.1590/1678-69712004/administracao.v5n1p124-143>
- Benkler, Yochai. (2016). Peer production and cooperation. En J. M. Bauer y M. Latzer (Eds.), *Handbook on the economics of the internet* (pp. 91-119). Edward Elgar Publishing.
- Benkler, Yochai, y Nissenbaum, Helen. (2006). Commons-based peer production and virtue. *Journal of Political Philosophy*, 14(4). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9760.2006.00235.x>
- Benkler, Yochai, Shaw, Aaron, y Mako Hill, Benjamin. (2015). Peer production: a form of collective intelligence. En T. W. Malone y M. S. Bernstein (Eds.), *Handbook of collective intelligence* (pp. 175-204). The MIT Press.
- Berdou, Evangelia. (2017). Open development in poor communities: opportunities, tensions, and dilemmas. *Information Technologies & International Development*, 13(1). <https://itidjournal.org/index.php/itid/article/view/1429.html>
- Cadierno, Gerardo, Pezoimburu, Paola, y Lutenberg, Ariel. (2015). Proyecto CIAA: Computadora Industrial Abierta Argentina. En C. Garrido Noguera y D. García Pérez de Lema (Eds.), *Vinculación de las universidades con los sectores productivos. Casos en Iberoamérica: Vol. 2. Casos de otras dimensiones de la vinculación* (pp. 235-247). Unión de Universidades de América Latina y el Caribe, Red Universidad-Empresa América Latina y El Caribe-Unión Europea.
- Castells, Manuel. (1996). *The information age: economy, society, and culture: The rise of the network society* (Vol. 1). Blackwell.
- Coriat, Benjamin. (2000). *El taller y el cronómetro. Ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa* (J. M. Figueroa Pérez, Trad.; 12.ª ed.). Siglo XXI Editores.
- Dolcemáscolo, Agostina, y Yansen, Guillermina. (2017). Informational cognitive exploitation: concealed relationships behind prosumers' activity on the World Wide Web. *Sociología del Lavoro*, 145. <http://hdl.handle.net/11336/77620>

- Dulong de Rosnay, Melanie, y Musiani, Francesca. (2016). Towards a (de)centralisation-based typology of peer production. *TripleC: Communication, Capitalism & Critique*, 14(1). <https://doi.org/10.31269/triplec.v14i1.728>
- Franzoni, Chiara, y Sauermann, Henry. (2014). Crowd science: the organization of scientific research in open collaborative projects. *Research Policy*, 43(1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.07.005>
- Guido, Luciana. (2016). Tecnologías de información y comunicación, territorio y sociedad: el caso Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA). *IX Jornadas de Sociología de la UNLP*, 1-16. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/76929/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guido, Luciana, y Versino, Mariana. (2016). Despliegue territorial de un desarrollo de hardware libre aplicado a la industria: el caso de la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA). *Horizontes Sociológicos*, 4(8). <http://hdl.handle.net/11336/42508>
- Hanekop, Heidemarie. (2016). Die soziale Fundierung und Einbettung unternehmensübergreifender Wertschöpfungssysteme durch gemeinschaftliche Kollaborationsformen in Open Source Projekten. En J. Wulfsberg, T. Redlich, y M. Moritz (Eds.), *Interdisziplinäre Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung* (pp. 185-198). Helmut-Schmidt-Universität. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:3-447007>
- Henttonen, Katja, Pussinen, Pasi, y Koivumäki, Timo. (2012). Managerial perspective on open source collaboration and networked innovation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000300012>
- Kreimer, Pablo, y Thomas, Hernán. (2004). Un poco de reflexividad o ¿de dónde venimos? Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en América Latina. En P. Kreimer, H. Thomas, P. Rossini, y A. Lalouf (Eds.), *Producción y uso social de conocimientos* (pp. 11-89). Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Li, Zhuoxuan, Seering, Warren, Ramos, Joshua D., Yang, Maria, y Wallace, David R. (2017). Why open source? Exploring the motivations of using an open model for hardware development. *Proceedings of the ASME 2017 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 1-9. <https://doi.org/10.1115/DETC2017-68195>
- Liaudat, Santiago, Terlizzi, María S., y Zukerfeld, Mariano. (2020). Piratas, virus y periferia: la apropiación impaga de conocimientos en el capitalismo, del PLACTS a la COVID-19. *Argumentos. Revista de Crítica Social*, 22. <https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/argumentos/article/view/5966>

- Lund, Arwid, y Zukerfeld, Mariano. (2020). *Corporate capitalism's use of openness: profit for free?* Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28219-6>
- Lutenberg, Ariel. (2020). An approach to the future of work: academia and industry alliance to integrate work and study. *2020 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 1193-1198. <https://doi.org/10.1109/ICIT45562.2020.9067251>
- Marx, Karl. (2010). *El capital. Tomo I: El proceso de producción del capital* (P. Scaron, Ed.). Siglo XXI Editores.
- Morgan, Lorraine, y Finnegan, Patrick. (2014). Beyond free software: an exploration of the business value of strategic open source. *Journal of Strategic Information Systems*, 23(3). <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2014.07.001>
- Moritz, Manuel, Redlich, Tobias, Grames, Patrick P., y Wulfsberg, Jens P. (2016). Value creation in open source hardware communities: case study of Open Source Ecology. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2368-2375. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806517>
- O'Neil, Mathieu, Pentzold, Christian, y Toupin, Sophie. (Eds.). (2021). *The handbook of peer production*. Wiley Blackwell.
- Perrone, Guido, y Santarcángelo, Juan E. (2018). Restricción externa y la sustitución de importaciones en Argentina: análisis de la historia reciente. *Ensayos de Economía*, 28(52). <https://doi.org/10.15446/ede.v28n52.72276>
- Rodríguez Ramírez, Daily. (2022). El pensamiento social latinoamericano sobre ciencia y tecnología: una visión ética de su trayectoria. *ArtefaCToS. Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología*, 11(2), 113-136. <https://doi.org/10.14201/art2022112113136>
- Sábato, Jorge A., y Mackenzie, Michael. (1982). *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional*. Editorial Nueva Imagen.
- Srnicek, Nick. (2018). *Capitalismo de plataformas* (A. Giacometti, Trad.). Caja Negra Editora.
- Tech, Robin P. G., Ferdinand, Jan P., y Dopfer, Martina. (2016). Open source hardware startups and their communities. En J.-P. Ferdinand, U. Petschow, y S. Dickel (Eds.), *The decentralized and networked future of value creation: 3D printing and its implications for society, industry, and sustainable development* (pp. 129-145). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31686-4_7
- Thomas, Laetitia, y Samuel, Karine E. (2017). Characteristics of open source business models. En E. Huizingh, O. Kokshagina, I. Bitran, S. Conn, M. Torkkeli, y M. Tynnhamar (Eds.), *The XXVIII ISPIM Innovation Conference. Composing the Innovation Symphony* (pp. 1-15). ISPIM.

- Valinoti, Bruno, Melo, Rodrigo, Scotti, Noelia, y Alamon, Diego. (2019). Computadora Industrial Abierta Argentina para aplicaciones de Alta Capacidad de Cómputo. En R. Cayssials, R. Melo, R. Molina, M. Presso, y E. Todorovich (Eds.), *Designer Forum Proceedings 2019 X Southern Conference on Programmable Logic SPL* (pp. 3-6). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Van Dijck, Jose. (2016). *La cultura de la conectividad. Una historia crítica de las redes sociales* (H. Salas, Trad.). Siglo XXI Editores.
- Veikko Kauttu, Pietari M. (2018). Open hardware as an experimental commercialization strategy: challenges and potentialities. *CERN IdeaSquare Journal of Experimental Innovation*, 2(2). <https://doi.org/10.23726/cij.2018.826>
- Zukerfeld, Mariano. (2005). Bienes informacionales y capitalismo. En *Concurso Pensar a Contracorriente* (Vol. 2). Editorial Ciencias Sociales.
- Zukerfeld, Mariano. (2010). *Capitalismo y conocimiento: materialismo cognitivo, propiedad intelectual y capitalismo informacional* (Vol. 2) [Tesis de Doctorado, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales].
- Zukerfeld, Mariano. (2013). *Obreros de los bits. Conocimiento, trabajo y tecnologías digitales*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Zukerfeld, Mariano. (2014). Inclusive appropriation and the double freedom of knowledge: on the capitalist exploitation of non-for profit software, contents and data producers. *Sociología del Lavoro*, 133. <http://hdl.handle.net/11336/35155>
- Zukerfeld, Mariano. (2017). *Knowledge in the age of digital capitalism: an introduction to cognitive materialism* (S. Wylie, Trad.). University of Westminster Press. <https://doi.org/10.16997/book3>
- Zukerfeld, Mariano. (2020). Bits, plataformas y autómatas. Las tendencias del trabajo en el capitalismo informacional. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo*, 4(7). <https://ojs.ceil-conicet.gov.ar/index.php/lat/article/view/623>

FUENTES

- ACSE (Asociación Civil para la Investigación, Promoción y Desarrollo de Sistemas Electrónicos Embebidos) y CADIEEL (Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnicas). (2013). *Documento general con la propuesta*.
- Brengi, D. (2022, noviembre 17). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Cecconi, J. A. (2022, noviembre 11). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].

- CIAA (Computadora Industrial Abierta Argentina). (2015a, marzo 10). *Aportes de las Universidades*. Computadora Industrial Abierta Argentina. Desarrollo colectivo.
- CIAA. (2015b, abril 24). *Licencia de la CIAA*. Computadora Industrial Abierta Argentina. Desarrollo colectivo.
- CIAA. (2015c, abril 25). *Aportes de Instituciones*. Computadora Industrial Abierta Argentina. Desarrollo colectivo.
- CIAA. (2015d, septiembre 17). *CIAA/Software-IDE*. GitHub. <https://github.com/ciaa/Software-IDE>
- CIAA. (2015e, diciembre 4). *Aportes de las PyMEs*. Computadora Industrial Abierta Argentina. Desarrollo colectivo.
- CIAA. (2017, junio 3). *Inicio*. Computadora Industrial Abierta Argentina. Desarrollo colectivo. <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>
- CIAA. (2019, julio 5). *CIAA/Firmware_v1*. GitHub. https://github.com/ciaa/firmware_v1
- CIAA. (2020, noviembre 16). *CIAA/Hardware*. GitHub. <https://github.com/ciaa/Hardware>
- CIAA. (2022, julio 22). *CIAA*. GitHub. <https://github.com/ciaa>
- CIAA. (2023a, enero 10). *Contributors to CIAA/Firmware_v1*. GitHub. https://github.com/ciaa/firmware_v1/graphs/contributors
- CIAA. (2023b, enero 11). *Contributors to CIAA/Hardware*. GitHub. <https://github.com/ciaa/Hardware/graphs/contributors>
- CIAA. (2023c, enero 13). *Contributors to CIAA/Linux*. GitHub. <https://github.com/ciaa/linux>
- CIAA. (2023d, enero 18). *Contributors to CIAA/Software-IDE*. GitHub. <https://github.com/ciaa/Software-IDE/graphs/contributors>
- CIAA. (2023e, enero 19). *Lista de miembros CIAA-Firmware*. Google Groups.
- CIAA. (2023f, enero 20). *Lista de miembros CIAA-Hardware*. Google Groups.
- CIAA. (2023g, enero 23). *Lista de miembros CIAA-IDE*. Google Groups.
- CIAA. (2023h, enero 24). *Lista de miembros CIAA-Software-PLC*. Google Groups.
- CIAA. (2023i, enero 25). *Lista de miembros Embebidos32*. Google Groups.
- Filomena, E. (2022, noviembre 15). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Ghignone, R. A. (2022, noviembre 15). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Larosa, F. S. (2022, noviembre 25). *Comunicación personal* [Comunicación interpersonal].

- Leone, Cecilia. (2015, junio 4). *La CIAA: una puerta de entrada para el uso de tecnología electrónica en Argentina*. CONICET. <https://www.conicet.gov.ar/la-ciaa-una-puerta-de-entrada-para-el-uso-de-tecnologia-electronica-en-argentina/>
- Lutenberg, Ariel. (2022, octubre 18). *Comunicación personal* [Comunicación telefónica sincrónica].
- Ministerio de Industria de la Nación. (2011). *Plan Estratégico Industrial 2020*.
- Ministerio de Industria de la Nación. (2013). *Pymes: Protagonistas por dinámica, innovación y creatividad*.
- Miodowski, M. (2022, noviembre 24). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Mouriño, J. (2022, noviembre 18). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- OpenDataCordoba. (2021, abril 21). *Dominio proyecto-ciaa.com.ar*. DominiosAr. <https://nic.opendatacordoba.org/dominio-1c5cf854-3ca6-431c-9fda-80f32f80a5bb>
- Ribelotta, Martín. (2022, noviembre 10). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Ridolfi, Pablo. (2022, octubre 24). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- SASE (Simposio Argentino de Sistemas Embebidos). (2023). *Programa SASE 2010*. SASE. <https://sase.ar/wp-content/uploads/2023/12/Simp osioArgentinodeSistemasEmbebidos-Version6.2.pdf>
- Scotti, N. (2022, noviembre 30). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Valinoti, B. (2022, diciembre 6). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Viqueira, J. (2022, noviembre 17). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].
- Wilson, Rowan. (2005, noviembre 10). *The Modified BSD License: An Overview*. *OSS Watch*. <http://oss-watch.ac.uk/resources/modbsd>
- Zaradnik, I. J. (2022, noviembre 25). *Comunicación personal* [Videoentrevista sincrónica].

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31156>

AN INTRODUCTION TO THE ETHICAL AND SOCIAL PROBLEMS OF BODYBUILDING: A PHILOSOPHICAL ANALYSIS FROM SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY STUDIES (STS)

Una introducción a los problemas éticos y sociales del fisicoculturismo: un análisis filosófico desde los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)

Santiago COBO MARTÍNEZ

Universidad Iberoamericana Ciudad de México

santiago.cobo@correounivalle.edu.co

Recibido: 08/01/2023

Revisado: 23/01/2024

Aceptado: 18/04/2024

ABSTRACT: since the 20th century bodybuilding has been an object of study that interests and challenges researchers in the sociology of sport (see Conquet, 2014; Tajrobehkar, 2016; Wellman, 2020) and, recently, in the philosophy of sport (see Aranyosi, 2017; Madej, 2021; Worthen, 2016). However, many of its problems are little known in the orthodox philosophical literature. Therefore, the aim of this paper is to contribute from STS studies to the posing and discussion of the central ethical and social problems of bodybuilding by contributing to the philosophy of sport or the philosophy of body techniques. Therefore, I will plant the following problems in relation to bodybuilding: gender and sexism; racism, ableism and eugenics; and lastly, fatphobia. Finally, I propose that many of these problems are generated from the indiscriminate use of anabolic androgenic steroids (AAS) within this sport subculture. In this sense, a precautionary framework (epistemic values, moral values, hormonal benefit principle and

sports precautionary principle) is proposed from STS studies with the aim of regulating their use, avoiding adverse effects in individuals who are not professional bodybuilders.

Keywords: bodybuilding, gender, racism, ableism, eugenics, fat studies.

RESUMEN: desde el siglo XX el culturismo ha sido un objeto de estudio que interesa y desafía a los investigadores en sociología del deporte (véase Conquet, 2014; Tajrobehkar, 2016; Wellman, 2020) y, recientemente, en filosofía del deporte (véase Aranyosi, 2017; Madej, 2021; Worthen, 2016). Sin embargo, muchos de sus problemas son poco conocidos en la literatura filosófica ortodoxa. Por ello, el objetivo de este trabajo es contribuir desde los estudios CTS al planteamiento y discusión de los problemas éticos y sociales centrales del culturismo aportando a la filosofía del deporte o filosofía de las técnicas corporales. Por lo tanto, plantaré los siguientes problemas en relación con el culturismo: el género y el sexismo; el racismo, el capacitismo y la eugenesia; y, por último, la gordofobia. Por último, propongo que muchos de estos problemas se generan a partir del uso indiscriminado de esteroides anabolizantes androgénicos (AAS) dentro de esta subcultura deportiva. En este sentido, se propone un marco de precaución (valores epistémicos, valores morales, principio de beneficio hormonal y principio de precaución deportiva) a partir de estudios CTS con el objetivo de regular su uso, evitando efectos adversos en individuos que no son culturistas profesionales.

Palabras clave: fisicoculturismo, género, racismo, capacitismo, eugenesia, *fat studies*.

1. INTRODUCTION

This paper deals with ethics and sport from a philosophical perspective of Science, Technology and Society studies (STS from now on). Circumscribing this research within the field of STS is fundamental given that there are ethical and social problems within sport related to the use of techniques and instruments created by medicine and biotechnology such as anabolic androgenic steroids -which represent a risk to the wellbeing of individuals who consume them for body modification purposes- that have not been explicitly addressed, at least in Spanish-speaking countries. For example: does bodybuilding reproduce bodies that are considered hegemonic and based on gender binarism? Does it segregate trans bodies? Does it segregate obese bodies? Is it a practice with eugenic values that aim at the perfectibility of the human body? Is it an enabling practice that

excludes disabled human beings? Is it an ideology of contemporary capitalism (for consumption purposes) based on sport? For the above reasons, the two central questions that guide this paper are the following: what are the ethical-social problems that are created through the practice of bodybuilding given the indiscriminate use of anabolic androgenic steroids (AAS from now on), and despite these problems, should the consumption of anabolic androgenic steroids be legalized and regularized in society with the objective of diminishing or controlling their adverse effects?

To answer these questions, I propose the following methodological order. In the first part I establish, briefly, the history of bodybuilding. This will be done with the aim of showing how bodybuilding becomes a consolidated subculture in the mid-twentieth century. In the second part, I raise the central problems of this sport practice. This will be done to elucidate some of the ethical and social problems implicit within this sport. Finally, in the third part, a precautionary framework is proposed from STS studies with the aim of regulating its use, avoiding adverse effects on individuals who are not professional bodybuilders.

I should mention, for the purposes of this paper, that there is a whole debate in philosophy as to whether it is appropriate to characterize bodybuilding as a sport. Adherents of this position argue that bodybuilding, being a bodily practice through physical exercise, should be characterized as a sport (even if many of its practices such as doping go against the sporting *ethos*). In this sense, bodybuilding would be an object of study that interests and concerns the philosophy of sport. On the other hand, the detractors of this posture argue that it is much more appropriate to understand bodybuilding as a corporal technique for shaping and sculpting the body through systematic physical exercise and techno-scientific means¹. In that sense, bodybuilding would be an object of study that should be of interest to the philosophy of technique or of physical exercise and health, and not only of sport. Although in many high-performance sports various

1. A bodily technique is defined by Mauss as “the ways in which, from society to society, human beings know how to use their bodies [for a specific purpose]” (Mauss, 1934: 70). In the context of the techniques for modeling the body, the techniques are as old as any productive technique and, in some way, these presuppose them. Thus, there are ancestral techniques of meditation, relaxation, mental concentration, resistance to pain, to cold, to physical violence. Many primary techniques (productive, playful, artistic, sporting) have at their core bodily techniques to mold and adapt the body to a certain activity, to make it more resistant, more efficient, faster, in any sport as well as in dance, music, handicraft work or war.

technological and scientific means are used to measure, rationalize and improve performance, in bodybuilding the use of substances and exercise equipment is fundamental to its own ends. This debate has not come to an end and continues to this day. In the face of this debate, I will adhere to the first position (*i.e.*, that bodybuilding is a sport) insofar as it contains: (1) an aerobic and anaerobic exercise training methodology which (2) is systematically repeated for (3) the purpose of developing muscle mass and other physical capacities such as strength, endurance, coordination, among others. While many detractors of bodybuilding as a sport point out that the purpose of a sport is to show a particular ability (*e.g.*, 100m sprinters acceleration, powerlifters strength or rhythmic gymnasts coordination) and bodybuilding does not show, in its competitions, any specific capacity but only the muscular development of its body, I argue against that there are two types of tests to evaluate a capacity within the sport: a direct test (*i.e.*, the execution of the exercise and its involved motor capacity) and an indirect test (*i.e.*, the performance of the bodybuilders). Therefore, to consider that only direct tests are the only criteria for evaluating a sport would be reductionist. If I am granted this distinction between types of tests, then bodybuilding is a sport that can be defined as training and muscle development through weight training, adjusted nutrition and strict eating schedules with primarily aesthetic objectives (*cfr.*, Mosley, 2009).

2. BRIEF HISTORY OF BODYBUILDING AND ITS INSTITUTIONALIZATION AS A SPORT PRACTICE

The emancipation of bodybuilding as a subculture within society occurred in 1946 when the brothers Ben and Joe Weider created the association "IFBB pro-league" (International Federation of Bodybuilding) in the United States. This association became, over time, the meeting point for American bodybuilders and, today, the meeting point for all bodybuilders in the world. This is because the association created, in 1965, the most important contest in the world for bodybuilders: the Mr. Olympia. Thanks to this contest, bodybuilding has gained its place as a subculture within the American society and many of its champions (Arnold Schwarzenegger, Franco Columbu, Jay Cutler or Ronnie Coleman) are currently recognized as world icons within this artistic-sports practice. However, the history of bodybuilding begins a little earlier (end of the 19th century and beginning of the 20th century) in Europe with a very important figure: Eugen Sandow.

2.1. *The origins of the gym and modern bodybuilding*

Eugen Sandow (1867-1925) is considered the father of modern bodybuilding for his public strength and bodybuilding presentations around the world. Sandow began to make presentations in different European cities gaining fame in the old continent. This eventually led to him being noticed by several businessmen such as Florenz Ziegfeld for presentations in other parts of the world. Ziegfeld took Sandow from Europe to the United States and given the success of his presentations, took him around the world (Russia, Australia, India, China and Japan). In this way, weightlifting and the aesthetics it conferred were opening the field within multiple modern societies. Its impact was so radical that, by the end of the 19th century and the beginning of the 20th century, more than 200 physical culture institutions had been created around the world that used its training methods. Given this growing popularity, Sandow formed in 1898 the first American magazine dedicated to the cult of the body: *Physical Culture*. However, since the practice of body worship was a taboo that was gradually being eradicated in the most conservative part of American society, those who engaged in it did so in private. Therefore, Sandow began to sell his sports courses by correspondence. Noting the growing success of both his magazine and his athletic courses, Sandow began marketing strength training equipment “including a chest expander and a spring-grip dumbbell, which was a lightweight halter for training the grip and biceps” (Stokvis, 2006; p. 467). In this way, Sandow created (i) a method of cultural diffusion of physical activity and the cult of the body and (ii) the first machines that would gradually form a social space for the development of the body: the gymnasium (linking, in a very subtle way (magazines, machines and a sports asylum), bodybuilding and physical activity with the productive market). For these contributions, Sandow is considered the pioneer of bodybuilding. In fact, Sandow's impact was so important in the United States that the Weider brothers chose his face to be the official image, for more than 80 years, of the Mr. Olympia.

2.2. *Sandow's legacy: Bernarr MacFadden*

Sandow was the most famous and enterprising strongman of his time, although there were other very successful competitors and successors. His most notable successor was the American Bernarr MacFadden (1868-1955), who was inspired to take up bodybuilding after witnessing Sandow's performance. Just prior to the launch of Sandow's magazine in

1898, Bernarr MacFadden had established with several partners a magazine of his own called *Physical Development*. Once they parted ways due to business disagreements, MacFadden created the following magazines: *Health & Strength* and *MacFadden Physical Development* making bodybuilding an important market and an increasingly strong and robust subculture that will continue to expand over time. In the words of Stokvis:

For MacFadden, these [two magazines] marked the beginning of many other magazines in the United States, the most famous of which was *Physical Culture*, which had more than 100,000 subscribers in 1900, a year after its introduction, and more than 340,000 during the 1930s. Like Sandow, it tried to appeal to both men and women. In fact, shortly after its introduction in 1903, her magazine *Beauty & Health: woman's physical development* had a circulation of more than 80,000 subscribers. During her lifetime, she wrote nearly 150 books with titles such as *Physical Training* (1900), *Health, Beauty and Sexuality* (1904), *Making Old Bodies Young* (1921), *Talks to a Young Man about Sex* (1928) and *How to Reduce Weight* (1936) (Stokvis, 2006; p. 468).

Both MacFadden and Sandow were the first to promote the first bodybuilding competitions. The first competition was promoted by Sandow in 1901 in London. The second competition, promoted by MacFadden, took place in 1903 under the name of “the most perfectly developed man in the world” in New York. What was innovative for bodybuilding was that in both competitions there were no weightlifting demonstrations, but rather a demonstration of the body development of the participants. From that point on, competitions such as “the most beautiful man in the world” in 1922, whose winner was the famous bodybuilder Charles Atlas, began to take shape.

2.3. *Contrasts: the reception of the new bodybuilding competitions in the United States and Europe*

In the following table I present the most common characteristics resulting from the reception of the new bodybuilding competitions in the United States and in Europe. In both parts of the world the reception of the new competitions was diametrically opposed. While in the United States bodybuilding was well received and physical culture was implemented within society, in Europe the cult of the physique was seen as a practice for homosexuals and with eugenic values that would function at the heart of German and Italian fascism:

BODYBUILDING IN THE UNITED STATES AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY	BODYBUILDING IN EUROPE AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY
<ol style="list-style-type: none"> 1. Strength training became associated with the health reform movement among the American middle classes. 2. Sports and physical activity were implemented within the educational curriculum of schools. 3. More public and competitive forms of bodybuilding were organized in the U.S., most notably the Mr. America contest. This contest, held annually since 1939, was the successor to earlier contests such as those promoted by MacFadden. John Grimek, the winner of the Mr. America contest in 1940, became a national sports star and was offered roles in movies and theater. By the 1950s and 1960s, bodybuilding had become a minor spectator and media sport in the United States and was especially prominent in men's magazines. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. In Europe, bodybuilding came to be called physical culture and its practitioners were known as physical bodybuilders. In Germany, France and Great Britain, physical culture soon became associated with homosexuality, in the sense that many homosexuals liked to look at well-developed male bodies. 2. In Europe, interest in bodybuilding became associated with feelings of inferiority. It was assumed that people who wanted to build their bodies were motivated by inferiority complexes related to their physical appearance. 3. Consequence of (2) the sculpted male body became an ideal within the German youth movement and later in fascism, especially among German fascists and, to a lesser extent, their Italian counterparts. 4. In France, the French Federation of Physical Culture (FFCP) was established in 1934, an organization that almost disappeared after World War II. However, despite these four points: 5. In 1948, to salute the London Olympics, the editors of HSM organized the first Mr. Universe contest. Two years later, the National Amateur Bodybuilders Association (NABBA) was founded to organize this competition annually.

2.4. *Bodybuilding as a subculture in the United States: the role of "Muscle Beach", California*

Given the growing popularity of bodybuilding in the United States in the 20th century through its contests, magazines, some fitness machines and so on, the bodybuilding community began to gather in one particular spot: Santa Monica Beach in California. This beach was the epitome of bodybuilding from 1930 to the present day. In fact, the beach is known as "Muscle Beach" since it is an area frequented by bodybuilders, athletes and sports enthusiasts in general. The California sun, the ocean, the athletic bodies in search of physical perfectibility generated a whole environment attractive in several ways for people: sexually, socially and economically. Sexual insofar as the beach environment propitiated looks and sexual encounters between homosexuals and heterosexuals, social insofar as it was the meeting point for all bodybuilders in the United States and economic because it represented a point of interest for Hollywood and the creation of institutions such as Gold's GYM: the most famous gym in the world. In the words of Stokvis:

The founders of the first modern fitness chains also came from the circle of visitors to Muscle Beach. In fact, the first founder of a major chain was Vic Tanny, a bodybuilder who had already opened his first gym near Muscle Beach in the late 1930s. By 1950, he owned a total of 45 gyms in Southern California; ten years later he also opened gyms on the East Coast of America. By 1960 he owned 84 gyms with 300,000 members and, for advertising alone, was investing some two million dollars a year (Stokvis, 2006; p. 471).

As can be seen, the development of bodybuilding in "Muscle Beach" began to grow exponentially and by 1945, after World War II, there was already a whole subculture consolidated in California. Multiple bodybuilders, acrobats, jocks and weightlifters gathered in gyms with the same goal: physical activity. This subculture became associated with the IFBB pro-league a year later, when in 1946, the Weider brothers created it and set up its headquarters in "Muscle Beach". Since then, bodybuilding has been closely associated with the IFBB and, 19 years later, with the Mr. Olympia.

2.5. *Cultural dissemination of bodybuilding in the United States*

The greatest success of the Weider brothers was to have discovered who would be the greatest promoter of bodybuilding at a cultural level: Arnold Schwarzenegger. He was the Mr. Olympia champion for five consecutive years (1970-1975) and, thanks to his fame in this sport, he gained

access to the world of show business in Hollywood, promoting bodybuilding through his physique in films such as *Terminator*. At the same time, in 1974, he sold the book that has had more cultural diffusion about bodybuilding: *pumping iron: the Art and Sport of Bodybuilding*. This book has sold more than 700,000 copies around the world. Subsequently, *Pumping Iron* became a trilogy of films portraying the Muscle Beach bodybuilders' way of life: their practices, *ethos* and *psyche*.

3. ETHICAL AND SOCIAL PROBLEMS OF BODYBUILDING

The literary popularization of bodybuilding began in 1974 when Gaines and Butler published the book *Pumping Iron: The Art and Sport of Bodybuilding*. This was an informative book about the sport of bodybuilding in the United States. Subsequently, the fame of this way of life grew when Arnold Schwarzenegger, in 1985, published *The New Encyclopedia of Modern Bodybuilding*. Mentioning both books in the theoretical framework is relevant since they established the historical origin of bodybuilding, its training methodology, the selection of exercises suitable for each part of the body and some training programs for muscle growth. However, both books were descriptive/normative. Therefore, these books were not critical books on the practice.

Because of such a critical lack within the bodybuilding literature, sociologists such as Monaghan (2001) set out to fill this gap, making explicit the central problems of this subculture stemming from the abuse of AAS, hormones, and pharmacology. According to Monaghan (2001) drug use in the bodybuilding subculture is mediated by notions about the degree to which muscularity is an acceptable aspect of feminine/masculine appearance. In this quest for a muscular body, bodybuilders subject themselves to health risks. Female bodybuilders taking steroids run the risk of irreversible virilizing effects, including excess facial and body hair, deepening of the voice and clitoris. On the other hand, steroid use in men has led to the psychiatric hypothesis of "roid-rage" (*cfr.*, Pope and Katz; 1990) or male violence exacerbated by steroid use. However, even if roid-rage is a hypothesis advocated within psychiatry, there is little scientific evidence that the use of anabolic steroids actually increases aggression (Williamson, 1994). However, there is scientific evidence of other physiological and psychological damage derived from steroid use: testicular atrophy, suppression of endogenous testosterone, suppression of luteinizing hormone (LH), gynecomastia, growth and hypertrophy of organs such as the heart (containing smooth, cardiac and skeletal muscle tissue), null androgen production, acne, water retention, etc.

This type of sociological analysis was made possible in 1993 when sociologist Alan Klein published the famous book *Little Big Men: Bodybuilding Subculture and Gender*. In this book Klein made the first ethnographic study of the bodybuilding subculture in relation to gender, establishing the first explicit social problem within the literature so far: The problem of the creation of hegemonic male bodies based on the narcissism, homophobia, hypermasculinity and insecurity of those who practice it. Thanks to this ethnographic study, Klein established a sub-discipline within sociology dedicated to analyzing the social problems of bodybuilding: the sociology of bodybuilding. Also, in the philosophy of sport (thanks to Klein's work) critical articles (usually from ethics, phenomenology, and gender studies) have been appearing in relation to bodybuilding from 1990 to 2022 (see "Bodybuilding" at www.philpapers.com). Most of these articles have worked out problems in relation to male and female gender (see Gavey, 1996; Jefferson, 1998; Castelnuovo, 1998; Burke, 2001; Morton, 2004; Bridges, 2009; Dean, 2011). However, few articles have also been written in relation to other social-ethical problems such as racism, ableism, eugenics in sport or possible discrimination to obese bodies within sport.

3.1. Gender issues

Gavey (1996) asked, in a gendered key, whether bodybuilding in women transgresses the norms of what is considered natural and desirable for the female body or whether, on the contrary, it reproduces hegemonic female bodies (1996: 45). This question has framed an entire debate known as the "femininity vs muscle" or "mass vs symmetry" debate vis-à-vis the role of the female bodybuilder in Western societies. While some theoretical feminists such as Susan Bordo have related female bodybuilding as a practice related to anorexia and the creation of hegemonic bodies (for example, through the implantation of breasts when they have been lost as a result of exercise), other feminists such as Bartky have held the opposite position (that bodybuilding creates non-hegemonic bodies). This debate has led several bodybuilders to express the following contradiction in practice and in their belief system: they develop muscle mass but under patriarchal parameters of beauty and symmetry. This contradiction has led authors such as Tajrobehkar (2016) to question whether female bodybuilding really emancipates women. But this is not only the case in the female context.

The same year, Aoki (1996) argued that female bodybuilders evoke "masculine" traits, transgressing their gender. For this reason, female bodybuilders would be viewed as "butch-femmes" or "tom boys" (women with

masculine characteristics). This is problematic insofar as it transgresses the social imaginary of what a woman should be and goes against what Shepherdson has called “the imperative of inscription” (Shepherdson, 1994). Fortunately, today, the inscription imperative can be challenged. Fluid and queer genders are gender identities that challenge the idea that there is a binary gender imperative to which human beings must inscribe themselves.

On the other hand, Jefferson (1998) and Monaghan (1999) established social-ethical problems of bodybuilding in relation to the male gender. Men, in search of the “perfect physique” (under Greek and Western aesthetic ideals), according to Jefferson, have developed anxiety (social, ontological and class) by failing to look “as they should look” (strong, muscularly developed, manly and even “indestructible”). At the same time, Monaghan (following Klein's ideas) states that men who practice bodybuilding are not only anxious, but also insecure about themselves. Therefore, developing an excellent physique would be a physical compensation for their insecurities. These ideas have been reinforced from psychiatry, relating bodybuilding to frustrated basic psychological needs (Selvi and Bozo; 2019).

Finally, the relationship between transgender people and bodybuilding is a new one for the sport (and sport in general). In 2019, Sabastian Roy created the NYTBF (New York Transgender Bodybuilding Federation) with the goal that trans bodybuilders could have a space to teach their physical/muscular development (see <https://www.nytbfbf.info/>). The creation of this competition signifies two things: (1) bodybuilding, historically, has been cis gendered and (2) trans bodies have, directly or indirectly, been left out of bodybuilding competitions. Law (2021) shows, through an ethnographic study, her perspective as a trans (queer) woman and professional bodybuilder:

In 2018, I competed in a professional qualifying competition in Vancouver, and it was where I won in the open women's bodybuilding category and became a professional athlete. During the contest, a female Canadian audience told me that she hoped she could win even though she was Canadian. After I won the contest, the bodybuilding world was shocked at how they could have let a ‘man’ compete in a female bodybuilding category. Their accusation was that I was assigned male at birth and competed as a woman. One of the accusers even defamed me on social media by randomly picking a Chinese male bodybuilding competitor in a mainland Chinese competition and claimed it was me before the surgery (Law, 2021; p. 212).

3.2. *Eugenics*

In “*The Strongman of Eugenics, Eugen Sandow*”, Daley (2002) argued that Sandow’s (the founder of the first bodybuilding contest) initial ideas and motivations constituted an entire eugenic legacy through the creation of “perfect” bodies. As Daley argues:

In 1897 [Sandow] opened his first gymnasium in London. Known as the Institute of Physical Culture. He soon trained enough teachers to open a chain of institutes. He also launched his own range of patented exercise equipment (...) along with his publications, these business operations helped make Sandow a wealthy man. But this, he claimed, was not his primary goal. His real goal was reform. Sandow was on a eugenic mission. He was a self-styled ‘apostle of physical culture,’ put on earth to help improve the human race” (Daley, 2002; p. 235).

For that reason, Sandow, during his lifetime, offered a program that he considered ‘scientific’ and ‘rational’ positive eugenics to lead those concerned to bodily perfection: the Sandow system.

3.3. *Racism*

In 1985 bodybuilder Rick Wayne wrote *Muscle Wars: the behind scenes story of competitive bodybuilding*. In this text, Wayne made for the first time in the history of bodybuilding allegations of structural racism within ‘Mr. America’. This structural racism was present from the creation of Mr. America in 1939 until 1970, when the first black bodybuilder, Chris Dickerson, won (Fair, 2003). Until that great historical moment for black bodybuilding, according to Wayne: “the big winners were always white, and they were always associated with the York Barbell Club and Bob Hoffman (creator of the contest) [for that reason] year after year, extraordinary bodies got no recognition, while ordinary entries rose to stardom” (Fair, 2003; p. 9). On this fact Fair (2003) writes: “Wayne and other black activists observed that minorities were generally relegated to second places or consoled with ‘most muscular man’ awards. In any case, no African American won the most prestigious of the physical titles until 1970” (Fair, 2003; p. 9). This means that, for 69 years (from the creation of the first bodybuilding contest in 1901 by Eugen Sandow until 1970) black bodybuilders were relegated from being champions by implicit racial discrimination. The following list shows the most prominent black bodybuilders who, from 1939 to 1969, despite their muscular development, never won

a Mr. America contest: Rick Wayne, Melvin Wayne, Kenneth Pendleton, George Paine, Leroy Colbert, Arthur Harris and Sergio Oliva. These bodybuilders were segregated because of everything that had happened historically in the United States: racial segregation laws, as well as Jim Crow laws, social Darwinism and eugenics policies in XX century.

3.4. *Capacitism*

The consequence of avoiding disability at all costs because it is something “undesirable” for the sufferer's life is that it generates ableism. Capacitism is the idea that having a set of X capabilities is better than not having them. In that sense, a capability is a good thing in itself insofar as it generates greater individual well-being and higher quality of life in those who have it. Critics of ableism (usually disability rights activists) ask: what would make us believe that having X capabilities is better than not having them? The problem with ableism within bodybuilding is this: could one consider bodybuilding to be an ableist practice insofar as it seeks ‘perfect’ bodies (this includes bodies with all their limbs)? A first answer could be yes: it is a capacitive practice (in the sense that there would be no bodily perfection with missing limbs). However, within the bodybuilding competition there are categories for the ‘disabled’ (Disabled Bodybuilding). This fact could lead to the proposition that it is a non-training practice.

Sparkes (2017) study is the first ethnographic study of ‘Dan’ a wheelchair-bound bodybuilder. Dan, according to Sparkes, is an example of ‘imperfect perfection’ (with hyperdeveloped upper limbs and undeveloped lower limbs) where he is evaluated on the same criteria as able-bodied bodybuilder: “Article 11 indicates that disabled bodies are quantified and classified as perfect under the same evaluation criteria as able-bodied bodybuilders. The parity of criteria between able-bodied and disabled competitors not only makes contemporary bodybuilding exceptional among competitive sports, but also transgresses the binary between able-bodied and disabled” (Sparkes, 2017). Even though bodybuilding seems to break away from the able/disable dichotomy (as in Dan’s case) this is not entirely true in economic terms. While an able-bodied bodybuilder in the Open category can earn 400,000 US in cash, a disabled bodybuilder earns recognition and 0 US for having participated. This fact makes one wonder if bodybuilding is really an enabling practice where they use the disabled as an example of the discourse of “yes you can despite the odds” or if, on the contrary, they are claiming bodybuilding as a restorative and central element in the life of a human being who suffers from a disability.

3.5. *Fat studies*

In 'How are They to Judge? overcoming anthropometry through fat bodybuilding' Baldwin (2018) argues that sports are "fat-exclusionary", especially, bodybuilding. In Baldwin's words:

People who inhabit fat bodies are constantly judged morally, aesthetically, physically, emotionally, economically, and in other ways that undermine their dignity. Above all, people who inhabit fat bodies are judged for visual and superficial reasons: by the bodies they inhabit (...) Particularly, anthropometric (body measurement) and increasingly refined judgments of bodies and forms of physicality are common in sports, reaching their zenith in the cultural space of competitive bodybuilding" (Baldwin, 2008; p. 2).

According to Baldwin this can be noticed in the extent to which bodybuilders are judged: they cannot have body fat and are judged derogatorily if they do. Because of this fact, bodybuilding would be "fat-phobic" by seeing fat and obesity as something objectionable in itself. I will argue, contrary to Baldwin, that bodybuilding is not a fat-phobic practice, as he contends. This is so for one main reason: bodybuilding does not view human beings with obesity as something to be avoided, discriminated against, or as something objectionable in and of itself. On the contrary, bodybuilding sees obesity as a *chronic disease* with multiple cardiac, pulmonary and hormonal problems. In that sense, many bodybuilders who are personal trainers recommend exercise for the multiple benefits it brings within this population: improved insulin resistance, lower visceral fat, better lipid profile, it is a good anti-inflammatory, anti-ischemic, anti-thrombotic and brings psychological benefits. Therefore, bodybuilding does not encourage fatness as a culture, but neither does it censure those who are fat or consider themselves part of it. Bodybuilding, from its social and sporting dimension, invites to improve physical and eating habits. In this sense, it promotes physical activity in general and, especially, invites those who suffer from this disease to treat it.

3.6. *Bodybuilding: a tool of emancipation or a tool of power?*

As Tajrobehkar (2016) shows there is a whole debate about whether (as presented in gender issues) bodybuilding emancipates (in his case) women or not. In the face of this debate there are two positions (A) bodybuilding emancipates women and (B) bodybuilding is a tool of power that

subjugates women. To support the first position, Tajrobehkar alludes that muscularity is favorable against the prototype body based on femininity. To justify (A) Tajrobehkar holds that the construction of a muscular body is an emancipatory practice for them in the way that they challenge the hegemonic vision of the female body as a weak, fragile and limited body. On the other hand, she shows that (B) can be justified on the basis that femininity is evaluated in the Bikini contest and is a compulsory element, so this contest reproduces the ideals of how a woman should look. Therefore, the author argues that Bikini contests reproduce and reinforce hegemonic ideals of femininity. The arguments run's as follows:

(A) MUSCULATURE IS FAVORABLE	(B) MUSCULATURE IS SOMETHING TO BE CONDEMNED
<p>MF1. A woman is a bodybuilder if and only if she has a training regimen, adjusted diet and adequate rest for building musculature.</p> <p>MF2. The hegemonic prototype of body based on feminity is a body that represents the woman's as fragile, limited and weak.</p> <p>MF3. If a woman is a bodybuilder, then she challenges the construction of a hegemonic prototype body based on feminity.</p> <p>MF4. If a bodybuilder challenges the prototype body based on feminity, then she does not represent woman's as fragile, limited and weak.</p> <p>MF5. A woman is empowered by culturism if and only if she does not represent woman's as fragile, limited and weak.</p> <p>MF6. If a woman is empowered by culturism, then musculature is favorable against a prototype body based on feminity.</p> <p>C. Musculature is favorable against a prototype body based on feminity.</p>	<p>MC1. If a bikini competitor is a bodybuilder, then she has a training regimen, adjusted diet and adequate rest for building musculature.</p> <p>MC2. A training regimen, adjusted diet and adequate rest for building musculature in bikini is focused on building a body under a hegemonic prototype of body based feminity.</p> <p>MC3. The hegemonic prototype body based on feminity is a body that represents the woman's as fragile, limited and weak.</p> <p>MC4. If Bikini competitions building musculature, then they reproduce and reinforce the hegemonic prototype of feminity.</p> <p>C. Musculature is something to be condemned.</p>

(A) MF1 is Tajrobehkar's proposed definition of what a bodybuilder is. In that sense, a bodybuilder is defined as a human being who trains, eats and rests with the aim of create a muscular body. In MF2 Ta-

jobehkar proposed a hegemonic definition about femininity. This definition suggests that a woman's body must be "fragile, limited, and weak". As gender studies have shown, this definition is problematic because historically, it has served to justify the oppression of millions of women around the world. MF3 and MF4 holds that every woman who is a bodybuilder and is seeking a muscular body is challenging MF2. Therefore, the body of a bodybuilder is a counter-hegemonic body that is built through prolonged suffering and effort. For that reason, MF5 proposes that women who practice bodybuilding are empowered women. MF6 argues that such empowerment because of bodybuilding is favorable against the hegemonic body prototype because it shows the physical and mental strength that a bodybuilder has in the development of his practice. With all the above, Tajrobekhar concludes that musculature is favorable against the hegemonic body prototype over women based on femininity.

- (B) Again, the argument begins in MC1 with the definition of what a bodybuilder is. However, in MC2 it is posited that the quest of a Bikini athlete is to build a body based on femininity. This implies building a body that is underdeveloped in muscular terms but is compensated in "aesthetic" terms. Therefore, MC4 holds that the bikini competitions reproduce and reinforce the hegemonic prototype of femininity. For example, Tajrobekhar says that some criteria to judge bikini competitors are sexist and are under femininity criteria: the competitors are judged by his competition outfit, shoes, hair, makeup and tan (IFBB, 2014) and in the IFBB Bikini Fitness rules indicate that the "general impression of the physique should take into consideration the hair and facial beauty", "condition of the skin and skin tone", and "the competitor's ability to present herself with confidence, poise and grace." (IFBB, 2014; p. 8). Furthermore, within the bodybuilding community it is widely acknowledged that competitors with larger breasts are judged more favorably. In that sense, Tajrobekhar holds that at the time the posing routine is being performed (known as the 'bikini walk') the judges are evaluating things like winking, quick shoulder shrugs, hip swings, slow and exaggerated turns and having the feet wide apart during the back pose. For these reasons the Bikini competitors are encouraged, perhaps even mandated, to display themselves in an overtly sexual manner. The display and indeed exaggeration of femininity and heterosexuality, according to his observations, is the ubiquitous norm in Bikini competitions. For these reasons Tajrobekhar concludes that the musculature created

by Bikini athletes should be condemned.

Both arguments can be extrapolated to all of the bodybuilding community. In that sense, (A) and (B) are compatible in most Mr. Olympia categories. It all depends on the point of view of the arguer. However, here I want to expand both arguments. First (A): the argument that bodybuilding is a tool of emancipation. Generally speaking, the most recurrent argument in the literature on the practice of sports by muscular women highlights a whole series of transgressive positions vis-à-vis hegemonic gender norms. As Jordi-Sánchez (2014) through his ethnographic study on Spanish bodybuilding comes to the transgressor idea that female bodybuilding has conquering “a physical power secularly denied in terms ranging from physical liberation to self-realization or self-fulfillment (Castelnuovo and Guthrie 1998, Roth- Bassow 2004, and Roussel and Griffet 2000)” (Jordi-Sánchez, 2014; 2). In that sense, as Schilling and Bunsel (2009) mention about female bodybuilders:

Female bodybuilders are considered scandalous in the view of the 'normals' because they *reject* the relatively passive roles, customs, body techniques, and appearances associated with learning in Western femininity (...) and are adopting other modes of physical appearance, behavior, action, experience, and consumption (Schilling and Bunsel, 2009; p. 148).

This, of course, is problematic and diametrically opposed to the second position because it would be juxtaposed to it. This is interesting, even within the female bodybuilder experience itself. As one Spanish competitor quoted by Sanchez comments:

[Female bodybuilder 1]: I don't wear my nails this long, I don't wear extensions, I don't wear makeup, I don't wear heels, I don't wear miniskirts. And of course, if you see one of those bodybuilder women in a tracksuit, who don't really let themselves be seen like that, but well, with short nails, unpainted, without make-up, you would say... puff (...) don't be mistaken with me. I don't like it and I stopped competing in women's bodybuilding (Jordi-Sánchez, 2014; p. 10).

This position leads us to confront with (B): the argument that bodybuilding is tool of power to create hegemonic bodies. Indeed, one cannot get past the fact that bodybuilding contests are often used from marketing to establish beauty ideals of what a fit body should look like. In that sense, bodybuilding can be seen as an enterprise of manufacturing

canonical bodies and based on these ideals, products are sold to achieve the aesthetic goals set, which are often quite costly for average human beings in economic terms. All in all, what I want to express is the following idea: the body is inscribed in an institution that molds it according to the expectations that the social context presupposes as the “should be” and adapts physical activity, nutrition and rest based on these ideals. It is not for nothing that women, usually, overtrain the *lower* body and men overtrain the *upper* body. As expressed by a female bodybuilder:

[Female bodybuilder 2]: There still should be a feminine component in it [in bodybuilding competitions]. You don't wanna come out there not looking all pretty and cute, because that obviously *sells* you. You have to somehow manage that sexiness, that curvature, that makes a woman beautiful. That's why you get all dolled up and you go out and try to move in a sexy manner versus a very mechanical manner (Tajrobehkar, 2016; p. 13).

Of course, to achieve these ideals or “sell yourself” to the fitness industry, many gym-goers and especially bodybuilders abuse the use of AAS as I discussed in section 2.1. For this reason, I believe that a preventive framework is necessary to avoid the use of AAS in non-competitive recreational users. Usually, these AAS users do not have a medical team to support them, generating physical and health problems in their person. In the following section I will propose such a framework with the objective of inviting to avoid AAS abuse.

4. A PREVENTIVE FRAMEWORK FOR THE REGULATION OF AAS IN NON-PROFESSIONAL BODYBUILDERS:

The framework proposed here to suggest avoiding the use of AAS in recreational gym users is shaped by a triad: (1) core values in relation to oneself, (2) a precautionary principle, and (3) a principle of beneficence. This triad suggests a series of precautions that should be considered by subjects who have think or wish to use AAS indiscriminately (*i.e.*, without medical equipment, pre-intra-post cycle hormone testing or basic knowledge of sports physiology).

4.1. Core values in relation to oneself

In this subsection I want to propose that there are two types of values in relation to oneself. Epistemic values and moral values. Epistemic values are those values that guide us in our search for and evaluation of knowledge. On the other hand, moral values are those values that guide us in our actions and practical life. I hold the thesis that epistemic values and moral values are related (not causally) to each other. That is: it is likely that the better epistemic values we forge, the more likely we are to act better. Some epistemic values that we should keep in mind to better understand how AAS works and their risks are the following:

- A. Intellectual rigor:** look for solid and consistent evidence to support our information, our beliefs about their effects, and our conclusions.
- B. Intellectual responsibility:** being accountable for our own beliefs, conclusions and being willing to review and revise them if the evidence requires it. Likewise, to be responsible if we assume any belief that turns out to be false, with its consequences for our person.
- C. Impartiality:** to treat all sources of information fairly and equitably, without prejudging or biasing the information in our favor.
- D. Openness:** being open to new ideas and perspectives, even if they go against our previous beliefs.

These four epistemic values should help us to better forge our initial intuitions and beliefs about the use and abuse of AAS, especially when we are not engaged in bodybuilding at a sporting level. In this way, we would be able to make better decisions and avoid infringing on our integrity. On the other hand, some moral values that may persuade us not to consume AAS are the following:

- A. Integrity:** respect our physical well-being and avoid intentionally causing harm.
- B. Self-care:** taking care of our own body and health, and making decisions that are beneficial to our physical and mental well-being.
- C. Abstinence:** making informed and responsible decisions regarding AAS use considering how these decisions may affect our bodies and our health.

These moral values seek to invite recreational gym users to avoid the use of AAS because of the health risk they may incur. In that sense, the

invitation is for recreational gym users to follow a healthy plan through weight training, cardiovascular exercise, good nutrition and adequate rest over time. This would lead to good muscle development and good health. If they decide to use them, the following principles are proposed:

4.2. *Hormonal benefit principle (HBP)*

This principle dictates that AAS can be used if and only if the user has a hormonal deficiency. For example, in men over the age of thirty, testosterone begins to drop, bringing with it the accumulation of visceral fat and alopecia. In these cases, if the endocrinologist determines that the individual is below the normal testosterone range (300 to 1000 nanograms per deciliter), he may begin lifelong testosterone replacement therapy (TRT). In this case, HBP would be as follows:

HBP: the use of AAS can be endorsed in individuals if and only if it improves the quality of life of human beings who need them when (1) they have lost their hormone levels or (2) they do not have them at birth.

HBP could improve the physical and sexual capabilities of humans in that it would help bring hormone values back up to desired physiological ranges. This principle shows that, in my case, I am not a prohibitionist regarding the use of AAS in society. However, I do appeal for a responsible use of such substances. On the other hand, if there is no hormone deficiency, if you are not a professional bodybuilder, if you do not have medical equipment or money for constant hormone testing, you should prevent its use.

4.3. *Sports precautionary principle (SPP)*

SPP seeks, for the well-being of recreational gym users, to avoid the use of AAS to promote physical, mental and hormonal well-being within sports activities. Although, within professional sports there are many cases of doping (to see this watch the documentary *Icarus* by Bryan Fogel, who tells the story of doping to win an amateur cycling race and running into a major international doping scandal when he asks Grigory Rodchenkov, the head of the Russian anti-doping laboratory, for help)

this does not exempt us as individuals to do so. Therefore, SPP is as follows:

SPP: AAS use should be prohibited if and only if the individual (1) is in normal hormonal ranges, (2) is not a professional bodybuilder, or (3) does not have adequate medical equipment for ongoing testing.

If for some reason the individual has (1), (2) and (3) and is aware of the individual risks that AAS may cause to his physical, hormonal and mental well-being and chooses to do so, he is well within his rights to do so since the use of the right to freedom cannot be prohibited in open and democratic societies. However, I reiterate, individuals who are going to do so are urged to inform themselves adequately of all the effects that AAS produce.

5. CONCLUSION

This study has offered a comprehensive view of bodybuilding, from its history to its ethical and social issues in today's society. By exploring its evolution from its beginnings to become a significant cultural and sporting phenomenon, its influence on body perception, beauty standards, and gender norms was evidenced. The historical narrative revealed how bodybuilding, once a fringe subculture, has emerged as an influential component of contemporary society, impacting the collective perception of masculinity, femininity, and aesthetic ideals. However, this popularity has also exposed a number of ethical and social challenges. From gender issues to eugenicism, racism, ableism, and unrealistic beauty standards, problems rooted within bodybuilding were identified and discussed. These problems underscore the need for further reflection and discussion within the field of science, technology and society studies. In addition, a preventive framework for the indiscriminate use of anabolic substances in recreational gym users has been proposed. This ethical framework seeks to encourage a reflection on personal values, hormonal caution, and the preventive sports principle when considering the use of such substances. The main intention of this paper is to highlight these ethical and social challenges, encouraging a broader and more critical dialogue. It is hoped that this analysis will serve as a call to action for future research that delves deeper into these complex issues. Understanding the interplay between

bodybuilding, ethics, and society is essential to effectively address these evolving challenges.

6. DISCLOSURE STATEMENT

The author reports there are no competing interests to declare.

REFERENCES

- Aranyosi, I. (2017). Body, Skill, and look: is bodybuilding a sport? *Springer Science + Business Media Dordrecht*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11097-017-9513-3>
- Aoki, D. (1996). Sex and Muscle: The Female Bodybuilder Meets Lacan. *Body & Society*, 2(4), 59-74. <https://doi.org/10.1177/1357034X96002004004>
- Baldwin R. (2018). RETRACTED ARTICLE: Who are they to judge? Overcoming anthropometry through fat bodybuilding. *Fat Studies*, 7:3, i-xiii. DOI: <https://doi.org/10.1080/21604851.2018.153622>
- Bridges, T. (2009). Gender capital and male bodybuilders. *Body and society*, 15(1), 83-107. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357034X08100148>
- Burke, M. (2001). Drug Taking, Bodybuilding and Sporting Women. *Professional Ethics, a Multidisciplinary Journal* 9 (3-4):49-80.
- Castelnuovo, S. (1998). *Feminism and the female body: liberating the Amazon within*. Boulder: L. Rienner Publishers. Edited by Sharon Ruth Guthrie.
- Conquet, R. (2014). Conversion to bodybuilding. *International Review for the Sociology of Sport* 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1177/101269021455-7102>.
- Daley, C (2008). The strongman of eugenics, Eugen Sandow. *Australian Historical Studies*, 33(120), 233-248, DOI: <https://doi.org/10.1080/10314610208596217>
- Dean, M. (2011). Visualizing Resistance: Foucauldian Ethics and the Female Body Builder. *Phaenex*, 6(1). DOI: <https://doi.org/10.22329/p.v6i1.3152>
- Fair, J. (2003). Mr. America: Idealism or racism: Color consciousness and the AAU Mr. America contest, 1939-1982. *Iron Game History*, 8(1), pp. 9-30
- Gaines, C. & Butler, G. (1974). *Pumping Iron. The art and sport of Bodybuilding*. New York: Simon and Schuster.
- Gavey, N. (1996). Women's bodybuilding: Feminist resistance and/or femininity's recuperation? *Body & Society*, 2(4), 45–57. <https://doi.org/10.1177/1357034X96002004003>

- International Federation of Bodybuilding & Fitness. (2014). IFBB rules for bodybuilding and fitness: 2014 edition. Approved by the IFBB International Congress, November 15, 2014, Brasilia, Brazil. International Federation of Bodybuilding & Fitness
- Jefferson, T (1998). Muscle, 'Hard Men' and 'Iron' Mike Tyson: Reflections on Desire, Anxiety and the Embodiment of Masculinity. *Body & Society*, 4(1), 77 - 98. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357034X98004001005>
- Jordi-Sánchez, M. (2014). El músculo negado. Placer artesano y relaciones socio-afectivas en el culturismo femenino. *Gazeta de Antropología*, 30(3). DOI: <https://doi.org/10.30827/Digibug.33812>
- Klein, A. (1993). *Little Big Men: Bodybuilding Subculture and Gender Construction*. Albany: State University of New York Press.
- Law, S. W. L. (2021). Transgender trouble: gender transcendence in self-ethnographic genderqueer experience in Hong Kong. *Inter-Asia Cultural Studies*, 22(2), 196–214. <https://doi.org/10.1080/14649373.2021.1927556>
- Madej, K. (2021). Motivational bodybuilding videos as a component of discourse influencing perceptions of masculinities. *Society Register*, 5(1), 117-134. DOI: <https://doi.org/10.14746/sr.2021.5.1.06>
- Mauss, M. (1934). Techniques of the body. *Journal de psychologie normale et pathologique, Paris, AnnCe XXXII*, 1935, pp. 271-93. Reprinted in Marcel Mauss, *Sociologie et Anthropologie*, 4th edition, Paris: Presses Universitaires de France, 1968. pp. 364-386.
- Monaghan, L. (2001). *Bodybuilding, Drugs and Risk*. London and New York: Taylor and Francis Groups.
- Monaghan, L. (1999). Creating 'the perfect body': A variable project. *Body & Society*, 5(2-3), 267. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357034X99005002015>
- Morton, M. (2004). Artificial Effemination. *Philosophy in the Contemporary World* 11 (1):27-34.
- Mosley, P. E. (2009). *Bigorexia: Bodybuilding and Muscle Dysmorphia*. *European Eating Disorders Review* 17, no. 3: 191–98. <https://doi.org/10.1002/erv.897>
- Pope, H. and Katz, D. (1990). Homicide and near homicide by anabolic steroid users. *Journal of Clinical Psychiatry*, 51(1), 28–31.
- Schilling, C. and Bunsel, T. (2009). The female bodybuilder as a gender outlaw. *Qualitative Research in Sport and Exercise*, 1(2), 141-159. DOI: <https://doi.org/10.1080/19398440902909009>
- Schwarzenegger, A (1985). *Encyclopedia of Modern Bodybuilding*. New York: Simon & Schuster.

- Selvi, K. (2019). The dark side of bodybuilding: the role of bodybuilding activities in compensation of frustrated basic psychological needs. *Springer Science + Business Media*, LLC, part of Springer Nature. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11031-019-09805-6>
- Shepherdson, C. (1994). The Role of Gender and the Imperative of Sex," *Supposing the Subject*, ed. Joan Copjec. 15
- Sparkes, A., Brighton, J. and Inckle, K. (2017). Imperfect perfection and wheelchair bodybuilding: challenging ableism or reproducing normalcy? *Sociology*. pp. 1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0038038517737476>.
- Stokvis, R. (2006). The Emancipation of Bodybuilding. *Sport in Society: Cultures, Commerce, Media, Politics*, 9(3), 463-479, DOI: <https://doi.org/10.1080/17430430600673480>
- Tajrobehkar, B. (2016). *Flirting with the Judges: Bikini Fitness Competitors' Negotiations of Femininity in Bodybuilding Competitions*. *Sociology of Sport Journal*. Human Kinetics, Inc. DOI: <https://doi.org/10.1123/ssj.2015-0152>
- Wellman, M. (2020). What it means to be a bodybuilder: social media influencer labor and the construction of identity in the bodybuilding subculture. *The Communication Review*. 23. <https://doi.org/10.1080/10714421.2020.1829303>.
- Williamson, D. (1994). The psychological effects of anabolic steroids. *The International Journal of Drug Policy*, 5(1), 18–22.
- Worthen, M. & Baker, S.. (2016). Pushing Up on the Glass Ceiling of Female Muscularity: Women's Bodybuilding as Edgework. *Deviant Behavior*. 37. 1-25. <https://doi.org/10.1080/01639625.2015.1060741>.

eISSN: 1989-3612
DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31735>

UNIVERSO DE PROCESOS: REALIDAD FÍSICA CAMBIANTE Y CUADRIDIMENSIONAL

Universe of processes: changing and four-dimensional physical reality

Juan TOMÉ
Catedrático ES JuntaEx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1910-3945>

Recibido: 25/10/2024 Revisado: 23/01/2024 Aceptado: 26/02/2024

RESUMEN: Este trabajo defiende que una concepción de la realidad física como *universo de procesos* ofrece un marco adecuado para construir interpretaciones clarificadoras de fenómenos relativistas como la «dilatación temporal» y la «contracción de longitudes». Pretende además mostrar que la realidad física así concebida es, sin contradicciones, intrínsecamente cambiante y cuatridimensional. Por último, señala algunos rasgos de esa concepción que podrían tener interés en debates filosóficos que trascienden el marco al que este trabajo se restringe: el de lo relacionado con los fenómenos cinemáticos relativistas.

Palabras clave: relatividad, espaciotiempo, dilatación temporal, paradoja de los gemelos, contracción de longitudes.

ABSTRACT: This paper argues that a conception of physical reality as a *universe of processes* offers an adequate framework to construct clarifying interpretations of relativistic phenomena such as «time dilation» and «length contraction». It further aims to show that physical reality thus conceived is, without contradiction, intrinsically changing and four-dimensional. Finally, it points out some features of this conception that

could be of interest in philosophical debates that go beyond the framework to which this work is restricted: that of what is related to relativistic kinematic phenomena.

Keywords: relativity, spacetime, time dilation, twins paradox, length contraction.

1. INTRODUCCIÓN

La Teoría de la Relatividad (TR) cumple ya más de 100 años y tiene aplicaciones de uso general y cotidiano: la localización por satélite (GPS y otras) o la fijación del Tiempo Universal Coordinado por ejemplo. El correcto funcionamiento de esas aplicaciones extiende la base de sustentación de la teoría mucho más allá de los experimentos que han ido confirmando en todos sus detalles, de forma que su aceptación es general. Sin embargo, todavía se encuentran, en el campo de la física, diferentes interpretaciones de los fenómenos relativistas y del significado de las magnitudes asociadas. También hay diferencias, en el campo de la filosofía de la ciencia, acerca de las consecuencias que la TR tiene sobre la ontología del espacio, el tiempo o el espaciotiempo.

Este es un trabajo de divulgación científica sobre Relatividad, porque su objetivo principal es presentar una concepción de la realidad física que permite una interpretación clarificadora de los fenómenos cinemáticos de la Teoría de la Relatividad Especial (TRE): los llamados «dilatación temporal» y «contracción de longitudes». Sin embargo, en cuanto la concepción de realidad física que se presenta toma los *procesos*¹ como realidades primarias y conduce a establecer en términos de procesos qué son los relojes, qué miden y cuál es el significado de sus medidas, el trabajo se acerca, siempre desde el lado de la física, a territorios de la filosofía de la ciencia que le son fronterizos.

El trabajo tiene tres partes. La primera (Secciones 2 y 3) contiene una reflexión crítica sobre las explicaciones comunes de los fenómenos relativistas de «dilatación temporal» y de «contracción de longitudes» y sobre las dificultades que los no especialistas encuentran para aceptarlas. Tal reflexión conduce a señalar que la causa principal de esas dificultades sería que la concepción común de la realidad física y el lenguaje asociado

1. Las palabras y expresiones que tienen significado específico en este trabajo aparecen en cursivas la primera vez que aparecen.

separan las tres dimensiones espaciales de la temporal, por lo que son inapropiados para describir y explicar los fenómenos relativistas, que son intrínsecamente cuadrimensionales. La comprensión de los fenómenos relativistas requeriría entonces disponer de una concepción de la realidad física que sea intrínsecamente cuadrimensional y que use lenguaje y representaciones que no contradigan lo que tratan de describir y explicar.

La segunda parte constituye el núcleo del trabajo. Empieza presentando una concepción de la realidad física que satisface los requerimientos que el análisis de la primera parte determina: ser intrínsecamente cuadrimensional y usar lenguaje y representaciones consistentes. Luego va mostrando cómo se pueden explicar e interpretar, en ese marco conceptual, los fenómenos relativistas de «dilatación temporal» y de «contracción de longitudes». Con más detalle, esta segunda parte del trabajo avanza dando los siguientes pasos:

1. En las secciones 4 y 5 se describe la evidencia del cambio sin referirlo a estados de sistemas materiales y se considera que los procesos, sucesiones de cambios concatenados, son los componentes básicos, primarios, de la realidad física. Esta realidad, considerada en conjunto, sería una maraña de procesos interrelacionados, cada uno con su propia dirección cuadrimensional de cambio, resultante de las interacciones con otros. La realidad física así entendida puede llamarse *universo de procesos*, y es, sin contradicciones, intrínsecamente cambiante y cuadrimensional.
2. En la sección 6 se establecen las siguientes correspondencias entre entidades físicas y geométricas:
 - a) Cambio (suceso, hecho) ↔ *sitiomomento* (punto del espacio-tiempo)
 - b) Proceso simple ↔ línea de universo
 - c) Proceso complejo (colección de procesos simples casi paralelos) ↔ hoja, tubo de universo
 - d) Universo de procesos ↔ espaciotiempo
3. En la sección 7 se define qué son los relojes y se precisa el significado de sus medidas al margen de la idea de tiempo. En concreto, se establece que:
 - a) Los relojes no son artilugios; son procesos naturales que se repiten o procesos que distintos artilugios son capaces de repetir.
 - b) Las medidas con relojes, como todas, tienen que ser comparación de entidades semejantes. Si los relojes son procesos, las

medidas con relojes tienen que ser comparaciones de procesos. Los relojes son los procesos patrón en esas comparaciones.

- c) El resultado de tales medidas tiene que ser una magnitud física propia de los procesos que se comparan con el proceso reloj. Tal magnitud es la *duración* del proceso medido, algo muy concreto, muy distinto del tiempo abstracto.
 - d) La duración de los procesos puede identificarse con el «tiempo propio» relativista y asociarse con la longitud cuadrdimensional de las líneas de universo en el espaciotiempo. Eso la señala como la magnitud física que estructura geoméricamente el espaciotiempo.
4. En la sección 8 se pone de manifiesto que las experiencias de desincronización de relojes (que suelen explicarse en términos de «dilatación del tiempo», de «tiempos que pasan» más deprisa o más despacio o de relojes que atrasan o adelantan) tienen una explicación alternativa en el marco del universo de procesos. Tal explicación prescinde de «tiempo» (idea y palabra), acepta la hipótesis de que los relojes mantienen sus ritmos durante tales experiencias, y señala que la desincronización resulta de comparar lo que marcan relojes que miden cosas distintas.
 5. En las secciones 9 y 10 se explica que las entidades espaciales («objetos», «presentes») no son realidades físicas, sino cortes tridimensionales de realidades cuadrdimensionales, que los «objetos» son cortes de procesos complejos y que los fenómenos relativistas de «contracción de longitudes» resultan de comparar medidas de longitud de distintos cortes del mismo proceso.
 6. En la sección 11 se interpreta el movimiento relativo como percepción tridimensional sucesiva de la oblicuidad cuadrdimensional de dos procesos, oblicuidad que se manifiesta como distancia espacial cambiante entre ellos.

La tercera parte (Sección 12) complementa el contenido del trabajo con algunos apuntes sobre temas de filosofía de la ciencia relacionados con él. Aunque quedan fuera del alcance propiamente científico del trabajo, podrían servir para contrastar con otras la concepción de la realidad física presentada. Sucesivas subsecciones tratan brevemente sobre evolución y cuadrdimensionalidad, sobre cuadrdimensionalidad y dinamismo, sobre procesos y presentes, sobre cambio y realidad, sobre procesos y espaciotiempo, y sobre cambio y reversibilidad.

2. EL PUNTO DE PARTIDA

Cuando alguien interesado en comprender la Teoría de la Relatividad Especial (TRE) lee trabajos de introducción o divulgación, se encontrará con frases como «los relojes en movimiento atrasan» o «los objetos se acortan en la dirección del movimiento». Y en sus intentos de comprenderlas, es posible que llegue a situaciones que le induzcan a preguntarse si atrasan realmente esos relojes o si se acortan realmente esos objetos. Si lee, por ejemplo, en relación con dos trenes que se cruzan, que para los observadores del tren A los relojes del tren B atrasan, y a continuación, ilustrando el postulado de relatividad, se encuentra con que para los observadores del tren B son los relojes del A los que atrasan, es muy razonable que se pregunte: pero ¿cómo van a atrasar, realmente, los relojes de los dos trenes? Y cuando lea que el tren B se acorta para los observadores del A y que el A se acorta para los del B, se encontrará en una situación de perplejidad parecida y se sorprenderá pensando: ¿cómo es posible que se acorten realmente los dos trenes?

Para los especialistas no hay perplejidad, porque tienen claro el significado preciso de «realmente» en esas frases: la realidad es lo que reflejan las medidas de longitud y las medidas de los relojes en un Sistema de Referencia (SR) dado. Y no hay contradicciones entre las medidas de distintos SR porque, a causa de la relatividad de la simultaneidad, las medidas realizadas en un sistema no son las mismas que las realizadas en el otro. Además de la realidad de las medidas, son reales las consecuencias asociadas. Por ejemplo: son muy reales las longitudes de los recorridos en los aceleradores de partículas y muy real que las partículas los completan; también es entonces muy real que se «dilata la vida» de las partículas en movimiento y que para ellas se «contrae la longitud del recorrido», porque si no fuera así no vivirían lo suficiente para alcanzar los blancos contra los que chocan.

Taylor y Wheeler se ponen en la piel de los neófitos perplejos y enfrentan la pregunta: ¿atrasan realmente los relojes en movimiento? Para contestar, la reformulan en otras dos: una, “¿están realmente verificadas mediante experimentos las diferencias entre frecuencias de relojes?”; y otra, “¿cambia algo realmente en un reloj cuando se mueve, de lo que resulte el cambio observado en la frecuencia de tictac?” (Taylor y Wheeler, 1992, 76-77). A la primera contestan rotundamente que sí, apoyándose en las medidas de vidas de partículas en aceleradores. Y a la segunda rotundamente que no, porque, de lo contrario, habría que admitir que cada vez que una persona, a capricho, alterara su movimiento, se vería afectado el funcionamiento de todos los relojes cuyos movimientos respecto a la persona quedaran, por ese capricho, alterados. Aunque Taylor y Wheeler

hacen ver que las dos respuestas muestran caras distintas de la misma pregunta inicial, y que no hay contradicción entre ellas si se piensa espaciotemporalmente, es posible que la perplejidad de los neófitos siga viva y les lleve a cuestionarse ahora: ¿cómo atrasa un reloj sin que se altere su funcionamiento?, y quizás también, por analogía: ¿cómo se contrae algo si no se altera su estructura, si no disminuyen sus distancias internas?

Debiera entenderse, en mi opinión, que quienes persisten en preguntar acerca de la realidad de la «dilatación temporal» y de la «contracción de longitudes» están manifestando, sin explicitarlo, que esos fenómenos no encajan en su concepción del mundo, y están pidiendo, además, también sin explicitarlo, que se les muestre la concepción alternativa en la que deben encajarlos a fin de encontrar respuestas satisfactorias a las preguntas formuladas. ¿En qué concepción del mundo es posible que un reloj atrase sin que cambie su ritmo? ¿En qué realidad física es posible que algo se contraiga sin que se altere su estructura interna? El punto de partida de este trabajo es aceptar la pertinencia de esas preguntas y considerar que el intento de contestarlas es una magnífica oportunidad de caracterizar el tipo de realidad física que es consistente con la revolución conceptual que la TRE supuso.

3. LA TRE Y EL CAMBIO DE CONCEPCIÓN DE LA REALIDAD FÍSICA

La concepción común de la realidad física, la que adquirimos por experiencia propia, se basa en la idea de objeto que puede cambiar de aspecto, de forma y de posición respecto de nosotros. Además de fuertes componentes culturales, tiene también un soporte biológico que resulta del desarrollo del cerebro y de sus funciones a lo largo de la evolución animal. Jerison (1973) estudió la evolución de los mundos perceptuales de los vertebrados, esto es, de los modelos que sus cerebros construyen para interpretar la información sensorial que reciben del entorno. Sostuvo la hipótesis de que el mundo perceptual de los mamíferos resulta de la integración de enormes colecciones de datos (recibidos de distintos lugares y en distintos momentos, sobre todo por vía auditiva y visual) en las unidades interpretativas que llamamos objetos, a las que se otorga (inconscientemente, claro está) la cualidad de subyacer a las percepciones de los cambios sucesivos. Según eso, la concepción común de la realidad física compartiría lo esencial con el mundo perceptual de los mamíferos. Por otra parte, el modelo de la física clásica se corresponde con la concepción común: la realidad física se describe en términos de un espacio de tres dimensiones estructurado a partir de objetos y de una dimensión

más, la del tiempo, esencialmente distinta de las espaciales y en la que se suceden los cambios de los objetos.

La TRE alteró radicalmente esa concepción al reconocer que las tres dimensiones espaciales y la temporal están inseparable y profundamente imbricadas en un continuo cuadridimensional. La aportación fundamental de la TRE no es la cuadridimensionalidad (la realidad de la física clásica ya lo era) sino la afirmación de que espacio y tiempo dejan de ser independientes para integrarse en el espaciotiempo, lo que tiene como consecuencia inmediata que «objeto tridimensional» y «tiempo unidimensional» dejen de tener sentido por separado. Szamosi (1986) hace ver que la TR quiebra los fundamentos del mundo perceptual de los mamíferos. Aceptarla es difícil. Requiere renunciar a concepciones personales profundamente arraigadas porque son intuitivas, porque resultan de la evolución biológica de los sistemas de percepción, porque las compartimos todas las personas y porque son necesarias, útiles y exitosas para la interpretación de los fenómenos de nuestro entorno.

La tarea de presentar una concepción de la realidad física que sea consistente con la TRE y que se muestre como alternativa a la concepción común, debe hacerse usando lenguaje y representaciones que no contradigan lo que tratan de describir y explicar, que no induzcan a recaer en el pensamiento clásico, que no tiren piedras contra el tejado de lo que se intenta construir. El lenguaje común, que separa espacio y tiempo por razones originarias (nace en el mundo perceptual de los mamíferos), y las representaciones de objetos que cambian de posición a medida que pasa el tiempo son útiles para la descripción de la realidad clásica, pero conducen a incoherencias inevitables y a comprensiones insatisfactorias cuando se trata de fenómenos relativistas. Valga como ejemplo que se denominen «dilatación temporal» y «contracción de longitudes» los dos fenómenos relativistas que esperan a quienes cruzan el umbral de las introducciones a la TRE, tanto en contextos de formación científica, de divulgación general o de aproximación filosófica. Pues bien, esas denominaciones hacen pensar que la «dilatación temporal» es cosa del tiempo y que la «contracción de longitudes» es cosa de los objetos, quedando así desvirtuado, desde el primer momento y por obra y poder del lenguaje, el carácter cuadridimensional intrínseco e inseparable de la realidad física, el que la TRE afirma y que esos fenómenos prueban.

Por eso, si se asume con todas sus consecuencias la cuadridimensionalidad inseparable de lo real, las descripciones, explicaciones e interpretaciones de los fenómenos relativistas, así como las posibles argumentaciones posteriores derivadas, deberían, por razones de coherencia, prescindir de los dos elementos disjuntos fundamentales de la

descripción clásica («objeto tridimensional» y «tiempo unidimensional»), y sustituirlos por un solo elemento cuatridimensional que los integrara: el proceso. En este trabajo se muestra que los procesos pueden ser los elementos básicos de la descripción de los fenómenos relativistas y de la realidad física misma, que dejaría de entenderse como universo de objetos que cambian en el tiempo para empezar a entenderse como universo de procesos.

4. PROCESOS

No hay permanencia en el universo, todo se transforma sin cesar, aunque, a veces, la prueba del cambio necesite estudios muy minuciosos. Cambiamos cuando respiramos, caminamos, percibimos, leemos, pensamos, cuando nos sentimos nosotros mismos; cambian los individuos de cualquier especie al realizar cualquiera de las funciones que les son propias, al seguir viviendo; cambia el paisaje, cambian los suelos, las montañas, cambian hasta las rocas, el planeta entero, por dentro y por fuera; ni la Tierra ni ningún planeta permanece, ni las estrellas ni las galaxias permanecen; ni siquiera el universo como un todo se mantiene igual a sí mismo, porque cambia la escala de su geometría interna, se expande, lo que se traduce en cambios de temperatura, densidad y composición que no han cesado desde el big bang, el cambio originario. El nuestro es un universo cambiante y a medida que deje de serlo será un universo muerto.

Pero los cambios no son sucesos caóticos o caprichosos, ni se presentan en grupos inconexos con los rasgos de lo casual. Antes bien, pueden ser reconocidos como eslabones de cadenas en las que se descubren reglas, pautas, que les dan consistencia, entidad. Se llaman aquí procesos a esas cadenas, a esas colecciones de cambios que pueden ordenarse en sucesión mediante explicaciones causales o de desarrollo organizado, de acuerdo con leyes científicas.

Todos los fenómenos pueden ser entendidos como procesos. Puede decirse que no hay seres, cosas, objetos, que sólo hay procesos. Nosotros mismos, más que «seres vivos» somos «procesos estar viviendo». Blank y Cerejido afirman:

En realidad, nadie encontró jamás una “cosa” estable en el Universo. En general llamamos “cosa” a una configuración de procesos cuyas escalas temporales nos resultan demasiado lentas. [...] Las cosas no son más que momentos de los procesos, en particular los momentos en que los

cambios son despreciables y la identidad del objeto se preserva (Blank y Cerejido, 1988, 27-28).

Y Rovelli señala que es el punto de vista compatible con la TR:

Concebir el mundo como un conjunto de eventos, de procesos, es el modo que mejor nos permite captarlo, comprenderlo, describirlo. Es el único modo compatible con la relatividad. El mundo no es un conjunto de cosas, es un conjunto de eventos. (Rovelli, 2018, 76-77)

En este trabajo, en todo lo que sigue, se consideran los procesos en su aspecto físico fundamental, esto es, en cuanto son susceptibles de medidas de duración. Los procesos físicos, químicos, biológicos, geológicos, astrofísicos o cosmológicos pueden contemplarse desde ese punto de vista, desde los más fugaces a los más persistentes. Al fin y al cabo, como se establece más adelante, la diferencia de duración es simple resultado de comparación mutua. Es razonable entonces, desde el punto de vista físico, considerar que los procesos son las entidades básicas para la descripción de la realidad y entender que el universo es un universo de procesos.

5. UNIVERSO DE PROCESOS

El cambio es ubicuo e incesante y se ordena en procesos. Cualquier hecho puede interpretarse como parte de un proceso que interacciona con otros. Ningún proceso se desarrolla al margen de los demás. Al contrario, se puede decir que los procesos se sostienen mutuamente, formando un entramado universal. El relieve, a gran y pequeña escala, la forma de los continentes y de la distribución de agua y tierra seca, la composición de la atmósfera, el clima global, todas esas propiedades cambiantes de la Tierra, se explican como procesos que encajan en la idea de planeta como como proceso geológico. Cada individuo, cada especie, cada ecosistema, todas esas unidades cambiantes, se pueden explicar cómo procesos bien encajados en la idea de la vida en la Tierra como proceso biológico planetario. Los grupos humanos, las ciudades, las naciones, los imperios o las civilizaciones, esas estructuras que aparecen, cambian y desaparecen, se explican como procesos que encajan en la idea de cultura humana como proceso social. El sistema solar es un proceso y la historia de la Tierra cabe en la suya. La historia del Sol, en particular, es determinante para la historia de la Tierra. Las estrellas y sus sistemas planetarios, las galaxias, todos los objetos celestes que cambian sin cesar bajo su apariencia inmutable, se explican como procesos que forman parte del universo descrito por las

cosmologías evolutivas. El universo sería la totalidad de los cambios concatenados en procesos de distinto rango, ligados de manera que el conjunto parece autoembridado. Es el proceso marco para los demás. Nosotros, como procesos, encajamos en el conjunto y estamos sostenidos por él.

La idea de universo como sistema de procesos se encuentra en Zubiri:

El universo en cuanto tal, el mundo en cuanto tal, no es un conjunto de cosas sometidas a cambio, sino un sistema procesual en cuanto sistema. Es formalmente y estructuralmente procesual, porque en él van surgiendo, en su lugar y a su hora, las cosas dotadas de una estructura, de una función y de un rango preciso (Zubiri, 2010, 90).

La interacción física entre procesos requiere su oblicuidad relativa. Si todos los procesos fueran paralelos no habría conexiones posibles entre ellos porque las conexiones también son procesos. El requerimiento de oblicuidad conlleva la multiplicidad de direcciones de los procesos, esto es, la multiplicidad de las posibles direcciones de cambio. Debe reconocerse que no hay razón alguna para suponer (como se hace implícitamente en la concepción clásica de la realidad física) que todos los procesos son paralelos, que todos los cambios se producen en la misma dirección, la que conduce del pasado al futuro del tiempo absoluto. Lo razonable es aceptar que cada cambio pueda seguirse de otros en cualquiera de las direcciones compatibles con la condición de conexión causal. Esta idea es fundamental para la comprensión del significado de las medidas de relojes (que adquieren, por eso, carácter direccional) y, por tanto, de los fenómenos cinemáticos de la TRE. Por otra parte, la idea de multiplicidad de las direcciones de cambio está en la raíz de la cuadridentalidad inseparable de los aspectos espaciales y temporales de la realidad física. Por eso puede decirse que la concepción del universo de procesos, además de ser intrínsecamente cambiante, es intrínsecamente cuadridental.

6. UNIVERSO DE PROCESOS Y SU CORRELATO FORMAL: EL ESPACIOTIEMPO

Una cosa es la realidad física y otra su representación. El universo de procesos, los procesos que lo constituyen y cada uno de los cambios que en ellos se concatenan son realidades físicas. Sus correlatos formales son, respectivamente, el espaciotiempo, las líneas de universo y cada uno de los puntos del espaciotiempo.

Los diagramas de Minkowski son las representaciones habituales del espaciotiempo. Los elementos básicos de estos diagramas (puntos del espaciotiempo y líneas de universo) se relacionan sin dificultad con las realidades físicas del universo de procesos. Cada punto del espaciotiempo se corresponde con un cambio, un suceso en el lenguaje habitual. Se resalta su carácter cuatridimensional llamándolos sitiomomentos. Las líneas de universo representan procesos simples, partículas elementales, por ejemplo. Los procesos complejos, haces de procesos simples casi paralelos ligados entre sí, se representan mediante hojas de universo si se considera solo una dimensión espacial en el diagrama, o mediante tubos de universo si se consideran dos. Hojas y tubos de universo son las regiones del espaciotiempo que reúnen todos los sitiomomentos de todas las líneas de universo de los procesos simples que componen un proceso complejo. El universo de procesos quedaría representado por una maraña de esas líneas, hojas y tubos, todos con direcciones comprendidas entre la vertical y la inclinada 45° , la de las líneas luz, porque los sitiomomentos de un proceso tienen que poder estar causalmente conectados y la velocidad de la luz es límite para la propagación de toda interacción.

Las distintas direcciones de líneas, hojas y tubos de universo corresponden a las distintas direcciones de cambio inherentes a los procesos que representan. Conviene subrayar que las direcciones de cambio no son direcciones espaciales sino espaciotemporales y que es ese entramado de direcciones, hecho realidad física por los procesos, el que materializa el continuo cuatridimensional en el que no tiene sentido separar lo espacial de lo temporal. El universo de procesos, esa maraña de procesos de todas las posibles direcciones de cambio, materializa el espaciotiempo.

7. LOS RELOJES Y EL SIGNIFICADO DE SUS MEDIDAS

Toda medida supone siempre una comparación, más o menos directa, de entidades homogéneas con el fin de cuantificar una propiedad física de las entidades comparadas. Entonces, al hacer medidas con relojes, ¿qué entidades se comparan?, ¿qué propiedad física de esas entidades es la que se cuantifica al hacerlas? Y otra pregunta que subyace a esas dos: ¿qué es un reloj? Parece necesario responderlas todas si se quiere dotar de significado físico preciso a las medidas que se hacen usando relojes. Sin embargo, no han sido suficientemente consideradas al tratar la TRE, aunque la crítica del tiempo es una de sus bases.

La inmensa mayoría de los instrumentos de medición necesitan interactuar con algo externo para que la medida y su resultado se produzcan. Termómetros, manómetros, balanzas, amperímetros, pehachímetros, cuentarrevoluciones, sismógrafos o fotómetros, responden a estímulos externos de distinto tipo, se equilibran, se ajustan o resuenan con ellos y así miden temperaturas, presiones, masas, intensidades de corrientes, concentraciones, velocidades de giro, vibraciones o luminosidades. Los relojes, a diferencia de todos ellos, no se alteran mientras miden. Solo las varas de medir y los patrones materiales de superficie o de volumen comparten con los relojes esa característica, y todos ellos tienen en común que sirven para medir magnitudes relacionadas con el sustrato profundo de la realidad física, con lo temporal y lo espacial. En la concepción clásica del mundo físico, la estructura de lo temporal es muy simple, y las varas de medir y los patrones de superficie o volumen, que sirven para contrastar las propiedades geométricas del espacio, tienen preeminencia sobre los relojes. Pero cuando la concepción del mundo físico cambia con la TR y los «objetos tridimensionales» y el «tiempo unidimensional» dejan de tener sentido por separado, los relojes pasan a ocupar el lugar preeminente, ahora se verá por qué.

Los relojes son instrumentos de medida singulares porque necesitan estar en marcha para serlo. Reconocer esto es de suma importancia, porque revela que lo esencial para que algo pueda servir como reloj es que pueda desarrollar un proceso. Los relojes son procesos. Un reloj de sol no es el gnomon y la plantilla de sombras; una clepsidra no es el recipiente agujereado, ni un reloj de arena es la doble ampollita que contiene el mármol molido y seco. Si no marchan, ni los relojes naturales, ni los mecánicos ni los electrónicos ni los atómicos son relojes. Los relojes son los procesos repetibles o repetidos que su diseño controla: la rotación de la Tierra, el vaciado (o el llenado) de un recipiente, la caída de mármol molido por una angostura, el vaivén de un péndulo, una oscilación piezoeléctrica o una transición energética en la corteza de átomos ¹³¹Cs.

A partir del reconocimiento de que los relojes son procesos repetibles, fluyen naturalmente las respuestas a las preguntas planteadas arriba:

1. Si los relojes son procesos, medir con relojes es comparar procesos. Tal comparación podrá ser más o menos directa, pero siempre existe
2. Los procesos reloj se repiten naturalmente (caso de la rotación de la Tierra) o artificialmente, sea de forma manual (caso de clepsidras y relojes de arena) o automática (caso de relojes mecánicos, electrónicos o atómicos). Por repetibles, son los procesos patrón en las comparacio-

nes en que consisten sus medidas. Los relojes que repiten automáticamente el proceso patrón son ritmos patrón.

3. La propiedad física que se cuantifica al medir con relojes tiene que serlo del proceso comparado con el reloj. Es su *duración*, magnitud dada por el número de veces que el proceso patrón cabe en él. La duración no es cantidad de tiempo abstracto, sino algo concreto que se predica del proceso comparado con el reloj.

Para realizar la medida directa de la duración de un proceso basta que un reloj lo acompañe, que siga todas sus vicisitudes. Por ejemplo, la duración de un vuelo tiene que ser medida por un reloj del avión; y las de un embarazo o de una jornada de trabajo tienen que ser medidas por relojes fijos a la embarazada o a quien trabaje, por ejemplo, a sus muñecas. De esta forma, el reloj se tiende junto al proceso con el que se compara (la línea de universo del reloj y la del proceso se superponen), y se pueden contar los tictacs que el reloj va dejando a lo largo del proceso, esto es, las veces que el proceso patrón cabe en él.

Realizar medidas directas de duración con relojes es análogo a medir longitudes de caminos con cintas métricas. Las cintas están pautadas por repetición de una longitud patrón. Los relojes están pautados por repetición de una duración patrón. Tender una cinta métrica a lo largo de todas las revueltas de un camino es análogo a que un reloj acompañe a un proceso en todas sus vicisitudes. Contar las veces que el metro cabe en el camino equivale a contar los tictacs del reloj que caben en el proceso al que acompaña.

Así, los relojes miden la longitud cuadridimensional de la línea de universo que representa al proceso medido. Por tanto, la duración puede identificarse con el «tiempo propio» relativista y relacionarse con el «intervalo», el invariante métrico de la geometría del espaciotiempo. Duración significa mucho más que cantidad de tiempo, entre otras cosas porque para comparar dos medidas de duración se necesita información sobre las direcciones espaciotemporales de los procesos medidos. Lo extraordinario es que una magnitud de significado tan profundo sea tan fácil de medir, se haya medido desde tan antiguo y se mida con la más humilde clepsidra o con el más sofisticado reloj atómico.

Resulta entonces que todas las medidas de reloj son medidas de «tiempos propios» (de duraciones propias de procesos concretos) y que todas son absolutas (todos los observadores coincidirán en asignar la misma duración al mismo proceso), en correspondencia con la invariancia del intervalo métrico relativista. La duración es una magnitud física fundamental. Reconocerlo justifica la elección de los procesos como

elementos básicos de la descripción de la realidad física y de las explicaciones de los fenómenos relativistas.

Minkowski (2012), en 1908, en la conferencia de Colonia donde presentó su concepción del espaciotiempo, definió el «tiempo propio» como cantidad puramente geométrica: longitud cuatridimensional de una línea de universo. Eddington, en 1920, le da significado físico:

Hay una interpretación física del intervalo-longitud a lo largo de la trayectoria [de universo] de una partícula que ayuda a dar una idea más tangible de su significado. Es el tiempo percibido por un observador, o medido por un reloj transportado por la partícula. Se llama tiempo propio; [...] (Eddington, 1959, 71).

Ese significado ha permanecido en textos académicos y de divulgación. Pero tanto en la formulación de Eddington como en otras (“tiempo que sería medido por un reloj transportado a lo largo de la línea de universo” (Hartle, 2003, 60) o “intervalo temporal experimentado realmente por la partícula” (Penrose, 2011, 295), por ejemplo), el significado adolece de la ambigüedad que se deriva de referirse al tiempo para establecerlo. Es como si se definiera la longitud en términos de «intervalos de espacio» abstractos, sin referencia alguna a realidades materiales concretas, sin establecer previamente que las medidas de longitud suponen la comparación de objetos concretos con un objeto patrón: la vara de medir.

Esa ambigüedad se elimina cuando se identifica «tiempo propio» con duración de procesos, porque duración no es intervalo temporal abstracto sino propiedad de realidades físicas concretas. La identificación de «tiempo propio» con duración lo dota de significado físico pleno, más allá de su definición algebraica y de su significado geométrico. Tiene además varias consecuencias importantes:

1. Se precisa el significado de «propio». Mientras que al decir «tiempo propio» cabe preguntarse ¿de qué?, al decir «duración propia» no hay ambigüedad: la duración siempre es propia, propia de un proceso concreto.
2. Se evitan distinciones artificiosas entre «tiempo propio» y «tiempo impropio», o entre «tiempo propio» y «tiempo coordinado», que son frecuentes en textos sobre relatividad, tanto de carácter científico como filosófico, y que se usan para distinguir «tiempos» medidos por relojes en reposo o en movimiento. Como la distinción entre reposo y movimiento es sólo subjetiva, el significado físico de lo medido por relojes tiene que ser el mismo, tanto si están en movimiento como si no. Todos los relojes miden duraciones propias de algún proceso, aunque no siempre sea

evidente de cuál. Ese es el caso de los relojes que marcan el «tiempo coordinado» de los SR: miden duraciones de procesos, reales o imaginados, que transcurran en reposo en ese SR.

3. Se puede dar una explicación natural de la existencia de un límite superior de velocidades, al asociarlo con la existencia de un cero absoluto de duraciones. En los diagramas de Minkowski, las líneas luz, de intervalo métrico cero, separan las regiones del espaciotiempo que, para un sitio-momento dado, tienen conexión causal posible con él y las que no. En la concepción del universo de procesos, tales líneas representan procesos luz, de duración cero, y marcan el límite de las direcciones posibles de cambio a partir de un sitio-momento dado. Ese límite parece natural: no tiene sentido que haya procesos que duren menos que nada, que un reloj cuente menos que cero tictacs. Existir en el universo de procesos es estar en proceso, esto es, formar parte de una sucesión de cambios duradera. Hay que cambiar para existir, pero en proceso, teniendo duración. No hay procesos de duración negativa, en correspondencia con que toda línea de universo es de intervalo métrico positivo y enhebra sitio-momentos entre los que es posible la conexión causal.

8. LA INTERPRETACIÓN DE LA «DILATACIÓN TEMPORAL»

Se observan fenómenos de «dilatación temporal» cuando dos relojes de calidad (capaces de mantener sus ritmos con una constancia extraordinaria) que empiezan a medir a la vez marcando lo mismo (sincronizados) terminan de medir a la vez marcando distinto (desincronizados). Ese es el hecho experimental desnudo, anterior a cualquier explicación. Por eso, para evitar que el nombre del fenómeno presuponga una de las explicaciones posibles, es mejor llamarlos fenómenos de desincronización de relojes que fenómenos de «dilatación temporal».

Si se asume con todas sus consecuencias el carácter cuadridimensional intrínseco e inseparable de la realidad física, son insatisfactorias las explicaciones en términos de relojes que atrasan o adelantan al medir tiempos que pasan más despacio o más deprisa. Por otra parte, la consideración de los relojes como patrones y el carácter absoluto de la duración hacen que sea razonable adoptar la hipótesis de que los ritmos de los relojes se mantienen mientras miden. Con esas premisas, ante el hecho de que dos relojes de calidad empiecen a medir a la vez marcando lo mismo y terminen de medir a la vez marcando distinto, lo más

inmediato es pensar que han estado midiendo cosas distintas. En la concepción de la realidad física como universo de procesos, lo que pasa en los fenómenos de desincronización de relojes es muy sencillo: relojes de calidad miden duraciones distintas de procesos distintos y por eso, como tiene que ser, se desincronizan.

Ahora bien, los dos procesos medidos eran de duraciones distintas, pero ¡empezaron y terminaron a la vez! ¿Es posible que dos procesos que empiezan y terminan a la vez no duren lo mismo? ¿Es posible que los dos relojes que los acompañan, empezando a medir cuando empiezan los procesos y terminando cuando terminan, marquen distinto al final si marcaban lo mismo al principio? ¿Es posible que los dos relojes hagan eso manteniendo ambos el ritmo de sus tictacs? La respuesta a todas esas preguntas es sí, si se contestan en el marco del universo de procesos.

Para admitir que procesos que empiezan y terminan a la vez pueden durar distinto hay que romper con la concepción clásica de la realidad, que supone que todos los procesos son de la misma dirección, la única posible para el cambio, la del «tiempo que pasa». En cuanto se acepta la multiplicidad de las direcciones de cambio y se prescinde del «tiempo que pasa», la dificultad puede superarse.

Un símil espacial puede ayudar. El suelo y el techo de una habitación son conjuntos de sitios de la misma altura. Si un móvil va del suelo al techo en vertical, su recorrido es más corto que el de otro que vaya del suelo al techo oblicuamente. Aunque los dos empiezan y terminan a la misma altura, no son igual de largos. Pues bien, decir que dos procesos empiezan y terminan a la vez significa que conectan conjuntos de sitio-momentos de la misma hora: digamos el conjunto de «hora suelo» y el conjunto de «hora techo». Todos los relojes del conjunto «hora suelo», el de principio de los procesos, marcan una cosa, todos lo mismo; y todos los del conjunto «hora techo», el de final de los procesos, marcan otra, todos lo mismo. Pero uno de los procesos puede conectar el conjunto «hora suelo» y el conjunto «hora techo» en una dirección y el otro en otra, de forma que sus longitudes cuadrdimensionales pueden ser distintas. En uno de ellos, en el más largo, el que más dura, cabrán más tictacs que en el otro, tictacs fielmente contados por relojes que mantienen sus ritmos. Si el símil ha ayudado, se podría ahora encajar la afirmación «dos procesos que empezaron y terminaron a las mismas horas no duraron lo mismo» con la misma naturalidad con la que aceptamos que «dos recorridos que empezaron y terminaron a las mismas alturas no fueron igual de largos». La diferencia de duración, que es lo que midieron los relojes y causó su desincronización, se debe, como la diferencia de longitudes

recorridas entre suelo y techo, a la diferente oblicuidad de dos procesos que conectaron sitiomomentos de la misma hora².

La paradoja de los gemelos es el arquetipo de los fenómenos de desincronización de relojes. Desde su primera formulación (Langevin, 1911) hasta mucho después, la paradoja de los gemelos fue una experiencia imaginaria muy útil para mostrar una de las consecuencias de la TRE que más directamente removía las concepciones clásicas sobre espacio y tiempo. Actualmente, la paradoja es un hecho experimental probado (no con gemelos, sino con relojes atómicos gemelos) y tiene una explicación clara. En el universo de procesos se describiría así: Dos «procesos humanos» gemelos se separan en un sitiomomento, A, cuando llevan durando lo mismo, y se juntan en otro, B, siguiendo entre A y B distintas vicisitudes, es decir, teniendo entre A y B distintas interacciones. En tal caso, lo normal es que no duren lo mismo, porque sus «caminos» espaciotemporales entre A y B serán de distinta longitud espaciotemporal. Dado que los ritmos vitales de los gemelos, como los de los relojes, se mantienen, en uno de los «caminos» espaciotemporales cabrán más latidos de corazón, más respiraciones, más ciclos sueño-vigilia, más renovaciones de sus células, más proceso «estar viviendo» que en el otro. Cuando se reencuentren en B serán de edades distintas. Esto se puede admitir sin extrañeza si se reconoce que no se trata de comparar velocidades de envejecimiento (relacionadas con ambiguas velocidades de paso del tiempo) sino fragmentos de distinta duración de dos procesos «estar viviendo» similares. Afirmar que entre separación y reencuentro los dos «procesos humanos» gemelos duran distinto no debiera causar más perplejidad que afirmar que entre dos ciudades, A y B, hay dos carreteras de distinta longitud. Las medidas de reloj, en lenguaje de Bondi (1980), son “camino-dependientes”, entendiéndolo «camino» en sentido espaciotemporal.

De todo lo anterior se sigue que la tarea de explicar fenómenos de desincronización de relojes consiste en mostrar, en cada caso, cuáles son los procesos cuya duración midió cada uno de los relojes que,

2. En la geometría euclídea, la que estructura el espacio tridimensional, la proyección de un segmento es menor que el segmento proyectado. Por eso, en el símil de los móviles que van del suelo al techo, el recorrido más corto es el vertical, el perpendicular a suelo y techo. Pero la geometría que estructura el espaciotiempo no es euclídea. En ella, la proyección de un segmento de línea de universo es mayor que el segmento proyectado. Por eso, el proceso de duración mayor es el que conecta «hora suelo» y «hora techo» perpendicularmente. Los oblicuos son de duración menor, hasta los de oblicuidad 45°, que son de duración cero. El símil espacial no puede recoger esta propiedad de la geometría del espaciotiempo.

manteniendo sus ritmos, se desincronizaron. En Tomé (2021; 2022) pueden verse explicaciones concretas de este tipo, referidas a los fenómenos clásicos de introducción a la TRE, explicaciones que no precisan mención alguna a relojes que adelantan o atrasan o a tiempos que pasan más deprisa o más despacio.

9. PROCESOS Y OBJETOS

La idea de objeto, algo tridimensional que permanece, no encaja en la concepción de la realidad física como universo de procesos, donde las entidades físicas tienen que ser cuadridimensionales y cambiantes. Un objeto es, ya se ha dicho, una abstracción de los cerebros de los mamíferos que sirve para interpretar la información sensorial recibida del entorno. Su éxito evolutivo es evidente, así que su utilidad es incontestable. Pero los fenómenos relativistas obligan a revisar esa abstracción. La adecuación de la idea de objeto a un entorno no relativista no se niega al reconocer las inconsistencias entre tal idea y las evidencias experimentales que sostienen la TRE, que no proceden de la información sensorial directa y de su tratamiento cerebral, y que son, por tanto, ajenas a la percepción cotidiana.

La idea de que las medidas de un objeto se refieren a distintos cortes espaciales, tridimensionales, de entidades cuadridimensionales se remonta a Minkowski. En el universo de procesos, los procesos complejos son las entidades cuadridimensionales cuyos cortes espaciales son los «objetos tridimensionales». Los cortes espaciales son cortes de simultaneidad, esto es, subconjuntos de sitiomomentos del proceso que tienen la misma hora según los relojes sincronizados de un SR. Como la sincronización de relojes depende del SR, de un mismo proceso puede haber multitud de «objetos», tantos como cortes espaciales posibles según los distintos criterios de simultaneidad. Los procesos complejos son realidades físicas cuadridimensionales absolutas: todos los observadores están de acuerdo en la sucesión de cambios que los constituyen, en su posible concatenación causal y en su duración. En cambio, los «objetos tridimensionales» son sólo entidades subjetivas de carácter formal. El hecho de que los sitiomomentos de un objeto no puedan tener conexión causal entre sí (los cortes de simultaneidad tienen siempre inclinaciones mayores de 45° en los diagramas de Minkowski) refuerza la idea de que los «objetos tridimensionales» no son realidades físicas.

10. LA INTERPRETACIÓN DE LA «CONTRACCIÓN DE LONGITUDES»

Todos los fenómenos de «contracción de longitudes» se explican como resultados de medidas de longitud de distintos cortes espaciales del mismo proceso: diferentes cortes espaciales tienen distintas medidas.

Por ejemplo, un tren es un proceso; y también lo es la vía que une las estaciones de donde sale y a donde llega, vía que supondremos rectilínea por simplicidad argumental. Ese «proceso tren» es único, y es único también el «proceso vía». Todos los observadores coincidirán en identificar el conjunto de sitiomomentos que los constituyen. Son realidades cuadrdimensionales absolutas. Pero hay muchos «objetos tren» tridimensionales de ese único «proceso tren», distintos entre sí, y muchos «objetos vía» tridimensionales de ese único «proceso vía», también distintos entre sí. Habrá tantos «objetos tren» y «objetos vía» como cortes de simultaneidad puedan darse a esos procesos (tantos como observadores posibles), y cada corte distinto tendrá una longitud asociada distinta.

Los «objetos tren» y los «objetos vía» son entidades subjetivas. No se puede decir que hay un tren tridimensional real ni una vía tridimensional real entre estaciones. La realidad no es tridimensional. Las realidades son el «proceso tren» y el «proceso vía», y son cuadrdimensionales. Se pueden hacer muchas medidas tridimensionales subjetivas distintas de las realidades cuadrdimensionales absolutas «proceso tren» y «proceso vía». No tiene nada de extraño que den resultados distintos.

De todo lo anterior se sigue que la tarea de explicar fenómenos de «contracción de longitudes» (y paradojas asociadas) consiste en mostrar, en cada caso, cuáles son los cortes espaciales cuyas longitudes se midieron. En Tomé (2022) pueden verse ejemplos concretos de explicaciones de este tipo, que dejan claro lo esencial de esos fenómenos: resultar de la comparación de longitudes de distintos «objetos» del mismo proceso.

11. LA INTERPRETACIÓN DEL MOVIMIENTO

Clásicamente, el movimiento se predica de los objetos y se define como cambio de posición espacial a lo largo del tiempo. Al entenderlo así, espacio y tiempo quedan separados, lo que es cuadrdimensionalmente insatisfactorio. En el universo de procesos, el movimiento relativo es la percepción tridimensional sucesiva (la que, como procesos, nos corresponde) de la oblicuidad cuadrdimensional de dos procesos, que se manifiesta como distancia espacial cambiante entre ellos.

El ángulo que forman las direcciones de dos procesos y la velocidad relativa que se manifiesta se relacionan fácilmente: mayor oblicuidad relativa se manifiesta en mayor velocidad relativa, y la existencia de un límite superior de velocidades se corresponde con la de un límite superior para el ángulo que pueden formar dos procesos. Aunque oblicuidad y velocidad relativa son equivalentes, es preferible pensar en oblicuidades que en velocidades, porque el ángulo entre las direcciones de cambio de dos procesos es intrínsecamente cuadridimensional, mientras que la velocidad relativa, definida en términos de «objetos», los dos móviles, y del «tiempo que pasa», no cumple con el objetivo de usar un lenguaje libre de connotaciones clásicas.

Pensar el movimiento como manifestación de la oblicuidad de dos procesos y adoptar el lenguaje estrictamente cuadridimensional del universo de procesos arroja luz sobre algunas paradojas clásicas no relativistas. Por ejemplo, si se piensa que Aquiles y la tortuga no son objetos sino procesos, se resuelve la paradoja que les afecta desde antiguo. Aquiles en su rápida persecución y la tortuga en su lenta huida son dos procesos de distintas direcciones espaciotemporales (se representarían por líneas de universo oblicuas) que no comparten ningún cambio (hecho físico) ni ningún sitiomomento (localización espaciotemporal del hecho) hasta que no se produce la coincidencia de ambos en el sitiomomento «alcance». Al negarse que Aquiles y la tortuga sean realidades espaciales que comparten recorrido y tiempo, los argumentos paradójicos pierden su fuerza.

12. NOTAS FINALES

Para terminar, pueden tener sentido algunas notas que ayuden a caracterizar la concepción del universo de procesos presentada aquí al contrastarla con otras. Tocan cuestiones propias de la filosofía de la ciencia en los que este trabajo no pretende entrar, pero que están en la frontera de los contenidos científicos por los que el trabajo se mueve. Son solo apuntes breves cuya mayor virtud sería suscitar su discusión.

12.1. *Sobre evolución y cudridimensionalidad*

Hay dos ideas que determinan la ruptura con la concepción clásica del mundo. Una, que la realidad es evolutiva; otra, que la realidad integra espacio y tiempo inseparablemente. La primera es el resultado de

investigaciones que arrancan con las seminales hipótesis de cambios geológicos, hacia 1650, y se extienden hasta la aceptación generalizada del modelo Big bang hacia 1960. En el camino, se acumularon evidencias de la evolución geológica, biológica, social, histórica y cosmológica (Toulmin y Goodfield, 1990). La segunda es original de la TRE y es una de sus más fundamentales aportaciones a los conceptos de la física

Lo común es pensar esas dos ideas por separado. La de evolución se asocia a la biología, a la teoría de Darwin; la de cuatridimensionalidad a la física, a la relatividad de Einstein. Pero no son incompatibles, y mezclan bien. La biología ilumina los escenarios de la cuatridimensionalidad, propios de la física, cuando se hace protagonista en la paradoja de los gemelos; y la física refuerza los escenarios de la evolución, propios de la biología, cuando afirma que la realidad es una maraña de procesos de cambio.

En el marco conceptual del universo de procesos, todo cambia, todo es proceso y todo es cuatridimensional. Ser real en el universo de procesos es estar cambiando, estar en proceso: la idea de evolución biológica encaja ahí como caso de proceso particular. Por otra parte, basta admitir que los procesos de cambio, biológicos o no, pueden tener muchas direcciones distintas, para que resulte una cuatridimensionalidad que integre los aspectos espaciales y temporales como pide la TR. Toda la realidad del universo de procesos, no sólo la biológica, es evolutiva, y toda, no sólo la de las enormes velocidades, es cuatridimensional. Tan procesos biológicos y cuatridimensionales son los humanos gemelos de la paradoja como todos los que vivimos nuestro acostumbrado mundo de velocidades pequeñas, esto es, de procesos casi paralelos, mundo en el que tenemos evidencia de nuestro ser cambiantes, pero no de nuestra cuatridimensionalidad. La concepción del universo de procesos integra evolución y cuatridimensionalidad como propiedades generales de la realidad material.

12.2. *Sobre cuatridimensionalidad y dinamismo*

El universo de procesos está en proceso, como todos sus componentes, lo que supone una concepción dinámica de la realidad física. Puede contraponerse a la del universo-bloque, que concibe la realidad como el conjunto cuatridimensional de todos los hechos físicos habidos y por haber, sin distinción alguna entre pasados, presentes o futuros. Tal conjunto, simplemente, es. Su dimensión temporal está espacializada: como las dimensiones espaciales, se concibe enteramente dada. En esa concepción, también los procesos estarían enteramente dados: serían

conjuntos de todos los cambios que los constituyen, acontecidos y por acontecer. Al contrario, en la concepción del universo de procesos los procesos están en marcha, los cambios acontecen en sucesión y la realidad es un conjunto de cambios de todos los procesos, conjunto que siempre está en mudanza.

En defensa de la concepción del universo-bloque, se arguye que solo en un marco cuadridimensional tienen explicación consistente los fenómenos relativistas y que la cuadridimensionalidad requiere que la dimensión temporal esté enteramente dada: "Si la dimensión temporal no estuviera enteramente dada, como las espaciales, el universo de Minkowski no sería cuadridimensional" (Petkov, 2005, 148). Es cierto que la explicación de los fenómenos relativistas requiere la cuadridimensionalidad, pero no hace falta pensar en una dimensión temporal espacializada para explicar cuadridimensionalmente los fenómenos cinemáticos de la TRE. Cuadridimensionalidad y cambio permanente son compatibles.

Se trata de distinguir entre la realidad y su representación. Bohm señaló que lo que único que queda del pasado en un momento dado son rastros, registros o memorias que pueden servir para reconstruirlo, y que el diagrama de Minkowski puede interpretarse como una reconstrucción del pasado:

Con todo esto en mente, planteemos la cuestión de qué puede significar realmente el diagrama de Minkowski. La respuesta es que este diagrama es una especie de mapa de eventos en el mundo, que puede darnos correctamente el orden, las pautas y la estructura de eventos reales, pero que no es, en sí, el mundo como realmente es (Bohm, 2006, 213-214).

Las experiencias relativistas de desincronización de relojes y de «contracción de longitudes» implican medidas de duración que se completan cuando se cumple el proceso correspondiente, de modo que explicar sus resultados consiste en explicar relaciones entre medidas de duración de procesos del pasado. Lo que evidencian esas relaciones es que las colecciones de cambios se sucedieron cuadridimensionalmente, que los procesos tenían distintas direcciones de cambio en el espaciotiempo. Pero lo evidencian a posteriori, cuando el proceso medido ya transcurrió. Por eso no dicen nada acerca de que los cambios pasados permanezcan o de que los cambios por venir estén ya dados. En el universo de procesos, ambas posibilidades se rechazan porque contradicen la idea misma de cambio y de realidad cambiante. La cuadridimensionalidad se sostiene sin que la coordenada temporal esté completamente dada. El cambio duradero tiene profundidad en sí mismo. La dimensión del cambio se extiende en sucesiones causales, y se extiende de una forma esencialmente distinta a las

espaciales: no estando enteramente dada. Ese podría ser el significado profundo de que en la signatura métrica del espaciotiempo, (+, -, -, -), el signo de la dimensión del cambio sea opuesto al de las dimensiones espaciales.

12.3. *Sobre procesos y presentes*

La concepción del universo de procesos es fibrosa: cada fibra es un proceso, un elemento básico de la realidad que se caracteriza por la sucesión incesante de sus cambios (ordenados por una relación causal que permite establecer entre ellos relaciones de antes y después), por su duración y por las relaciones geométricas con las duraciones de otros procesos. Esto la distingue de las concepciones foliadas, en las que cada hoja, un «presente», es una realidad caracterizada por la relación de simultaneidad y por las relaciones espaciales de sus objetos tridimensionales.

Robb mostró que la definición causal del orden antes/después se asocia a un orden de sucesión que no es lineal, sino «cónico», y a una simultaneidad que solo puede ser local, y que basta desarrollar sus consecuencias lógicas (Robb lo hizo sin mención alguna a relojes o reglas) para construir una geometría igual a la del espaciotiempo de Minkowski:

El sistema geométrico así construido alcanzará al final una especie de carácter cuadrídimensional, o mejor, podríamos decir, cada uno de sus elementos está determinado por cuatro coordenadas.

Resulta entonces que la teoría del espacio viene a ser absorbida en la teoría del tiempo, viéndose las relaciones espaciales como manifestación del hecho de que los elementos del tiempo forman un sistema de orden cónico: una concepción que debe ser analizada en términos de las relaciones de antes y después. (Robb, 1914, 9 y 370, cursivas del original).

En el universo de procesos, la preeminencia de los procesos respecto a los «objetos» se corresponde con la preeminencia del tiempo sobre el espacio en la construcción axiomática de Robb. Las realidades físicas del universo de procesos son los procesos. Las entidades definidas por simultaneidad («presentes», «objetos») no tienen esa categoría; tienen solo carácter formal: son cortes tridimensionales subjetivos de realidades cuadrídimensionales. En coherencia, mientras que la duración es una magnitud fundamental y absoluta, las magnitudes espaciales son derivadas y subjetivas

La existencia de un límite superior para la transmisión de señales e interacciones (el mismo que conlleva que todo conocimiento sea del pasado y que el orden causal sea «cónico») impide afirmar la realidad de los «presentes». De los hechos que un observador pueda incluir en su

«presente», sólo a posteriori se podrá afirmar si acontecieron. Por tanto, los «presentes», como los «objetos», tienen siempre la condición de hipótesis, muy útiles para la interpretación de la realidad cambiante, próxima o lejana, y también muy razonables, porque resultan probadas multitud de veces, en sucesión imparable.

12.4. *Sobre cambio y realidad*

En la concepción del universo de procesos se afirma la realidad de los cambios concatenados sin predicarlos de sistema material alguno; no se piensa primero en los objetos y luego en sus cambios sino al revés: de los cambios concatenados se predicen propiedades espaciales.

Bergson tranquiliza acerca de la aparente insustancialidad del cambio sin soporte:

[...] ya se trate del interior o ya del exterior, ya de nosotros o ya de las cosas, la realidad es la movilidad misma. Es lo que yo expresaba diciendo que hay cambio, pero que no hay cosas que cambian. Ante el espectáculo de esta movilidad, algunos de nosotros serán presas del vértigo. [...] Estiman que si todo pasa, nada existe; y que si la realidad es movilidad, no existe ya en el momento en que se la piensa: escapa al pensamiento. [...] ¡Que se sosieguen! El cambio, si consienten en mirarlo directamente, sin velo interpuesto, les parecerá bien pronto como aquello que puede haber en el mundo de más sustancial y de más durable. Su solidez es infinitamente superior a la de una fijeza que no es más que un reajuste efímero entre movibilidades (Bergson, 1976, 139).

Efectivamente, la realidad construida sobre el cambio desnudo parece castillo en el aire, pero en el marco del universo de procesos hay argumentos físicos para apuntalarla:

- a) Los cambios no se presentan aislados, sino en sucesiones concatenadas.
- b) Los procesos no son independientes. Interaccionan con otros y forman agrupaciones persistentes. Los cambios se encauzan entre sí. El conjunto de todos ellos parece estar autoencarrilado.
- c) Las direcciones de cambio posibles no son cualesquiera: están limitadas por las direcciones de los procesos luz, por el cero absoluto de las duraciones.
- d) La duración de los procesos estructura el conjunto, da solidez al cambio ubicuo y permanente.
- e) El universo de procesos aporta significado físico concreto al espacio-tiempo y a las experiencias que prueban su geometría.

- f) La consistencia global de la concepción del universo de procesos justificaría a posteriori la arriesgada apuesta inicial por el cambio como cimiento de la realidad.

12.5. *Sobre procesos y espaciotiempo*

Establecer con precisión cómo se relacionan los procesos con el espacio y el tiempo (Seibt, 2022) es un reto de la filosofía de procesos. En la concepción del universo de procesos, espacio y tiempo por separado no tienen sentido. Los procesos (entidades de carácter cuadrimensional), sus duraciones (medidas de reloj) y los ángulos que forman entre sí sus direcciones de cambio (experimentados como velocidades relativas) determinan la estructura del espaciotiempo. Las medidas de relojes son las únicas que permiten determinar las localizaciones espaciotemporales de los hechos físicos, de manera que la estructura del espaciotiempo (Synge, 1960, 108-109) puede etiquetarse como cronometría, estructura definida por medidas de reloj, más que como geometría, estructura que se asocia a medidas con reglas. En nuestro entorno de procesos casi paralelos, la cronometría aparece como sincronía de procesos acoplados.

12.6. *Sobre cambio y reversibilidad*

Los cambios, por su propia naturaleza, son irreversibles. Revertir los de un proceso complejo no es deshacerlos: es hacer otros más, distintos, que devuelven a una configuración espacial anterior, pero que no devuelven a los sitiomomentos de partida. Espaciotemporalmente hablando, ningún cambio es reversible, porque lo que importa no son los estados sino los *estadomomentos* y todos ellos son irrepetibles.

Para argumentaciones sobre viajes en el tiempo lo anterior es determinante. En el universo de procesos pueden imaginarse, para regiones concretas o para el universo entero, topologías en las que sea posible que un proceso, siguiendo un bucle, empiece y termine en sitiomomentos que tengan las mismas coordenadas espaciotemporales. Pero, como todos, ese proceso dura, y el recorrido espaciotemporal por el bucle acabará en un conjunto de cambios distintos a los de partida, distintos al menos porque tienen una historia diferente a la de aquellos. De los cambios habidos en un sitiomomento no queda nada. Se podrán repetir las coordenadas, pero no se podrá repetir la realidad.

13. CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se ha mostrado que el universo de procesos es un modelo de la realidad física cuyas aportaciones más relevantes serían:

1. Dotar de significado físico al espaciotiempo y a su estructura geométrica.
2. Dar cabida a una definición de reloj y a un significado de sus medidas que quedan libres de la palabra tiempo y de las ambigüedades derivadas de su polisemia
3. Posibilitar una definición de duración como propiedad física de realidades concretas, sin referencias al tiempo abstracto, que se puede identificar con el «tiempo propio» relativista y que da cuenta de la estructura el espaciotiempo, de su geometría.
4. Ofrecer un lenguaje que prescinde del «tiempo unidimensional» y de los «objetos tridimensionales», evitando así separar tiempo y espacio en descripciones y explicaciones, para hacerlas consistentes con el carácter cuatridimensional de la realidad física que la TRE reveló.
5. Servir de marco para explicaciones de los fenómenos cinemáticos de la TRE que son estrictamente cuatridimensionales y que no precisan referirse a relojes que adelantan o atrasan, a tiempos que pasan más deprisa o más despacio o a «objetos tridimensionales» que cambian sus dimensiones espaciales.
6. Compatibilizar el carácter cambiante y el carácter cuatridimensional de la realidad física, proponiendo la realidad de los cambios sin predicarlos de sistema material alguno y dando razones para justificar que su concatenación causal en procesos estructura cuatridimensionalmente el conjunto de todos ellos.
7. Aportar posibles elementos de debate sobre temas propios de la filosofía de la ciencia que son próximos a los contenidos científicos que el trabajo trata.

REFERENCIAS

- Bergson, Henri (1976). La percepción del cambio. En *El pensamiento y lo moviente*. Madrid: Espasa Calpe.
- Blanck-Cerejido, Fanny y Cerejido, Marcelino (1988). *La vida, el tiempo y la muerte*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Bohm, David (2006). *The special theory of relativity*. London: Routledge.

- Bondi, Hermann (1980). *Relativity and common sense*. New York: Dover Publications.
- Eddington, Arthur (1959). *Space, time and gravitation*. New York and Evaston: Harper and Row.
- Hartle, James (2003). *Gravity. An introduction to Einstein's general relativity*. San Francisco: AddisonWesley.
- Jerison, Harry (1973). *Evolution of the brain and intelligence*. New York: Academic Press.
- Langevin, Pierre (1911). L'Évolution de l'espace et du temps. *Atti IV Congresso Internazionale di Filosofia*, 1, pp 193-214. Bolonia.
- Minkowski, Hermann (2012). Space and time. En *Space and Time. Minkowski's Papers on Relativity*. Minkowski Institute Press (free version).
- Penrose, Roger (2011). *La nueva mente del emperador*. Barcelona: Debolsillo.
- Petkov, Vesselin (2005). *Relativity and the nature of spacetime*. Berlin: Springer-Verlag.
- Robb, Alfred (1914). *A theory of time and space*. London: Cambridge University Press.
- Rovelli, Carlo (2018). *El orden del tiempo*. Barcelona: Anagrama.
- Seibt, Johanna (2022). Process Philosophy, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N Zalta & Uri Nodelman (eds), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/process-philosophy/>
- Synge, John Lighton (1960). *Relativity: the general theory*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Szamosi, Géza (1986). *The twin dimensions. Inventing time & space*. New York: McGraw-Hill.
- Taylor, Edwin y Wheeler, Jhon (1992). *Spacetime Physics*. New York: Freeman and Company.
- Tomé, Juan (2021). Relatividad Especial: una interpretación del fenómeno de la dilatación temporal. *Revista Española de Física*, 35(2), 7-11.
- Tomé, Juan (2022). Adelantamiento de trenes en el espaciotiempo. *Revista Española de Física*, 36(4), 10-15.
- Toulmin, Stephen, y Goodfield, June (1990). *El descubrimiento del tiempo*. Barcelona: Paidós.
- Zubiri, Xavier (2010). *Acerca del mundo*, Madrid: Alianza.

LÓGICA Y AGÓN¹

Paul LORENZEN
Universität Erlangen-Nürnberg

[Traducción al español del texto: Lorenzen, P. (1960). "Logik und Agon." *Atti del xii congresso internazionale di filosofia*, 4, pp. 187-194. Lorenzen, P, and Lorenz. K. (1978). *Dialogische Logik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, pp. 1-8]

Sabemos que una de las principales razones del descubrimiento de la lógica en la Antigüedad fue la búsqueda de un método para contrarrestar el arte retórico de los sofistas, que les permitía convertir lo negro en blanco. Se trataba de establecer reglas para transformar el juego de competir unos contra otros en ausencia de reglas en un auténtico "Agón"².

Si comparamos este origen agonal de la lógica con la concepción moderna, según la cual la lógica es un sistema de reglas tal que, aplicado a cualquier enunciado verdadero, siempre conduce a otros enunciados que son a su vez verdaderos, entonces percibimos claramente que, alejándose del Agón griego, se ha convertido en un piadoso juego solitario. En el mejor de los casos, como compañero en el juego de dos personas,

1. Traducción directa del alemán por Javier Romero, Universidad de Salamanca (jromero@usal.es). Revisado por Shahid Rahman, Université de Lille (shahid.rahman@univ-lille.fr). "Lógica y Agón" es el texto de una conferencia pronunciada en Roma en 1958 por el filósofo y lógico alemán Paul Lorenzen (1915-1994). En este texto inaugural se sientan las bases de la lógica dialógica, que representa un enfoque alternativo de la cuestión del sentido y la verdad lógica, basado en un formalismo dinámico (N.T.).

2. El término "Agón" aparece por primera vez en el antiguo teatro griego y representa el debate formal que tiene lugar entre dos personajes, usualmente con el coro actuando de juez, dando lugar a una lucha entre ambos que debe planificarse de tal manera que proporcione la base de la acción (N.T.).

encontramos ahora a Dios, secularizado como “naturaleza”, desempeñando el papel de quien posee enunciados verdaderos. Frente a él está el individuo humano -posiblemente como representante de la humanidad- que juega con paciencia, utilizando enunciados que cree haber recibido de Dios (o que ya le ha arrebatado) para obtener otros aplicando las reglas de la lógica. Desde este punto de vista, el sistema de reglas de la lógica aparece como un don de gracia particularmente valioso y secularizado: un instrumento útil en la lucha por la existencia.

También desde esta concepción se equipara la lógica con la gramática: del mismo modo que sólo deberíamos estar agradecidos por haber sido capaces de hablar una lengua materna, también deberíamos aceptar la lógica como un sistema de reglas, para el que no tendría ningún sentido cuestionar los “fundamentos” o pedir una “justificación”, etc., porque sólo se puede empezar a preguntar con sensatez una vez que ya se tiene la lógica. Por decirlo de un modo tolerante, esta concepción conduce a una imagen de la lógica que puede resultar sorprendente: la de un barco en el que ya estamos a bordo y que únicamente puede repararse en alta mar.

No pretendo, en lo que sigue, intentar desentrañar la densa red de “prejuicios” metafísicos que subyacen a estas concepciones de la lógica, debe bastar aquí con demostrar lo dudoso de las visiones modernas de la lógica mediante un argumento histórico. Desde la crítica intuicionista de la lógica clásica por Brouwer en 1907³, ha surgido el siguiente desconcerto: ¡Dios parece haber dotado a algunas personas de una lógica diferente a la de la mayoría! Según el pensamiento moderno, no hay explicación razonable para que un grupo de los matemáticos más respetados considere de repente que uno de los principios más aceptados de la lógica aristotélica, *tertium non datur* (principio del tercero excluido), no es fiable. Desgraciadamente, la explicación que el propio Brouwer ofrece de este fenómeno es una cuestión esotérica: sólo lo entienden quienes han escuchado al maestro. En particular, el término “intuicionismo”, que da la impresión de que hay que tener intuiciones específicas para seguir la crítica de Brouwer, ha contribuido mucho a oscurecer los hechos.

Me parece que la interpretación de la lógica que quiero desarrollar en lo que sigue no difiere -en todo caso, no fundamentalmente- de la concepción intuicionista -al menos en sus resultados es similar a las “intuiciones”

3. L. E. J. Brouwer (1881-1966) fue un matemático y filósofo holandés que trabajó en topología, teoría de conjuntos, teoría métrica y análisis complejo. Fue el fundador del intuicionismo, esto es, una aproximación a las matemáticas que considera todo objeto matemático como un producto de la mente humana (N.T.).

lógicas de Heyting⁴, pero es independiente de las particularidades de la filosofía brouweriana sobre el pensar y el hablar. Como punto de partida, tomo la operación esquemática con objetos arbitrarios, y en aras de la simplicidad tomaré aquí figuras escritas sin sentido como \circ , $+$, \mid o $*$. Estas pueden denominarse *figuras atómicas*, a partir de las cuales pueden obtenerse otras *figuras* por concatenación, por ejemplo $+ \circ * \mid *$.

Nos fijamos en las reglas para hacer tales figuras, por ejemplo, el siguiente sistema de reglas:

- (I) $\Rightarrow +$
- (II) $x \Rightarrow x \circ$
- (III) $x \Rightarrow + x +$

Aquí, “ \Rightarrow ” se utiliza como signo para comunicar las reglas, y x funciona como una variable para una figura arbitraria. Como en las reglas anteriores únicamente tenemos $+$ y \circ como figuras atómicas, nos restringimos a figuras enlazadas a partir de átomos $+$ y \circ . Un sistema de reglas de este tipo define un “cálculo”, es decir, un juego solitario con figuras. El juego consiste en “derivaciones” que deben realizarse según las reglas. Estos juegos solitarios son, obviamente, muy aburridos. Tampoco tienen nada que ver con la lógica. Sin embargo, un juego solitario de este tipo abre la posibilidad de introducir un metajuego, y de hecho esta vez un duelo, es decir, un juego de dos personas, tras lo cual la relación con la lógica también quedará clara. Imaginemos dos personas que conocen suficientemente bien el juego en solitario y que ahora quieren medir sus conocimientos, o más bien su habilidad, el uno con el otro. Comienzan un duelo, un “Agón”, de la siguiente manera: uno de los jugadores, al que llamaré el proponente, P, afirma que es capaz de producir una determinada figura, digamos $+ + \circ +$. El otro -a quien llamaremos aquí el oponente, O- tiene el derecho (pero no el deber) de rebatir a P en su afirmación: P debe entonces realizar la derivación, en caso contrario ha perdido.

No es necesario que los jugadores utilicen palabras como “afirmación”, “puedo deducir...”, etc. Cuando P hace su afirmación, todo lo que tiene que hacer es escribir, decir:

4. A. Heyting (1898-1980) fue un lógico matemático discípulo de Brouwer. Se considera a Heyting como el primero que proporciona una base formal al proyecto intuicionista (N.T.).

(1) $\vdash ++o+$

Así que no hace falta filosofar sobre el “significado” de la “afirmación” $\vdash ++o+$ (en otras palabras, $++o+$ es derivable), basta con saber lo que significa la acción de P -es decir, escribir $++o+$ - en el nuevo metajuego, esto es, el duelo entre P y O, a saber, la obligación de P de producir esta derivación en caso de que O le desafíe. En una concepción así, en la que sólo las acciones tienen “sentido” (en el sentido de que tienen un efecto sobre el desarrollo del metajuego), evitamos de entrada todas las dificultades de la semántica, según la cual figuras como $\vdash ++o+$ son enunciados que significan algo, es decir, designan un objeto abstracto, como un juicio (proposición) o incluso un valor de verdad.

A la vista de la interpretación de la lógica que pretendemos desarrollar mediante ciertos desarrollos del metajuego, podemos permitirnos, de hecho, desatender por completo la cuestión de si las figuras podrían sustituirse por enunciados A, B, ... de un lenguaje natural, siempre que el enunciado $\vdash A$ tenga un significado operativo, es decir, que haya un acuerdo entre los jugadores sobre las acciones que deberá realizar P para ganar (por ejemplo, llevar a cabo un experimento con un resultado previsto). Para simplificar nuestra terminología, supongamos que tales acciones también contarían aquí como derivaciones del enunciado A. Las derivaciones de cálculo de figuras constituyen el caso más simple de derivación, pero bastarán para explicar las características del metajuego a partir de ellas.

Como posible ampliación del metajuego, podríamos considerar añadir afirmaciones de no derivabilidad. Si P afirma, por ejemplo,

(2) $\not\vdash o+$

entonces esto significa que O, en caso de que desee desafiar a P en esta afirmación, debe ser capaz de proporcionar una derivación de $o+$, para que P perdiera el metajuego. Es obvio que no hay ninguna posibilidad de que P pierda en este juego en particular, pero cómo y en qué sentido podemos saber esto (la incapacidad de derivar $o+$) no es objeto de discusión aquí.

En cambio, la siguiente ampliación del metajuego, que se refiere a la “implicación”, resulta más fructífera. P afirma, por ejemplo,

(3) $\vdash x \rightarrow ++x$

Esto significa que P se compromete -en caso de ser desafiado por O- a afirmar $\vdash ++r$ por cada figura r (compuesta de $+$ y o) afirmada por O.

¿Cuándo puede P hacer esta afirmación sin riesgo? Digamos, para expresarlo según el modo común de hablar, que es “ontologizando”, precisamente cuando la clase de figuras derivables con una figura r siempre contiene también $++r$. Que esto es así, sin embargo, sólo puede afirmarlo con razón quién tengan la suficiente confianza como para afirmar (3) en el metajuego. Y sólo puede hacerlo si domina el siguiente procedimiento: si O presenta una derivación $+, \dots, r$, entonces producimos a partir de ella $+++ \dots, ++r$ situando $++$ delante de cada figura. A continuación, volvemos a colocar $+$ al principio y obtenemos una derivación de $++r$.

A diferencia de los enunciados incondicionales como (1), (3) corresponde a un enunciado condicional: P se compromete a hacer una determinada acción a condición de que O haya hecho algo previamente. (2) también puede interpretarse como un enunciado condicional, a saber:

$$\vdash o+ \rightarrow \wedge$$

donde \wedge significa cualquier figura sobre la que los jugadores ya han acordado que ninguno será capaz de deducirla.

La introducción de afirmaciones condicionales en el metajuego puede ser iterativa. Por ejemplo, P afirma:

$$(4) \quad \vdash (x \rightarrow y) \rightarrow ((y \rightarrow z) \rightarrow (x \rightarrow z))$$

Esto significa que P está obligado a afirmar:

$$(5) \quad \vdash (s \rightarrow z) \rightarrow (r \rightarrow z)$$

Si O -tras haber elegido las figuras r e y - ha afirmado previamente:

$$(6) \quad \vdash r \rightarrow s$$

(5) obliga a afirmar a afirmar:

$$(7) \quad \vdash r \rightarrow t$$

si O hubiera afirmado, después de elegir la figura s :

$$(8) \quad \vdash s \rightarrow t$$

Finalmente (7) obliga a P a afirmar $\vdash t$, en el caso en que O hubiera afirmado previamente $\vdash r$. Es evidente que este caso no supone ningún riesgo para P. Así, después de que O haya afirmado $\vdash r$, O está obligado -por (6)- a afirmar $\vdash s$, y afirmar también -por (8)- $\vdash t$. Por lo tanto, P sólo tiene que repetir la derivación de t .

Como vemos, en lo que respecta a la afirmación (4), el cálculo subyacente no desempeña ningún papel: (4) es “generalmente admisible”. (4) no es más que la transitividad de la implicación lógica en la interpretación operativa.

Por otro lado, una afirmación como:

$$(9) \quad \vdash ((x \rightarrow \wedge) \rightarrow \wedge) \rightarrow x$$

implica el siguiente riesgo: supongamos que O conoce una figura r , de la que sabe cómo derivarla, pero de la que P no sabría cómo hacerlo. P afirma (9), O afirma:

$$(10) \quad \vdash (r \rightarrow \wedge) \rightarrow \wedge$$

Como P perdería la afirmación $\vdash r$, su única opción es desafiar a O con (10). P afirma entonces:

$$(11) \quad \vdash r \rightarrow \wedge$$

Pero entonces O -a sangre fría- produce la prueba de $\vdash r$ y P pierde. Esta interpretación en términos de teoría de juegos ofrece una explicación de por qué los intuicionistas niegan el principio “ $\neg\neg A$ implica A ” de la doble negación (donde $\neg B$ se define por $B \rightarrow \wedge$). No está exento de riesgos afirmar (9) en todos los cálculos.

Las reflexiones anteriores permiten una interpretación de la lógica intuicionista, en lo que respecta a la implicación \rightarrow , la negación \neg y la cuantificación universal \wedge_x ($\vdash \wedge_x A(x)$ es, por supuesto, una afirmación condicional: para cada figura r nombrada por O, P debe afirmar $\vdash A(r)$). La interpretación de la conjunción \wedge , la adjunción \vee y la cuantificación existencial \vee_x se consigue por extensión del juego solitario subyacente, mediante las reglas:

$$a, b \Rightarrow a \wedge b$$

$$a \Rightarrow a \vee b$$

$$b \Rightarrow a \vee b$$

$$a(r) \Rightarrow \vee_x a(x)$$

Nos limitaremos aquí a discutir un ejemplo. P afirma:

$$(12) \quad \vdash \wedge_x (A \vee B(x)) \rightarrow A \vee \wedge_x B(x)$$

Supongamos la siguiente situación: P no conoce ninguna derivación de A , ni para un número infinito de figuras r_1, r_2, \dots ninguna derivación de $B(r_i)$. O, en cambio, conoce una derivación de A y una derivación de $B(r)$ para todo r . El juego procede entonces como sigue, O afirma:

$$(13) \quad \vdash \wedge_x (A \vee B(x))$$

P elige las figuras r_1, \dots, r_n . O afirma $A \vee B(r_{\forall})$ y lo demuestra mediante una derivación de $B(r_{\forall})$. Ahora bien, P, si quiere ganar, debe afirmar algo, en virtud de (12), a saber:

$$(14) \quad \vdash A \vee \wedge_x B(x)$$

Desafiado por O, P debe proporcionar una prueba de (14) y para ello -debido a la regla introductoria para \vee - afirma $\vdash A$ o $\vdash \wedge_x B(x)$. Ahora bien, como P no conoce ninguna derivación para A, se inclina a favor de:

$$(15) \quad \vdash \wedge_x B(x)$$

A continuación, O elige otra r de entre las cantidades infinitas mencionadas anteriormente para las que P no conoce ninguna derivación de $B(r)$. P tiene una última oportunidad, reta a O con esta r basándose en (13). Sin embargo, O opta en $\vdash A \vee B(r)$ por A. P debe entonces, dado que ya ha elegido su propia opción en (15), presentar una derivación de $B(r)$, lo que significa que P pierde.

Aquí se puede ver claramente que la posibilidad de que P salga perdiendo se basa únicamente en que existe un número infinito de formas de sustituir la variable x . La introducción de \vee también desempeña un papel decisivo. Por ejemplo, en la "identidad" de:

$$\vdash \wedge_x B(x) \rightarrow \wedge_x B(x)$$

P nunca tendría, por supuesto, que perder.

Para un tratamiento completo de la lógica intuicionista, consulte mi *Introducción a la lógica operacional y a las matemáticas*⁵. Aquí sólo quiero subrayar con más fuerza, en contraste con la expresión de mi libro, adaptada al punto de vista ontológico, que la lógica es un Agón: las implicaciones lógicas no son "proposiciones" que signifiquen algo, sólo la afirmación de una implicación tiene significado en el sentido estricto de la palabra. De hecho, es una acción, una jugada en un metajuego que produce efectos en términos de victoria o derrota. No necesitamos preguntarnos si $A \vee \neg A$ siempre significa el valor de verdad "verdadero", sino sólo, en cambio, qué posibilidad tendría alguien que en el metajuego (sobre algún cálculo), siempre tendría la intención de jugar la jugada $A \vee \neg A$. Dado que hay muchos cálculos para los que no existe un procedimiento de decisión, sólo podemos recomendar abandonar tal "estrategia" lo antes posible.

5. Lorenzen, P. (1955). *Einführung in die operative Logik und Mathematik*. Berlin/Heidelberg. Springer-Verlag (N.T.).

La interpretación operativa de la lógica da así la razón a Brouwer en relación con la lógica clásica -sin necesidad de apelar a una intuición superior, pero de una forma comprensible para todos. Afortunadamente, esto no significa que las matemáticas tengan que abandonar la lógica clásica. Todavía es posible modificar las reglas del metajuego de tal manera que la lógica clásica también quede justificada.

Volvamos de nuevo a (9). O afirma (10), P afirma (11), O deriva r y, por lo tanto, P pierde según las reglas anteriores. Sin embargo, si ahora se permite a P retirar una de sus afirmaciones anteriores, por ejemplo (11), y en su lugar afirmar $\vdash r$ una vez que O ha realizado la derivación, entonces P es capaz de defender su afirmación original, a saber (9), y por lo tanto ganar.

En resumen, si se permite a P utilizar retroactivamente todos los conocimientos mostrados por O en el transcurso del metajuego, entonces (9), es decir, el principio de la doble negación, también se convierte en un "sin riesgo", es decir, lógicamente válido.

Como podemos llegar a observar en este metajuego modificado, el carácter del juego ha cambiado en gran medida. Ahora, P y O no se relacionan entre sí como enemigos, sino que llegan a discutir juntos posibles desarrollos del juego. Por decirlo en términos de Platón, la "erística" se ha convertido en "dialéctica", esto es, en una búsqueda de la verdad a través del diálogo en el que cada uno comparte "su conocimiento" de forma desinteresada. Y este juego dialéctico nos lleva directamente a la lógica clásica. La lógica intuicionista y la lógica clásica podrían así contraponerse en términos de lógica "erística" y "dialéctica". De este modo queda claro que la interpretación operativa de la lógica nos permite comprender al mismo tiempo la justificación desde el punto de vista de cada una de las partes (la intuicionista y la clásica). Dependiendo de si los interlocutores del diálogo en una discusión quieren hablar el *uno contra el otro* o el *uno con el otro*, la lógica que se adapte adecuadamente será *erística* o *dialéctica*.

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.32006>

LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA Y LOS BORRADOS DE LA MEMORIA EN LA CIUDAD DE MÉXICO: UNA ENTREVISTA EN MOVIMIENTO CON GUILLERMO GUAJARDO

Railway infrastructure and memory erasure in Mexico City: A walking interview with Guillermo Guajardo

Reynaldo DE LOS REYES PATIÑO
Université de Genève

El ferrocarril ha sido uno de los grandes protagonistas de las sociedades modernas. Su imagen evoca el desplazamiento, la velocidad, la integración de espacios distantes. Pero al mismo tiempo, el ferrocarril —en cuanto tecnología— necesita de una infraestructura que se arraiga al suelo, se sedimenta, y si no se le comprende adecuadamente, se le pueden atribuir efectos muy disímiles como integrar espacios o bien provocar segregaciones. Este ha sido el caso de la Ciudad de México, donde políticos y planeadores urbanos propiciaron borrar la memoria del ferrocarril para la ciudad y sus habitantes. Afortunadamente, ese borrado no ha sido total. Aún quedan huellas de ese pasado, y el profesor Guillermo Guajardo, un experto en la materia, nos ayudará a encontrar estas historias buscando sus rastros en la ciudad.

MEMORIAS BORRADAS

Nos vimos en una nublada mañana de agosto de 2023. El punto de partida fue la Plaza de las Tres Culturas, famosa por haber sido el escenario de la represión estudiantil del dos de octubre de 1968. La plaza lleva ese nombre por ser un lugar donde confluyen ruinas de la cultura prehispánica, un templo de la colonización española, y los complejos habitacionales del México moderno. Pero Guillermo tiene otra idea: esta no debería ser la plaza de las tres culturas, sino de las cuatro. La cuarta cultura, la de los obreros, la industria y los ferrocarriles, ha sido negada y prácticamente borrada del espacio, tal como nos lo comprueba mostrando una fotografía de inicios de la década de 1950 donde se aprecia un enorme conjunto de vías férreas, almacenes y ferrocarriles, todos hoy desaparecidos.

Reynaldo de los Reyes (RR): ¿Qué pasó con el espacio obrero y ferroviario que ocupaba esta zona?

Guillermo Guajardo (GG): Se borró todo, es decir, se levantaron las vías, se demolieron los almacenes, se desarmaron todas las instalaciones. Y sobre esto se instaló el proyecto del conjunto habitacional de Tlatelolco. En ese sentido, en términos estrictamente históricos aquí hay cuatro culturas en este suelo, pero hay una cultura negada, que sería la cultura ferroviaria, cuyo último destello fue la huelga de los ferrocarrileros de 1958-59. El retiro si bien venía desde la década de 1940, se completó poco más de diez años después. De aquí se retiraron de manera forzada un proletariado y la tecnología; de esa tecnología y de ese proletariado no quedó nada. Aquí había una concentración obrera fluctuante que pudo llegar a ser de cinco mil personas o más, no sólo ferroviaria, sino industrial, ya que había una fundición importante, así como una diversidad de talleres y de otras instalaciones como depósitos de petróleo. En ese sentido la huelga fue la despedida de un proletariado en esta área y dio paso a la relocalización de instalaciones y a la expulsión de gran parte de la población pobre que vivía alrededor. Fue una gran mudanza, detonada por varias políticas públicas verticales desde el gobierno federal aplicadas de manera sistemática, prácticamente desde el 1944, cuando se inició formalmente el “despeje”. Otra cosa que con el tiempo se puede detectar fue la negación de un segmento histórico social y tecnológico. Incluso cuando se han hecho balances históricos sobre los trabajadores de la Ciudad de México, en ellos no aparecen los ferrocarrileros, quienes trabajaron aquí por casi ochenta años.



RR- ¿Cuáles fueron los cambios urbanísticos más importantes para la ciudad en ese periodo?

GG- Hubo una reorganización masiva de la ciudad que empezó a fines de la década de 1940. Con el presidente Miguel Alemán [1946-1952] el proyecto de modernización fue material, económica y estéticamente guiado por la idea de negar parte del siglo XIX, del porfirismo y de sus símbolos en aras de levantar un país moderno de manera rápida —una obsesión del régimen posrevolucionario—. Esto también pasó por negar a parte del proletariado, la pobreza, y una ciudad diversa. Era una parte de la ciudad que tenía un gran barroquismo. Lo que estamos viviendo hoy [Tlatelolco] ya no es barroco, es una serie de volúmenes modernos, algunos grises y otros de un carácter casi brutalista.

Aquí hubo una intervención fundamentalmente de la ingeniería y de la arquitectura sobre un espacio, a tal punto que, a fines de los años 50, cuando se empezaron a entregar las primeras instalaciones al norte de donde ahora estamos, los ejecutivos de Ferrocarriles Nacionales de México (Ferroviales), la empresa paraestatal surgida de la consolidación de 1907, le llamaron a toda esta reestructuración espacial “urbanismo

ferrocarrilero”. Esto es un punto importante, porque quiere decir que los que impusieron un nuevo orden espacial son básicamente los ingenieros. Si uno lo ve en el conjunto de la ciudad fue un movimiento de tierras y obras impresionantes no estudiado, para crear nuevas infraestructuras.

En el caso de la infraestructura ferroviaria, para autores como Kellet (1969) la instalación de las vías férreas generó un “efecto de barrera”, en tanto que para geógrafos históricos como Dennis (1984), se crearon sinuosidades como islas, penínsulas e istmos dentro de la ciudad. Es lo que yo llamo el “efecto archipiélago” para el caso de la Ciudad de México, porque para fines de la década de 1940 la capital contenía diversas islitas logísticas, que eran las líneas de ferrocarril con sus espuelas y apartaderos. Algunas de éstas no se retiraron como se comprueba en la zona cercana a Tlatelolco que vamos a visitar, en donde todavía hay fábricas y bodegas que utilizan las vías férreas para mover grandes volúmenes de carga dentro de la ciudad.

RR- ¿Cómo podría definir la infraestructura, y qué nos permite entender su historia?

GG- La infraestructura es un testimonio de los flujos. No son espacios inertes, son lugares por los que pasan bienes y personas, y en ese sentido el ferrocarril nos entrega una lectura espacial. Es una tecnología situada, pero también de flujos situados. La “Infraestructura” es una palabra francesa que no fue un término técnico, sino una metáfora legal para separar lo que es la plataforma en el suelo de lo que se llama la superestructura, que es lo que va desde la traviesa y del riel para arriba. Así, la infraestructura podría ejemplificarse esencialmente con el terraplén, una noción de suelo diseñado y construido de manera explícita, en este caso el diseño de una ruta. Es lo que vamos a hacer ahora en esta ruta histórica en la que nos encontraremos con diversos volúmenes. La ruta del ferrocarril también nos permitirá ver varios niveles sociales y espaciales, pasar desde sectores muy deteriorados —que fueron proyectos de modernización en los 50, 60— hasta los últimos desarrollos inmobiliarios de la Ciudad de México.

La tarea no era fácil. Nuestra ruta histórica empezaba en Nonoalco, donde se encontraba una de las grandes terminales ferroviarias, pero entre las huellas del pasado indígena, español y mexicano, parecía difícil encontrar vestigios de ese paisaje ferroviario que una vez dominó esta parte de la ciudad. Para hacerlo tendríamos que ir más allá de lo evidente.



“Este es el plan de viaje”, nos dice Guillermo mientras nos muestra sobre el cofre de un taxi un mapa de 1942 con quince puntos que nos permitirán seguir los viejos rieles del ferrocarril. El vehículo que nos llevará es de Fernando Sánchez, su taxista de confianza, quien nos guiará sin otra ayuda más que su memoria. Cuando le pregunto si tiene GPS, toca su sien con el dedo índice repetidamente: “todo está aquí”, me responde. Conoce la ciudad como la palma de su mano, cualidad que —recalca— ya no se encuentra en los nuevos conductores de aplicación. Nos montamos al taxi. Nos acompaña también Eugenio, historiador y fotógrafo entusiasta de los ferrocarriles. Estamos listos para iniciar el recorrido.



LOS OLVIDADOS

[...] Crisantema de siempre, por ella corrían los trenes transparentes, se mataban más pájaros y el ave de la lluvia, ave del señor de la casa de turquesas, me miraba con sus ojos de espanto [...]

José Trigo

Fernando del Paso

Entramos a la colonia Atlampa, donde todavía encontramos viejas construcciones porfirianas y posrevolucionarias. Aquí era zona de almacenes

de petróleo, fundiciones, fábricas de asfalto, de jabón, y de otras como "La Maravilla", fábrica de estampados. "Es un área complicada", dice Guillermo. Y tiene razón. De hecho, lo ha sido por mucho tiempo. Fue escenario — nada menos— que de Los Olvidados de Luis Buñuel, y también figuró en importantes obras literarias como José Trigo, de Fernando del Paso.



La primera escena que encontramos es reveladora: asentamientos irregulares encima de las vías, postes, cables, edificios de departamentos en los costados y de fondo la famosa Torre Banobras. Dos mujeres policías se acercaron a Eugenio, que tomaba las fotos, y lo interrogaron. Nos sugirieron retirarnos. Ya nos íbamos.



RR- En la historiografía urbana se habla mucho de los palimpsestos, de capas de historia. Y esa idea hace pensar que todo convive al mismo tiempo, incluso cuando las infraestructuras hayan provocado segregación y desplazamientos.

GG- Bueno, las infraestructuras se van sedimentando, se puede borrar su superestructura, pero dejan una huella, quedan como un espectro sobre el suelo. En este sentido, no es tanto que la infraestructura cree en sí segregación, es un asunto más del orden social y económico instalado en torno a esa infraestructura, también por su desuso. En Europa, incluso en parte de Estados Unidos, la presencia de este tipo de infraestructuras

permanentes al quedar en desuso también gesta deterioro, pero sus impactos se han ido resolviendo en base al soterramiento o a la construcción de pasos, a fin de eliminar el “efecto de barrera”. En cambio, lo que tenemos aquí es una eliminación casi completa para modernizar parte de la ciudad, aunque a la larga no se va la pobreza ni la marginación, sino que, como acabamos de ver, se crea otra.

Si bien el tren se convirtió en ícono la Revolución Mexicana, la paradoja es que paulatinamente se fue negando y deteriorando su función. El ferrocarril fue un medio de transporte que se deterioró mucho por el conflicto, por perder inversión y disciplina industrial, y por la nacionalización de Ferronales en 1937, que se tradujo en la mala gestión de la administración obrera. Lo que estamos viendo acá fue la solución que tomó el gobierno federal desde 1947 de reorganizar radicalmente la función del transporte ferroviario con un borrado de una parte del cuadro urbano para el palimpsesto. Eso implicó borrar la pintura antigua y pintar una nueva imagen.



Nos detuvimos en la calle Crisantema, uno de los escenarios frecuentes de la novela de Del Paso. Un gato observaba desde un costado. Para nuestra sorpresa, encontramos un par de gallos muertos sobre las vías. El sacrificio había sido reciente: había plumas por todos lados, algunas aplastadas, y los cuerpos de los gallos estaban cubiertos por el lodo que dejaron las lluvias del día anterior. "Es santería", nos explica Fernando. Sirve para protegerse de los peligros del camino.



Nos movemos al siguiente punto. Luego de la reorganización ferroviaria de mediados de siglo, en 1958 entraron en operación la Terminal del Valle de México (TVM) y la estación intermodal de Pantaco, al norte de la ciudad. Avanzamos hacia esta última que se encuentra en la alcaldía de Azcapotzalco, donde se consolidó una importante zona industrial. Hoy es la terminal de carga ferroviaria más importante del país.

RR- Las nuevas terminales ferroviarias son sólo de carga, de alguna manera el transporte de pasajeros queda relegado.

GG- En México se fue renunciando a dar un mejor servicio ferroviario a la población, lo que se compensó con la entrada masiva del automóvil y del camión. Por lo tanto, la decisión de levantar las vías y no ofrecer, por ejemplo, un servicio interurbano como en Europa o incluso en ciudades latinoamericanas importantes como Buenos Aires, fue una decisión política en favor del autotransporte desde la década de 1930. Para esto se fue creando toda una nueva infraestructura para el automóvil, que va a terminar con la destrucción de una buena parte de la retícula antigua de la ciudad con la construcción de los ejes viales.

RR- En uno de tus trabajos dices que la apuesta por el autotransporte no es necesariamente por la decadencia del ferrocarril, como otros han argumentado.

GG- El autotransporte está ligado al nuevo régimen [posrevolucionario], es decir, va creciendo su peso político. Esto complementa lo que te decía sobre el transporte de pasajeros, ya que se decidió establecer una especialización muy alta en la carga. El ferrocarril mexicano en la actualidad está ligado a América del Norte, y a su logística. Toda la reestructuración que se hizo desde la década de 1940 fue pensando en la carga, y fue un triunfo para el autotransporte, no sólo del automóvil, sino del camión. Pero, el camionero es un actor que no está bien estudiado, a pesar de su peso político. De esa manera se fueron cerrando las alternativas ferroviarias para el transporte de pasajeros en la capital. Por otra parte, se ha ignorado toda una historia social del caminar. Toda esta reorganización urbana para muchos trabajadores significó que crecieran las distancias hacia sus centros de trabajo al alejar las instalaciones de la ciudad.

Avanzamos luego hacia el poniente y llegamos a Clavería, el barrio que vio a nacer a José José y que ahora tiene una estatua suya en la plaza principal. Llegamos a un cruce donde se superponen las vías del tren con las del viejo tranvía. Sobre la calle Ferrocarril Nacional, en la barda, hay pintas de pandillas que marcan su territorio, y cerca conviven tiraderos de basura y posesionarios, mientras en las calles coexisten las casas antiguas y deterioradas con los nuevos edificios tanto de vivienda social como de desarrolladores inmobiliarios.



Eugenio Lazo (EL)- ¿Cuándo levantaron el tranvía?

GG- En la década de 1960 se puso fin al tranvía. Es otra historia. Junto con sacar las grandes estaciones, coincide el cierre posterior del servicio de tranvías de la ciudad de México, y se abre el campo para lo que se llamó el “pulpo camionero”, y para el automóvil. En las rutas de algunos tranvías quedaron los trolebuses. El único que quedó y empezó a hacerse de nuevo más tarde fue el Tren Ligero a Xochimilco, con una parte del antiguo trayecto del tranvía.



En la colonia aledaña, Ángel Zimbrón, vimos los chalets de los ingleses que trabajaron en la refinería de El Águila, compañía petrolera que controlaba gran parte de los hidrocarburos hasta que ocurrió la expropiación petrolera en 1938. La refinería se inauguró en 1932 y con ella otra infraestructura que complementó el ferrocarril: un oleoducto que conectó las zonas petroleras del Golfo de México con el centro del país.



RR- La refinería debió contribuir a la concentración espacial de la industria en esta zona, ¿no?

GG- Claro. La refinería creó diversas instalaciones de patios ferroviarios para distribución de sus productos. Con la expropiación, en 1938, más la expansión del mercado automotriz, creció. Además, la refinería también producía combustible para aviones, lo cual tiene que ver con la construcción del aeropuerto internacional. Y cuando se difundió el uso de locomotoras Diésel, el sistema de refinación de Pemex tuvo a Ferrocarriles Nacionales como un importante cliente en el consumo interno. La historia del mercado petrolero nacional se refleja en esta refinería.

Contaba con un oleoducto, de acuerdo con el estado del arte de las refinerías de la década de 1930. En ese sentido la conservación de esta refinería habría sido un excelente ejemplo de la segunda revolución industrial y de un museo tecnológico y social formidable. Pero bueno, nuevamente, aquí esta vez ¡¡se optó por hacer “espejitos” de agua sin propuesta museográfica de ningún tipo que habría permitido entender la historia de un país en el que el petróleo fue la materia prima de su cambio estructural en el siglo XX!! Además, todo en una capital que contaba con esta refinería y con terminales ferroviarias de alcance nacional. Aquí estaría una quinta cultura, la petrolera, también borrada en su capital, otra negación. Así, al parecer avanzamos sobre puntos de negación histórica.



Nos detenemos donde estuvieron las instalaciones, clausuradas en 1991. Los oleoductos, el tendido eléctrico, el ferrocarril, son todos testimonios de lo que alguna vez fue la refinería más importante del país. Ahora, en su lugar, se encuentra un parque con lagos, árboles y espacios deportivos.

GG: Esta es la nueva fantasía modernista del estado mexicano: borrar y hacer lagunitas. Esto es político e ideológico, así conciben la modernidad los sectores dirigentes y sus paisajistas.

EL- Hay un olorcillo a...

RR- La gente se ha estado quejando porque PEMEX acumula aquí los viejos tanques de gas LP. Es extraño, porque si uno ve la prensa de la década de 1930, existe entre los vecinos la idea de que la refinería era una bomba de tiempo. Y sí, hubo explosiones muy fuertes aquí mismo, como la de 1960, sin olvidar luego las explosiones de San Juanico. Ahora hay un parque, pero el olor y la idea de las bombas de tiempo siguen presentes en este espacio.

GG- Sí, ese es el olor. Está emanando una contaminación terrible. Creo que los genios que hicieron esto son los mismos que hicieron otros espejos de agua sobre un basural en Santa Fé, ¿no?

Avanzamos hacia la parte trasera del parque, donde aún quedan unos patios con carros tanque. Guillermo no quiere que saquemos fotos porque es área federal. Le pido a Eugenio una toma. No me parece tan peligroso.

GG- No me hago responsable de estos chamaquitos, mi general —le dice a Fernando—. Esto es área viva todavía, es el último rostro de la refinería del 32. Cumplimos con el punto 8. Ahora vamos al área “fiff”.



LA GENTE SALUDA AL TREN

La última parte del recorrido se centró en una zona que, a diferencia de la anterior, ha pasado por un intenso proceso de gentrificación. Pasamos cerca de la cervecería Modelo —fabricante de la cerveza Corona—, y de ahí caminaríamos hasta Polanco, por el tramo de la famosa línea C, que era el antiguo Ferrocarril a Cuernavaca. Al inicio de este tramo fue evidente que los negocios locales aún adoptan la identidad ferrocarrilera, pero esto desaparecería metros más adelante.

Avanzamos por un largo tramo de vías que ahora conviven con pasos peatonales y ciclistas. De un lado se encuentran rascacielos imponentes, del otro, pequeñas viviendas precarizadas.

RR- Aquí conviven todos los tipos de vivienda y también de infraestructuras.

GG- Sí, aquí se ve la sedimentación. Una infraestructura no borra la otra. Dentro de la ciudad da la impresión de eso, pero evidentemente hay sobreposición y en un espacio más reducido. Tienes la línea eléctrica, que sigue la misma del telégrafo, luego entró el oleoducto —todo en un espacio que se puede vigilar y controlar—, y luego están las calles, que se van definiendo en torno a la línea. Ahora, vean cómo de un lado hay un tipo de vivienda y del otro hay otra. Esto no lo produjo el ferrocarril necesariamente, sino el ordenamiento industrial. Aquí el “efecto de barrera” se va diluyendo y se va convirtiendo en un límite entre distintos tipos de propiedad.





Avanzamos unos metros y una señora se nos acerca. Cree que somos de la alcaldía y que podemos hacer algo por las luminarias del parque. Se decepciona porque somos historiadores. Vemos restos de un viejo sistema de comunicaciones y más adelante una vía paralela.

GG- Me acabo de dar cuenta que esto es una espuela. Probablemente para abastecer una fábrica o un almacén. Se ve vieja, debe ser de finales del siglo XIX. Podría ser también un ladero. Ahora es una jardinera extraña. Aquí ves cómo los que hicieron este parque, no saben qué hacer con la permanencia de las infraestructuras. Hay un problema técnico también porque las vías son muy difíciles de remover, además de mover tierra, debes cortar y extraer el riel, que es una tarea cara y pesada.

Divagamos un poco. "Estamos usando la línea férrea como un recurso heurístico", dice Guillermo.

RR- Hace un momento usted dijo que en la reorganización urbana de mediados de siglo no participaron urbanistas, sino más bien ingenieros y arquitectos. Pero ¿no le parece que el urbanismo de la época tenía una concepción similar, en el sentido de segregar y borrar?

GG- Sí, pero creo más bien que era un ejercicio urbanístico que en la época estaba a cargo de ingenieros y arquitectos. Se establecían comisiones amplias que tomaban decisiones sobre el espacio, sobre qué había que hacer ahí. Cuando se tomaron las grandes decisiones, en los 40, 50, cuando ocurrió la detonación de la ciudad, fueron básicamente estos grandes grupos de ingenieros, arquitectos, abogados y funcionarios de gobierno los encargados, todo bajo la supervisión a veces directa del presidente de la república para gestionar el espacio. Lo que llama la atención es la decisión del borrado, eso es notable, no queda ningún vestigio relevante. Es una negación de la tecnología.



Ahora, ya casi llegamos al Museo Soumaya que es casi un nuevo centro de la ciudad, una Meca inmobiliaria. Y en frente pasa lo que sería la última vía viva, que es la que abastece de trigo al molino Elizondo. Ahí hay una aguja. Luego iremos donde muere esta línea, frente al Liceo Franco Mexicano.

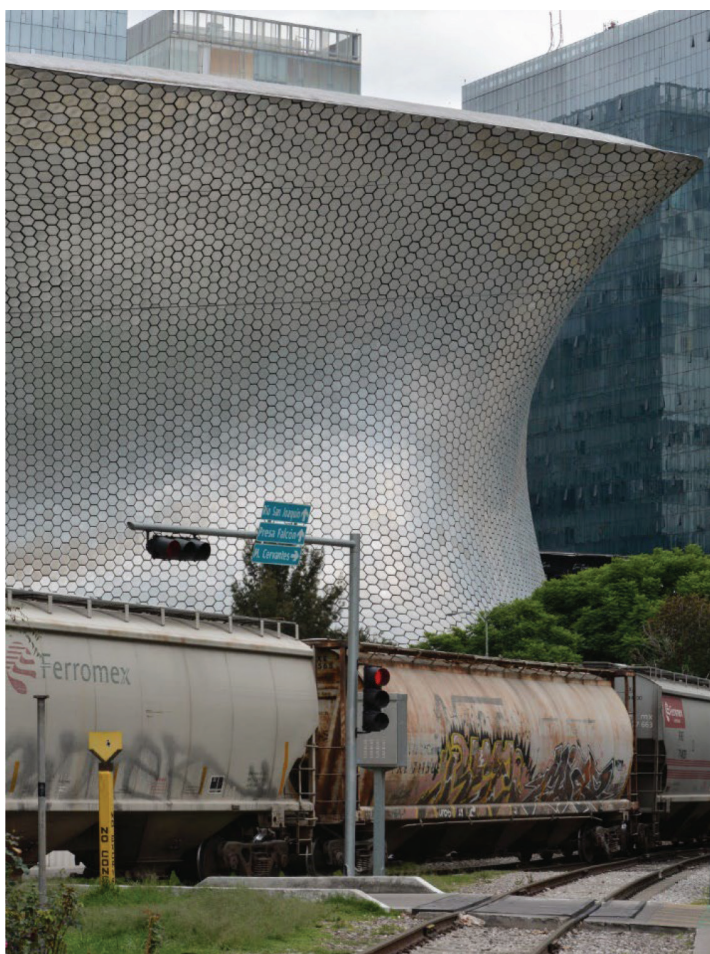
En realidad, hay mucha vida en torno a las vías. Vecinos, oficinistas, trabajadores, turistas. El flujo aumenta conforme nos acercamos al museo. La gente se toma fotos y hace una larga fila para entrar al acuario, acompañada de globos y peluches de animales. Detrás de ello se encuentra la fábrica de Harinas Elizondo. Ahí llega todavía el ferrocarril con trigo para el molino. Escuchamos un claxon pesado y pensamos que era una locomotora, pero era un camión de carga.



Terminamos con el recorrido. Son las 13:09 y una anciana camina despacio hacia el final, donde muere la vía. Seguramente el tren llega por la madrugada, o los sábados, cuando hay menos tráfico vehicular, piensa Guillermo. Sería una locura hacerlo entre semana y en horario laboral.

Pero cosas más raras ocurren en la Ciudad de México. Estábamos dispuestos a partir y Eugenio escuchó a lo lejos un claxon sostenido. “Éste sí debe ser”, dice.

GG- “Allá viene, viejo, ¡corre! —le dice a Eugenio, para que saque las fotos—. Son tres vagones, cada uno tendrá unas 70-80 toneladas de trigo. No, son más, como 9 o 10. Son de *Ferromex* y *Union Pacific*. Es toda una representación escénica, sacar los vagones, meterlos. Es la coreografía industrial. Corrimos con suerte, esto era a lo que venía.



Se abrieron las puertas del molino y comenzó la maniobra, que duró cerca de 15 minutos. La coreografía de garroteros, trabajadores y agentes de tránsito daba vida a la difícil maniobra. Peatones, ciclistas y automovilistas nos detuvimos para que el tren hiciera lo suyo. Una persona se acercó a Eugenio y le dijo: "Toma fotos del contraste entre la industria y ferrocarril, con la modernidad de fondo". "Es justo lo que hacemos", le dice Guillermo. El contraste es evidente para todos, aunque sólo es aparente. Las ciudades son así.

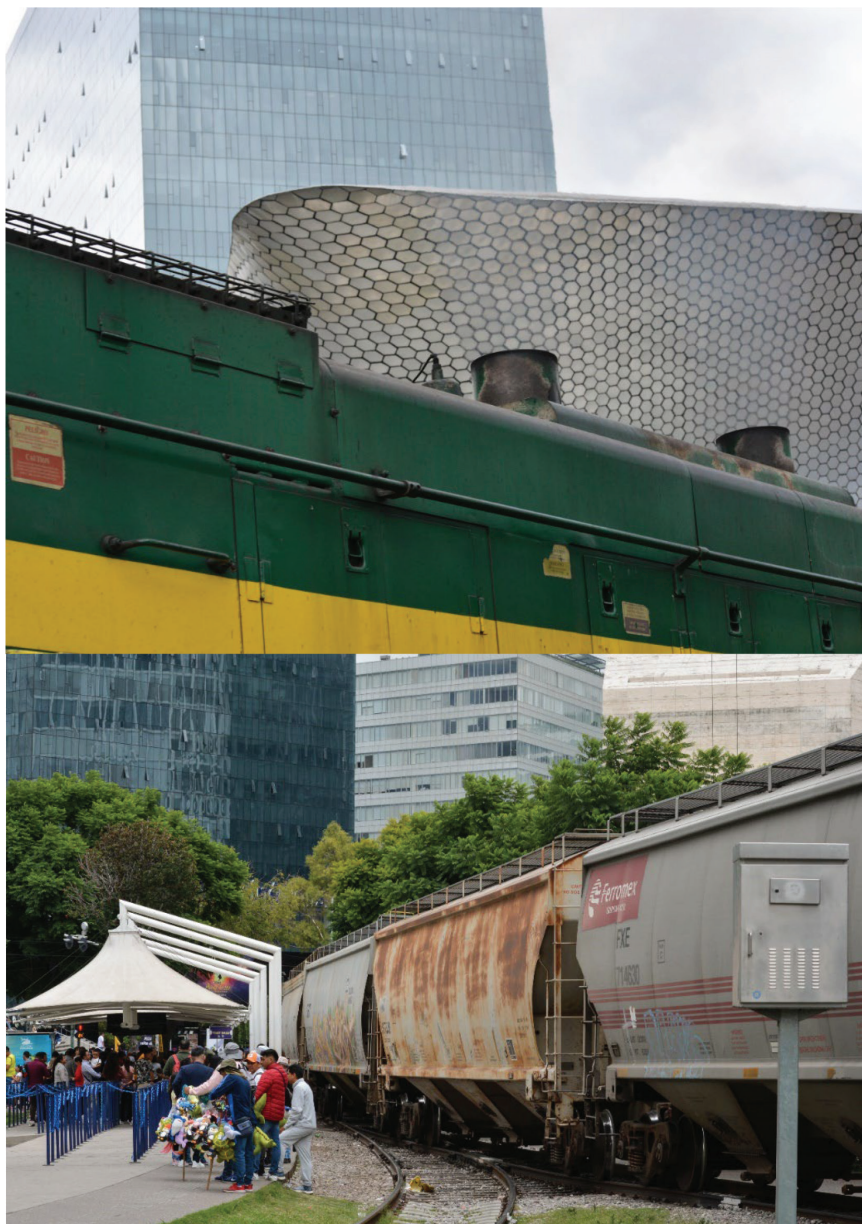


RR- Es un poco surrealista todo.

GG- Es una ciudad viva, todavía con su raigambre industrial vieja, mi amigo.

RR- Reclamando su espacio.

GG- Eso, no soltándolo.





Atrapados en medio de los dos vagones, nos inunda el humo de una locomotora de la década de los 50s. Se termina la maniobra y el garrotero se cuelga al vagón, con una Coca Cola y una bolsa de pan que le dieron como recompensa. El maquinista recibe los saludos de la gente que hace fila en el acuario.

GG- Como dicen los franceses, la gente saluda al tren, no a los camiones. Y la vida continúa. ¿Cuál es la diferencia con Saigón u otra capital cruzada de líneas?

Entrevista y narración: Reynaldo de los Reyes Patiño.

Fotografía: José Eugenio Lazo Freymann.

Entrevista realizada en el marco del proyecto *Urban Palisades: Technology in the Making of Santa Fe, Mexico City*, dirigido por Diana Montaña y David Pretel <https://thedividedcity.com/urbanpalisades/>

SEMBLANZA DE GUILLERMO GUAJARDO

Guillermo Guajardo es Doctor en Estudios Latinoamericanos por la UNAM (1997), Maestro en Estudios Latinoamericanos (Historia) por la UNAM (1995) y Licenciado en Historia por la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile (1988). Desde 1996 fue profesor en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), en 2003 ingresó a la UNAM y en la actualidad es Investigador Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo en el Programa de Investigación Ciencia y Tecnología del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH) de la UNAM, en donde desarrolla el proyecto "Infraestructura y Sociedad". Desde 2004 es miembro del Sistema Nacional de Investigadores-CONACYT con el Nivel II.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Guajardo Soto, Guillermo (2021). Tecnología, poder e infraestructura ferroviaria en la conformación urbana de la ciudad de México, ca 1870-1960. *Quaderns d'història de l'enginyeria*, XIX, 1–31. <http://hdl.handle.net/2117/357668>
- Guajardo Soto, Guillermo (2022). Orígenes ferroviarios y efectos urbanos de la logística de 'última milla' en la Ciudad De México, ca. 1890-1950. *TST. Transportes, Servicios y Telecomunicaciones*, 48(junio), 47-82. <https://doi.org/10.24197/tst.48.2022.47-82>
- Guajardo Soto, Guillermo (2023). What is Infrastructure? Origins, Turns and Continuities of the Concept. *ARQ (Santiago)*, (114), 4–15. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962023000200004>
- Freeman, J. Brian y Guillermo Guajardo Soto (2018). Travel and Transport in Mexico. En: *The Oxford Encyclopedia of Mexican History and Culture*. William H. Beezley (Ed.). New York: Oxford University Press, 2018. DOI: 10.1093/acrefore/9780199366439.013.701

eISSN: 1989-3612

DOI: <https://doi.org/10.14201/art2024.31973>

RESEÑA / BOOK REVIEW

Coeckelbergh, Mark (2024). La ética de los robots. Madrid: Cátedra. Traducción de Lucas Álvarez Canga

Virginia YOLDI LÓPEZ

Profesora-tutora de filosofía en UNED Pamplona

Marc Coeckelbergh, autor de referencia en la filosofía de la tecnología, presenta en *La ética de los robots* una amplia panorámica de las cuestiones éticas que suscita el uso de los robots, entendidos estos como máquinas capaces de realizar numerosas tareas de modo autónomo o semiautónomo.

Partiendo de la constatación de que los robots no son ciencia ficción (“los robots no están en camino: ya están aquí” p.11), nos muestra la necesidad de pensar en profundidad sobre ellos. El libro, que se dice introductorio, tiene los objetivos explícitos de responder a cuestiones éticas relacionadas con los robots, ofrecer herramientas conceptuales para pensar sobre esos problemas y mostrar que pensar sobre robótica nos ayuda a pensar lo humano.

El texto se divide en ocho capítulos, cada uno de ellos dedicado a una tipología de robots, salvo el primero, que es una introducción, y el último, de temática antropológica. Es notoria la voluntad de claridad en la exposición sin pérdida de rigor filosófico. Para ello, el autor, utiliza recursos como la subdivisión en apartados cortos, abundantes resúmenes y recapitulaciones, frases destacadas, ejemplos tomados de la ficción (*Westworld*, *Frankenstein*) y referencia a noticias o anécdotas conocidas (como

atropellos con coches autónomos). Todo ello completado con un índice analítico y un glosario, además de una nutrida bibliografía.

Cada capítulo describe los usos e impactos de los distintos tipos de robots en la sociedad y plantea preguntas éticas al respecto. Buscando las respuestas, el autor se adentra en la reflexión filosófica, cuya profundidad varía de unos capítulos a otros. Coeckelbergh dialoga con otros autores a propósito de la demarcación de los problemas y de las posiciones éticas posibles. Por ejemplo, cuando habla de robots asistenciales, se adentra en la definición del buen cuidado y el papel que los robots pueden tener en él, explicando los puntos de vista de pensadores como Linda y Robert Sparrow, cautelosos con el uso de la máquina en estos entornos porque puede provocar deshumanización, y la suya propia proponiendo un decálogo o ideal normativo para el buen cuidado.

El análisis ético de las modalidades de robots a las que se refiere (industriales, del hogar, asistenciales, vehículos autónomos, androides y drones asesinos) va abriéndose a campos de pensamiento más amplios en cada caso. Así el segundo capítulo nos muestra cómo la reflexión ética sobre los robots en la industria nos lleva inevitablemente a plantearnos cómo organizamos el trabajo en las sociedades capitalistas actuales o qué impacto en el medioambiente tienen esas máquinas. Del mismo modo, los robots asistenciales nos hacen repensar los sistemas sanitarios, los drones asesinos reflexionar sobre la guerra en general o los androides sobre las relaciones humanas.

El autor aborda los temas con enfoque multifactorial e integrador, ejemplo de esto es el tratamiento de la cuestión del engaño. Tanto en la utilización de los robots del hogar como de los asistenciales para sanidad, de los androides o, incluso, de los drones asesinos, se pregunta hasta qué punto hay un déficit ético debido a que se engaña al usuario. Engaño conectado a la posible infantilización, cosificación, humillación o trato indigno de las personas. Coeckelbergh cita a pensadores que consideran inaceptable la faceta engañosa de la máquina y exigen retirarla o darle otros usos (como Noel y Amanda Sharkey) y explica también lo que piensan autores que no consideran que haya engaño, o que lo minimizan o que cuestionan el engaño recurriendo al concepto de ilusión co-creada por el propio usuario, que participa en ella conscientemente. Posibilidades todas ellas éticamente relevantes.

Es central en esta obra el problema de la responsabilidad. Cómo distribuir responsabilidades cuando quien actúa es una máquina, hasta qué punto los humanos son responsables y qué humanos de la cadena de producción y uso lo son. Así, explorando el caso de los vehículos autónomos, surge la reflexión sobre si podemos responsabilizar a los robots

de las consecuencias que provocan sus actuaciones. Se hace eco de quienes, como John Danaher, proponen un conductismo ético en el que no sería necesaria la conciencia del agente para atribuirle responsabilidades éticas¹. Coelkebergh, por su parte, mantiene la necesidad de centrar la responsabilidad en los humanos, al menos, por ahora: "bajo las actuales circunstancias, sería altamente irresponsable no hacer responsables a los humanos de las acciones y consecuencias de los artefactos... que llamamos robots" (p. 110).

La velocidad con la que se avanza en estos campos hará que tengamos que enfrentar problemas nuevos, siendo consciente de ello, el autor nos invita a ir pensando nuestro presente y ser cautelosos. Así, la cuestión de atribuir derechos a los robots ligada a la posibilidad de que tengan conciencia, con ser interesante, no es central para él, dado que, por el momento, no estamos en esa realidad.

Los robots nos sirven de espejo para pensarnos como humanos. Es una idea que recorre el libro y que se desarrolla en profundidad en el último capítulo donde insiste en la honda conexión entre ética y antropología y explora algunas de las distintas concepciones de lo humano presentes en la filosofía actual atravesada por la tecnologización. Estas posiciones serían el humanismo, el transhumanismo, el posthumanismo y una ecología integradora y abarcativa. La exposición sintética del transhumanismo y, sobre todo, del posthumanismo con su defensa de la hibridación y la ruptura del binarismo categorial resultan brillantes, así como su toma en consideración de una ética que saca al humano del centro y coloca al medioambiente global como prioridad para actuar éticamente.

El recorrido del autor tiene gran cantidad de desviaciones y recovecos a explorar. Toma en serio casi cualquier derivada o posibilidad, transmitiéndonos que, en un mundo tan cambiante, cualquier cosa podría pasar, y la filosofía no puede ignorarlo. En ocasiones, Coelkebergh señala senderos sin continuarlos, plantea una gran cantidad de preguntas invitando a la reflexión dejando muchas de ellas sin intento explícito de respuesta. Por eso el lector agradecerá y disfrutará los planteamientos explorados con detenimiento, las argumentaciones completas y las respuestas más o menos convincentes, como cuando explica, en el capítulo 6, su propuesta de la posición moral indirecta de los andróides basada en un enfoque ético relacional.

1. En el libro *Tecnofilosofía* de Anibal Astobiza se explora un conductismo relacional de este tipo proyectado hacia un futuro más robotizado.

Este libro es también, a su modo, un compendio de teorías éticas, que van apareciendo al hilo de los distintos problemas. El autor las explica con sencillez y muestra las posibilidades de su aplicación a casos planteados por la robótica. Por ejemplo, cuando trata de robots androides y cómo enfocar el maltrato a estos, dice: “si alguien maltrata a un robot, esto puede conducir al maltrato a humanos (un argumento consecuencialista) y/o a que humanos no ejerzan sus obligaciones hacia otros humanos (un argumento deontológico) y /o a un carácter moral malo y vicioso (un argumento de la ética de la virtud)” (p. 122).

El hecho de que los robots estén dotados de Inteligencia artificial y tengan cierta agencia hace que sean recurrentes en el libro temas como la seguridad, la privacidad, la vigilancia, la justicia y la desigualdad. Además de la explicabilidad, la opacidad y la responsabilidad. Esto lo pone en relación con otras obras recientes que tratan similares problemas en las tecnologías digitales. Kate Crawford en *Atlas de IA* o James Bridle en *La nueva edad oscura*, Shoshana Zuboff en *El capitalismo de la vigilancia*, Carissa Véliz en *Privacidad es poder*, Remedios Zafra en *El bucle invisible* o los autores de *Robótica, ética y política* editado por Norbert Billbeny se han sumergido en estas cuestiones, que se conectan con la necesidad de regular, educar y debatir a fondo sobre máquinas autónomas, como insiste Coeckelbergh. Dado que la normativa y el control sobre estas tecnologías son aún escasos y están en proceso de implementación, todo ejercicio de reflexión informada es interesante.

En muchos de esos autores, las perspectivas que se nos presentan ante las tecnologías más sofisticadas son de advertencia, con tono globalmente pesimista. Sin embargo, Coeckelbergh, aunque no olvida inconvenientes y peligros, aborda estos temas sin poner por delante los miedos, sino adentrándose con rigor, con mente abierta a la búsqueda de soluciones. No se adhiere a la utopía ni al solucionismo tecnológico, tampoco al catastrofismo. Confía en la inteligencia del lector y en su capacidad de pensar por sí mismo cuando se le proporcionan los datos y las herramientas filosóficas adecuadas. Esto concuerda con su énfasis en que el pensamiento ético ha de extenderse a todos los implicados en la fabricación y uso de los robots; todos deben sentirse concernidos y todos deben ser escuchados. Por ello propone también integrar la ética en el plan de estudios de las materias técnicas relevantes.

Como señala el autor: “Hay que comprender y evaluar las tecnologías ahora, antes de que sea demasiado tarde y conlleven impactos que nadie quiera” (p 12). *La ética de los robots* es un buen modelo de cómo hacerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astobiza, Anibal (2023). *Tecnofilosofía*. Madrid: Plaza y Valdés.
- Bilbeny, Norbert (ed.) (2023). *Robótica, ética y política*. Barcelona: Icaria.
- Bridle, James (2020). *La nueva edad oscura*. Barcelona: Debate.
- Crawford, Kate (2023). *Atlas de IA*. Madrid: NED.
- Véliz, Carissa (2021). *Privacidad es poder*. Barcelona: Debate.
- Zafra, Remedios (2022). *El bucle invisible*. Madrid: Nobel.
- Zuboff, Shoshana (2020). *La era del capitalismo de la vigilancia*. Barcelona: Paidós.

