

ISSN 2525-1198

---

Volumen 6  
Nº 1  
Noviembre 2021

---

# Epistemología e Historia de la Ciencia

Área Lógico-Epistemológica de la Escuela de Filosofía,  
Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades,  
Universidad Nacional de Córdoba



# **Comité Editorial**

## **Editor Responsable**

Hernán Severgnini, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

## **Editores**

Laura Danón, Universidad Nacional de Córdoba; CONICET (Argentina)

Pío García, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

Andrés A. Ilcic, Universidad Nacional de Córdoba; CONICET (Argentina)

Marisa Velasco, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

A. Nicolás Venturelli, Universidad Nacional de Córdoba, CONICET (Argentina)

## **Comité Académico**

Mario Casanueva, Universidad Autónoma Metropolitana (México)

Silvio Seno Chibeni, Departamento de Filosofía, Universidade Estadual de Campinas (Brasil)

Miguel Angel Fuentes, Instituto de Sistemas Complejos (Chile), Santa Fe Institute (Estados Unidos)

Lucía Lewowicz, Universidad de la Republica (Uruguay), Max Planck Institute for the History of Science (Alemania)

Oswaldo Pessoa Jr., Departamento de Filosofía, Universidade de São Paulo (Brasil)

Anna Carolina K.P. Regner, Instituto Latino Americano de Estudos Avançados, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil) (1947-2020) (†)

Víctor Rodríguez, Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

## **Secretaria**

María Belén Bietti

## **Organismo Responsable**

Área de Filosofía del Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades y Escuela de Filosofía de la Universidad Nacional de Córdoba.

Pabellón Agustín Tosco, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

## **Indexación**

Catálogo Latindex 2.0 — Directory of Open Access Journals (DOAJ)

ISSN: 2525-1198

# Epistemología e Historia de la Ciencia

*Epistemología e Historia de la Ciencia* es una revista digital, de aparición semestral, dedicada a la publicación de artículos originales de filosofía general de la ciencia y filosofías de las ciencias particulares, así como artículos de historia de la ciencia con orientación filosófica. Las áreas de interés son entendidas en un sentido amplio y teóricamente plural.

Todos los artículos publicados en la revista están bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



Editorial y correspondencia:

Revista *Epistemología e Historia de la Ciencia*

Centro de Investigaciones Facultad de Filosofía y Humanidades (CIFFyH), Pabellón Agustín Tosco, Ciudad Universitaria, Córdoba (5000), Argentina.

Información adicional y envío de artículos:

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor>

Correo electrónico:

[revistaepistemologia@ffyh.unc.edu.ar](mailto:revistaepistemologia@ffyh.unc.edu.ar)

# Epistemología e Historia de la Ciencia

Vol. 6 (Núm. 1)

(2021)

## Artículos

La ciencia y población en Cuba: Visión del sector científico-médico para la reforma de la nación (1902-1930).....5

*Leyani Bernal Valdés*

Oswaldo A. Reig, Rodolfo M. Casamiquela y la Escuela Paleobatracológica Argentina...22

*Federico L. Agnolín*

Adaptación evolutiva y adaptación ontogenética: ¿La distinción es todavía sostenible?. 48

*Gustavo Andrés Caponi*

Una revisión crítica de un experimento mental de Galileo sobre la caída de los cuerpos y el diseño de un experimento alternativo ..... 69

*Leonardo Levinas*

¿Epistemológica o histórica? La Historia y Filosofía de la Ciencia en una nueva tensión...  
..... 88

*Juan Andrés Queijo Olano*

Orígenes de la trigonometría griega: La composición de la tabla de cuerdas de Ptolomeo  
..... 105

*Gonzalo Luis Recio*

El cambio teórico según Kuhn y las teorías del cambio conceptual en el aprendizaje de la ciencia : Una mirada crítica de sus relaciones..... 139

*Alicia Mabel Zamudio & José Antonio Castorina*

Haciendo *Ciencia Nueva*: Historias y trayectorias entre ciencia, política, arte y comunicación ..... 158

*Lucía Céspedes*

## Traducciones

Normatividad ingenua: El fundamento social de la cognición moral..... 179

*Kristin Andrews & Juana Regues (Trad.)*

## Reseñas

Reseña: *El aire de cada día: Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)* de Natalia Verónica Soto Coloballes.....204

*Heber Vázquez Jiménez*

# La ciencia y población en Cuba

## Visión del sector científico-médico para la reforma de la nación (1902-1930)

Leyani Bernal Valdés <sup>1</sup>

Recibido: 17 de marzo de 2021  
Aceptado: 13 de octubre de 2021

---

**Resumen:** En Cuba el criterio de que la prosperidad de las naciones era proporcional a la cantidad y calidad de sus habitantes se convirtió en un elemento de peso para que los médicos abogaran por procurar una colectividad homogénea, saludable y educada, que debía regirse de acuerdo con los preceptos de la Ciencia. De esta forma la isla podría autodefinirse como nación, capaz de autogobernarse sin la intervención de otros Estados, organizada científicamente y conducida por sus mejores exponentes. Las propuestas de reforma se concentraron en la inmigración, la aplicación de políticas para la protección de la maternidad, la niñez y dar solución a lo que denominaron como “el problema social”. Al analizar las bases del discurso científico del sector médico cubano en torno a la población, la presente investigación tiene como objetivo proporcionar herramientas teóricas que tributen al estudio de temáticas que conformaron el discurso científico cubano. De esta forma se dan los primeros pasos para la inclusión de estudios que contemplen la presencia y aportes de este sector dentro las polémicas de la intelectualidad republicana de 1902 a 1930.

**Palabras clave:** nación, población, ciencia cubana, médicos.

**Title:** Science and population in Cuba: Views from the scientific-medical sector for the reformation of the nation (1902-1930)

**Abstract:** In Cuba, the idea of the prosperity of nations and their proportionality to the quantity and quality of its inhabitants became the proposal of Cuban doctors to seek an homogeneous, healthy, educated community, conducted in accordance with the precepts of science. On this way to define itself as a nation capable of self-government without the intervention of other States, scientifically organized and led by the best exponents. The reform proposals focused on immigration, the application of policies for the protection of maternity and childhood, and solutions to what they called “the social problem”. Analyzing the basis of the scientific speech from the Cuban medical sector regarding the population, the present investigation has as an objective to provide theoretical tools that will contribute to the study of topics that conform the Cuban scientific speech. On this way the first steps were taken to conduct studies that contemplate the contributions and presence from this sector in the controversies from the republican intellectuality from 1902 to 1930.

---

<sup>1</sup> Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (UMCC), Cuba.

✉ [leyani9323@gmail.com](mailto:leyani9323@gmail.com) |  [0000-0002-3225-6751](https://orcid.org/0000-0002-3225-6751)

Bernal Valdés, Leyani. (2021). La ciencia y población en Cuba: visión del sector científico-médico para la reforma de la nación (1902-1930). *Epistemología e Historia de la Ciencia*, (2021), 6(1), 5–21. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/32464>



**Keywords:** nation, population, Cuban science, medical doctors.

---

## 1. Introducción

La jerarquización de los grupos humanos en función de sus particularidades morfológicas, fisiológicas, culturales y psicológicas ha sido, y continúa siendo, un hecho patente en las sociedades. Al recurrir a la historia de Cuba es posible constatar la contribución de las ciencias en la sustentación de preceptos legitimadores de diferencias de los individuos y su función en la sociedad. Los juicios deterministas lombrosianos y biologizantes que sustentaron la existencia de niveles en la inteligencia y capacidades de razas “superiores” e “inferiores” fueron posicionamientos en extenso tratados. Posturas y teorías provenientes de la filosofía, las ciencias naturales, la biología, la antropología y la sociología se irradiaron desde las instituciones matrices cubanas a todas las esferas durante los siglos XIX y primera mitad del XX. Se convirtieron en herramientas capaces de brindar nuevos significados, precisar componentes y normar procesos por los que se regía la vida en sociedad. A decir del historiador Eduardo Torres Cuevas, en la conformación del pensamiento cubano se unieron ciencia e hipótesis social: la primera para estudiar y definir los componentes de la realidad, la segunda para trazar perspectivas desde el resultado de las propias ciencias y a la vez convertirse en una nueva hipótesis para el avance de la sociedad (Torres, 2006, p. X).

La presente investigación tiene como objetivo proporcionar herramientas teóricas que tributen al estudio de temáticas que conformaron el discurso científico cubano y su inserción en la polémica intelectual. Una forma de canalizar las inquietudes que afloraron en las diferentes capas y sectores de la población cubana en estrecha relación con políticas y mecanismos afines que, con algunas diferencias, se aplicaron en el continente americano, en el cual se asumieron los patrones de desarrollo marcados por Estados Unidos y la avanzada de los países del Viejo Continente. El análisis de procesos de esta índole constituye un elemento fundamental para decodificar las claves del devenir histórico actual, así como una herramienta concientizadora de una ética científica y política. Al hacer referencia a las prácticas discursivas resulta adecuado concebirlas no solo como la fabricación de discursos, sino que ellas toman cuerpo en el conjunto de técnicas, instituciones, esquemas de comportamientos, formas pedagógicas, que a la vez las imponen y reafirman. El conjunto de reglas anónimas, históricas, siempre determinadas en tiempo y espacio para una época, área social y económica dada. Al mismo tiempo que se constituyen como juegos estratégicos de acción y reacción, dominación, evasión y lucha, que desde el poder recrean un régimen de verdad y permiten el surgimiento de ficciones jurídicas, políticas y éticas (Botticelli, 2011).

El marco temporal de la investigación se centra en el lapso 1902-1930. Aunque no es un fenómeno exclusivo de estos años puesto que tuvo antecedentes visibles desde el siglo XIX, resulta innegable que en los primeros treinta años del siglo XX recibió nuevos impulsos procedentes de la eugenesia y la homicultura cubana, con la intención de proporcionar un sustento “legítimo” que justificara los trastornos morales de conducta, las fuentes de decadencia económica, política y social de la República y que a su juicio impedían que Cuba tomara su sitio como nación independiente. Las publicaciones que se asumieron como ejes directrices fueron *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, *Crónica Médico Quirúrgica*, *Vida Nueva* y el *Boletín de la*

*Secretaría de Sanidad y Beneficencia* al ser publicaciones vinculadas a instituciones claves en materia científica del período. Constituyen las principales publicaciones, aunque no las únicas, adscriptas a organismos oficiales, que asumieron y divulgaron en la comunidad científica cubana estas ideas.

## **2. Ciencia y población en Cuba durante el siglo XIX, una revisión necesaria**

En el universo asociativo cubano del siglo XIX la ciencia tuvo las más enconadas polémicas en la Sociedad Económica Amigos del País, el Liceo de Guanabacoa, la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, la Sociedad Antropológica de la Isla de Cuba y desde la propia enseñanza universitaria. En su seno las tesis sobre el progreso y superioridad de las razas, su inteligencia y aclimatación, tuvieron amplia repercusión. En mayor grado, circunscritas a los estudios sobre los aborígenes y la defensa de la inmigración negra, china y peninsular con sus variantes, principalmente canaria por provenir de un contexto geográfico similar lo cual a su juicio favorecía su adaptación y permanencia en la isla. Los promotores de mantener la esclavitud o favorecer nuevos tipos de inmigrantes para el desarrollo económico insular los usaron como argumentos e inclinaron la balanza a la inmigración blanca por considerarla biológica y culturalmente superior. Proyectos como los de Francisco de Arango y Parreño, José Antonio Saco patentaron los temores y aspiraciones que emanaban de los círculos de sociabilidad, así como la preocupación ante el desbalance poblacional que generó la entrada masiva de esclavos a la isla en función de la plantación. La revolución haitiana y sus consecuencias permanecieron como un fantasma, cuya posible replicación en Cuba actuaba como incentivo potente a la búsqueda de políticas viables de inmigración y blanqueamiento. El reformismo conservador de los años sesenta de ese siglo posicionó a la raza blanca en el lugar más alto de la escala del progreso y la civilización. Durante las sesiones llevadas a cabo durante la Junta de Información, la inmigración blanca peninsular debía constituirse como vía idónea para fortalecer los nexos entre colonia y metrópoli, y su aumento debía garantizar la absorción de la raza negra mediante la mezcla. Estos criterios, endurecidos ante las posibilidades del aumento de inmigrantes chinos o procedentes de las Antillas hacia Cuba, propusieron la búsqueda de controles para la selección de los elementos étnicos presentes en quienes entraran a la Isla.

Las designaciones puramente biológicas se articularon con factores como la inteligencia, la actitud ante el trabajo o las costumbres como elementos diferenciadores de la moral entre los hombres, que contribuyeron a oscurecer las fronteras y dieron paso a la justificación y legitimación del status de las clases y su ascensión o no, en la sociedad. Un ejemplo de esto en función de la esclavitud lo aportó Domingo Aldama en carta al capitán general Jerónimo Valdés con motivo de la consulta sobre el reglamento de esclavos de 1842. En el mismo alega que toda comodidad deseada por un blanco de cualquier clase constituiría un tormento para cualquier esclavo negro si lo obligasen a disfrutarlo dada sus costumbres y la ignorancia propia de su clase (Barcia, 2009, p. 204). De esta forma se establecían límites en cuanto a no hacer pensar al esclavo que tenía la posibilidad de adquirir derechos o aumentar sus exigencias, por lo que aconsejaba que era más conveniente dejar a consideración del amo los términos para establecer su control. El comportamiento sexual de los esclavos constituyó también un recurso para

confirmar una pretendida incapacidad congénita para el progreso. Sin embargo, se constituyó como resultado de un tráfico que ponderaba la presencia del sexo masculino en la actividad productiva; así como los mecanismos de supervivencia de los que en algún grado se insertaron a la vida en condiciones de libertad, azotados por el estigma de las razas y con apenas oportunidad de cambiar su modo de vida.

Si de raza se trataba, las conceptualizaciones variaban y las diferencias provenían tanto desde los aspectos biológicos como geográficos, religiosos o culturales. Las aportaciones de Carlos Linneo, Johann F. Blumberbach, Samuel Morton,<sup>2</sup> Paul P. Broca, Paul Topinard<sup>3</sup>, las teorías de Charles Darwin, Herbert Spencer, August Morel, Valentín Magnan<sup>4</sup> y Cesare Lombroso<sup>5</sup> ayudaron a configurar un espectro científico que proporcionó las herramientas para la conformación de un régimen de verdad y legitimidad en función del desarrollo de las naciones.<sup>6</sup> Las clasificaciones del hombre atendiendo a criterios físicos y conductuales, las hipótesis de que la capacidad craneana estaba ligada de forma proporcional a la inteligencia por lo que era determinante para poseer mayor o menor intelecto; la revolución que significó la teoría de la evolución de las especies y su instrumentación en la escala de las estructuras sociales con Spencer, las teorías degeneracionistas que vaticinaban la regresión de las sociedades, a lo que se sumaban las características del medio geográfico cubano, constituyeron un amplio y controvertido espacio de debates en las instituciones científicas cubanas, espacios en los que el positivismo y el naturalismo evolucionista tomaron cada vez mayor protagonismo (García & Naranjo, 1998).<sup>7</sup> A los ojos de sus representantes, para lograr la comunidad imaginada, esta debía optimizarse y evolucionar desde su célula base: el individuo, que al luchar con sus mejores armas cimentaba no solo sus raíces sino las de la nación.

Vinculado a esto, la política poblacionista desarrollada en Cuba con fuerza importante durante el siglo XIX por la burguesía esclavista, evolucionó y tuvo continuidad en el XX. Desde el punto de vista demográfico, en la coyuntura del año 1898 salieron a la luz no pocos problemas. La guerra destructora del proceso productivo, la política de embargo de bienes a insurrectos y laborantes, la reconcentración y la suplantación del

---

<sup>2</sup> Carlos Linneo: primero en colocar a los humanos en un sistema de clasificación biológica; Blumberbach, médico alemán creador de la antropología física, catalogó a la especie humana en 5 divisiones: caucásicos, mongoloides, malayos, americanos y negroides. Samuel Morton, médico estadounidense reconocido por su racismo científico y difusor de la teoría poligenista.

<sup>3</sup> Antropólogo francés alumno de Broca, trabajó para probar las teorías de que la capacidad craneal era un marcador de etnicidad.

<sup>4</sup> Psiquiatra francés seguidor de la teoría de la degeneración del también psiquiatra Agustín Morel. Teoría sobre la enfermedad mental que postulaba que los trastornos de este tipo eran consecuencia de la degeneración psíquica causada por la herencia enfermiza de los antecesores.

<sup>5</sup> Criminólogo italiano fundador de la Escuela de Criminología Positiva, influenciada por el darwinismo social y el degeneracionismo, su tesis fundamental consistió en probar la existencia de un "criminal nato", veía el delito como resultado de tendencias de origen genético, el clima, el grado de civilización o el alcoholismo.

<sup>6</sup> Ver: Amador, J. (2008). *Redeeming the Tropics: Public Health and National Identity in Cuba, Puerto Rico and Brazil (1890-1940)*. Disertación doctoral. Recuperada de <https://www.proquest.com/>. Acceso Nro. 3328752. Carreras, S., y Carrillo, K. (2014). *Las ciencias en la formación de las naciones americanas. Una introducción*. Iberoamericana. Recuperado de <http://iberoamericana-ververt.es>. Márquez, P. (2014). Ciencia y poder en Cuba. Racismo, homofobia y nación (1790-1970). Biblioteca Cubana. Rangel, A. (2019). Antropología en Cuba. Orígenes y desarrollo. *Cuban Studies*. 43(1), 209-210.

<sup>7</sup> Para el estudio de estas cuestiones se recomienda consultar las investigaciones realizadas por Pedro M. Pruna, Armando García González, Consuelo Naranjo Orovio y Raquel Álvarez.



capital criollo por el extranjero, dejaron un saldo negativo tanto por el descenso demográfico como por la difícil situación económica en que terminaron las clases medias y en grado superlativo los estratos más pobres de la sociedad. Si bien desde 1887 la población tenía un ritmo de crecimiento anual de un 2%, para 1899 se estimó un decrecimiento en un rango de 100.000 a 150.000 habitantes en la isla. El panorama se comprometía aún más con las bajas cifras de natalidad y los altos niveles de mortalidad infantil agravada por la desastrosa situación sanitaria del país que, si bien fueron decreciendo en los primeros diez años del nuevo siglo, se mantuvieron como el obstáculo fundamental que frenaba el crecimiento y comprometía el reemplazo de la fuerza de trabajo para el primer cuarto del lapso (Loyola, 2018, pp. 195-213). La desigualdad regional en la distribución de la población condujo en el contexto republicano a la inserción de elementos foráneos que debían garantizar la fuerza de trabajo necesaria. Solución que atrajo tantos partidarios, por sus beneficios, como detractores por sus consecuencias para el ansiado progreso.

## **2.1. Ciencia y población en Cuba para la reforma de la nación durante los primeros treinta años de la República burguesa**

La situación ante las condiciones en las que se estrenó la República hacía ver a Cuba desvalida e incapacitada para el gobierno propio, donde no faltaba la inmoralidad administrativa y la propensión a los conflictos políticos, que algunos atribuían al deficiente carácter de un pueblo disperso en sus componentes. Al instaurarse la primera República la ciencia se convirtió en símbolo y elemento catalizador probable para lograr la ansiada modernidad y “civilización”. En los marcos de la llamada primera generación republicana, más conocida en el ámbito de la intelectualidad, los médicos perfilaron su propia estrategia de modernización con no pocos elementos de contacto con la llamada teoría de la virtud doméstica, que el historiador Rigoberto Segreo denominó como *el sueño imposible de las clases medias cubanas* (Segreo, 2016).

El discurso científico médico penetró a todos los espacios de la sociedad y el tema de la población formó parte del mismo. Identificar y fomentar el tipo de habitante aconsejado y deseable, así como su incremento en beneficio del ascenso material y moral de la nación, fueron las líneas seguidas durante el nuevo lustro. Ante la incapacidad estructural de hacerle frente al problema cubano, la idea de que la influencia y prosperidad de las naciones y su proporcionalidad al número y potencia productora de sus habitantes devino en propuesta de los médicos cubanos manifestada a través de sus prácticas discursivas. La realidad demográfica insular fue motivo de debates en este sector, principalmente a partir de 1902 al estrenarse el mandato republicano. Los ejes temáticos se centraron en dos esferas: la necesidad de lograr un aumento demográfico en la Isla y la regeneración de sus componentes, no solo en cantidad, sino también en calidad. Las vías propuestas por la élite científica agrupada en instituciones nodales de la capital se concentraron en la inmigración, los análisis de mortalidad, natalidad, la aplicación de políticas para la protección de la maternidad y la niñez, así como dar solución a lo que denominaron “el problema social”. De esta manera debían procurar una colectividad con una mixtura homogénea, saludable, robusta, educada y guiada de acuerdo con los preceptos de la ciencia constituida como pilar fundamental del Estado.

En este sentido, el modelo norteamericano de organización impuesto mediante los Órdenes Militares, específicamente en el ramo de la Sanidad y la Instrucción Pública permitió la institucionalización y actualización de los servicios. A lo anterior se suma la reestructuración de los planes de estudio universitarios, los cuales aportaron las herramientas a las que acudirían los profesionales para fundamentar sus criterios. A partir del programa diseñado por José A. González Lanuza en 1899, se incorporaron los estudios de antropología con fuertes influencias de la teoría de César Lombroso que perduró por largo tiempo en la enseñanza, con predominio de técnicas osteométricas<sup>8</sup> y somatométricas,<sup>9</sup> así como los postulados de Paul Pierre Broca y Alphonse Bertillon para el estudio de los sujetos (Rangel, 2019, pp. 170-183).<sup>10</sup> Resulta comprensible que la influencia del evolucionismo, el positivismo o las tesis deterministas fueran defendidas con una mayor fuerza por el sector científico insular, que opuso a los problemas de la soberanía y funcionalidad de la democracia, la dirección científica y planificada del Estado y el saneamiento de sus componentes.

A criterio del reconocido oftalmólogo cubano Dr. Juan Santos Fernández en uno de sus discursos, a la ciencia cubana correspondía crear un pueblo vigoroso conduciendo a la vida en una dirección “positiva”, que se traducía en una mayor aptitud para la lucha en un contexto moderno, lo cual debía traducirse en un mayor grado de prosperidad individual y colectiva. Este fin debía garantizarse, a partir del estudio y control de los individuos que constituían el núcleo poblacional del país. No solo de los ya presentes sino también de los que lograban “infiltrarse” mediante la inmigración, con el fin de atraer al inmigrante idóneo y alejar las “regresiones” de lo que, a su juicio, traía aparejada una política de inmigración poco atinada por parte del gobierno de la República y con una finalidad eminentemente económica (Santos, 1907, p. 5).

Para lograrlo consideraron primordial investigar los diferentes tipos humanos en relación con las condiciones del ambiente para medir sus consecuencias sobre ellos y la aclimatación, resistencia e influencia en sus caracteres. Estas propuestas emanaron del propio Santos Fernández y fueron sostenidas por doctores como Jorge Le Roy y Cassá y Carlos de la Torre. Este último consideraba que el hombre se adaptaba tanto mejor al clima cuanto más parecidas fuesen sus condiciones a las de la región de origen, idea heredada del siglo precedente y compartida por mayoría en el XX (Le Roy, 1902, p. 141). La creencia de que el clima tropical excitaba “pasiones brutales y fuerzas impulsivas” que conducían al crimen político y la rebelión continuó manifestándose en los discursos (Santos, 1907, p. 9). A lo anterior, sumaban que su influencia en algunos individuos era capaz de crear caracteres deprimidos y sin herramientas de enfrentar la vida con energías y nobles razonamientos. No es casualidad que una intervención de esa índole se hiciera en esa fecha. Los resultados de la guerrita de agosto de 1906 se hicieron patentes con la aplicación del artículo tres de la Enmienda Platt, lo cual significó frustración y el colapso

---

<sup>8</sup> Las técnicas osteométricas se encargan de medir los huesos del esqueleto humano.

<sup>9</sup> La somatometría es el conjunto de técnicas para obtener medidas precisas de las dimensiones corporales de una persona.

<sup>10</sup> Paul P. Broca: anatomista y antropólogo francés, hizo aportes a la antropometría craneal al desarrollar instrumentos de medición e índices numéricos. Alphonse Bertillon: impulsor de los métodos de individualización antropológica, expuso la antropometría como técnica de investigación de criminales basada en la medición del cuerpo y marcas individuales del sospechoso; estandarizó las fotografías de identificación.

de un ideal ante el temor a la pérdida del control nominal del gobierno de la República, achacado a conductas políticas reprobables que daban argumentos a quienes como Estrada Palma creían en la imposibilidad de una administración sin tutelaje extranjero.

El Dr. Santos Fernández, una de las figuras que más intervino en la materia, consideraba que no era posible abordar la inmigración sin tener en cuenta el estudio de las “razas” y su desenvolvimiento. A su criterio, mientras más “normal” y “equilibrada” fuese, mayores y mejores serían los resultados. Desde esta postura reclamaba entonces que el problema inmigratorio no debía estar circunscripto solo a traer brazos para la agricultura, sino a contribuir a la mejora del potencial demográfico a partir de la selección de los inmigrantes con mejores cualidades y evitar la entrada de los que por sus características podían constituir un “escarnio a la humanidad”. Un mecanismo para evitar la disgregación del núcleo poblacional con la entrada de estos “inmigrantes indeseados” sin previa selección ni tener en cuenta políticas sanitarias, diferencias lingüísticas o religiosas (Santos, 1907, p.11). Prácticas culturales que consideraban daban al traste con los “buenos modos” devenidos en estandartes de la civilización. En la elaboración del modelo de hombre idóneo para el progreso, se sustentaron patrones morales derivados de una cultura hegemónica que tenía como referente a los Estados Unidos de América o países como Alemania o Francia. En sus análisis atribuían a conductas desviadas y salvajes, prácticas como el ñañiguismo, la brujería, el concubinato o la delincuencia.<sup>11</sup> Las concebían como inherentes a determinados individuos sin tener en cuenta las situaciones de subalternidad y marginación de los mismos, impulsados por su posicionamiento económico-social, y obligados a trazar estrategias de supervivencia que transgredían los límites de lo socialmente aceptado.

El evolucionismo positivista impuso un método en función de garantizar el orden desde arriba, establecer la actividad de los sujetos en apego estricto y obediencia de la ley y una moral centrada en el cumplimiento del deber para con la sociedad. El primer paso debía ser la depuración y cultivo de las cualidades elementales que debían poseer los individuos considerados aptos para las funciones sociales. La verdadera polémica en torno al tema pasaba por definir de forma consensuada lo que concebían como inmigración deseada e indeseada y su influencia, pernicioso o no, a partir de la incidencia de los sujetos en la modificación de los componentes étnicos del cubano.

Las exposiciones se convirtieron en una batalla de pros y contra, en busca de los individuos que, por sus características, podían ser insertados en el espacio cubano. Por una parte, los que aseguraban que la imposibilidad de los pueblos latinos para el progreso y el autogobierno obedecía al cruzamiento de las razas. Por otro, los que, consideraban que las razas más fuertes debían ser las más puras, y que los caracteres perdidos por los cruzamientos reaparecían con el tiempo y con ellos el tipo salvaje, regresivo, atávico, ladrón e hipócrita (Santos, 1907, p. 561). Una tercera postura la ocuparon, los que veían la mezcla de razas como algo positivo y afirmaban que los tan aclamados “blancos europeos” no eran más que mestizos de diversas razas; criterio que tendió a destacar y defender las características propias del cubano y de su constitución mezclada. Al primero

---

<sup>11</sup> Un análisis en profundidad de esta cuestión lo realiza el historiador David Domínguez Cabrera en Domínguez Cabrera, D. (2015). *Cuerpo social, criminalidad y prácticas discursivas en Cuba (1902-1926)*. Editorial Ciencias Sociales.

de estos posicionamientos se vinculan varios médicos cubanos, dentro de ellos el matancero Juan Guiteras Gener quien consideraba que los éxitos que se obtenían con la mezcla eran solo aparentes. Creía necesaria la renovación constante de la población mediante inmigración blanca, ya que consideraba que al faltar este componente o mezclarse, en la raza blanca habría una tendencia a degenerar y desaparecer (Guiteras, 1913, p. 561).

En las sesiones de la Academia se reiteró en no pocas ocasiones la necesidad de una inmigración dirigida “con cordura” y celebró el modelo de inmigración blanca por familias como estrategia ideal para el poblamiento de las zonas rurales cubanas, necesitadas de brazos para la agricultura. La introducción de inmigrantes chinos, jamaicanos y haitianos no debía erigirse como solución al problema. Los motivos esgrimidos eran nutridos en argumentos, y más allá de los problemas sanitarios, por asunto de su “moral comprometida”: los haitianos porque se dedicaban a la brujería contaminando a los morenos cubanos, que a su vez provocaban un salto atrás en la evolución de los mismos; los jamaicanos porque eran dados a la prostitución; los chinos al vicio de opio y la morfina, por lo que se les tildó como causantes de propagar en las capas sociales elevadas el uso de las drogas, el aumento de la criminalidad, la brujería y o juegos como la charada (Le Roy, 1929, pp. 441-470). Ante esta perspectiva, asignaba la necesidad de que el gobierno debía imponer medidas coercitivas para prohibir su entrada legal o encubierta y trazar una política de inmigración tendente a seguir los ejemplos de Estados Unidos de América y Canadá para atraer inmigración blanca.

Las leyes de tipo restrictivas que se asumieron en esa materia durante las intervenciones estadounidenses, aplicadas a la medida de la nación norteamericana fueron aclamadas en no pocas oportunidades por los científicos cubanos. En las críticas lanzadas a José Miguel Gómez y Mario García Menocal, quienes en sus respectivos mandatos modificaron las leyes de inmigración y facilitaron la entrada e incremento de braceros haitianos y jamaicanos, necesarios para ampliar la producción de azúcar en función del abastecimiento del mercado en el contexto de la Primera Guerra Mundial, consideraban habían abierto las puertas de la isla a “hombres incultos y de civilización rudimentaria” (Le Roy, 1929, p. 464). El criterio era homogéneo en cuanto a que la inmigración debía ser el problema fundamental a resolver para poblar al país sobre bases firmes y duraderas.

La finalidad de la eugenesia<sup>12</sup> aplicada, en este contexto, era pretender mostrar a cada clase en la sociedad representada por sus mejores exponentes. Proporcionar tantas influencias como pudieran ser empleadas para hacer que las clases útiles de la comunidad –refiriéndose a los representantes mejor dotados física y moralmente– contribuyeran más y mejor a la siguiente generación. Las ventajas de implementarla según su creador, el inglés Francis Galton, serían una raza menos insensata, frívola, excitable y políticamente previsora. La esperanza de dichos resultados, hicieron en Cuba de la pretendida “ciencia”, conjuntamente con la sanidad y la horticultura, una herramienta

---

<sup>12</sup> Término propuesto de manera formal por Galton en 1883, proviene del griego *eu* (bueno o buena) *genesis* (generación, origen, nacimiento) sufrió algunas variaciones hasta que finalmente lo concibió como “la ciencia que permitiría modificar los rasgos hereditarios en la especie humana”.

útil que garantizaría un medio ambiente higienizado y una población sana física y mentalmente (Bernal, 2019, pp. 19-21).

Durante el discurso inicial de la primera Conferencia Panamericana de Eugenesia y Homicultura de las Repúblicas Americanas celebrada en La Habana en 1927, se plantearon los tres ejes fundamentales referentes a la temática: la búsqueda de un hombre apto para el progreso material de los países; la importancia e incidencia de los elementos étnicos en la formación de las nacionalidades y el control de la inmigración de individuos de razas no aptas para “amalgamarse y fundirse”, “carentes de sociabilidad, resistencia y organización cerebral insuficiente para las funciones de los pueblos modernos” (Cuba. Gobierno de la República de Cuba, 1928, p. 34). En el momento en el que se realiza esta conferencia, así como la Conferencia Internacional de Emigración e Inmigración a celebrarse meses después en la capital, la situación cubana ante el gobierno de Gerardo Machado y las condiciones de su mandato eran delicadas. La realidad económica era lamentable y en momentos de crisis internacional como la que se atravesaba, dejó a la vista la desestructuración y dependencia cubana del mercado norteamericano. Ante la depresión de la industria azucarera, la temática inmigratoria y emigratoria (esta segunda en aumento) estaba en el foco de atención tanto de autoridades cubanas como norteamericanas.

Durante las intervenciones de la Conferencia de Eugenesia y Homicultura, en la que estuvo representado un número significativo de naciones americanas, se arrojó como arquetipo ideal el hombre blanco europeo y americano, a los que atribuían cualidades innatas como la fortaleza física, genio, sentido de cooperación y protección al débil. Estas serían las cualidades que debían asumirse y separar al “verdadero hombre” como especie, del animal, del criminal y el loco como individuos (Gobierno de la República de Cuba, 1928, p. 35). A raíz de los debates se llevaron a cabo propuestas de intervención y control de la inmigración dentro de las cuales se encontraban la adopción por parte del gobierno de una política migratoria similar a la de Estados Unidos por su carácter selectivo, y la profilaxis matrimonial dentro de los más debatidos.

En el caso cubano la influencia del positivismo italiano, la medicina francesa, los criterios de Galton y la escuela norteamericana, el bertillonaje aún eran constatables en la enseñanza de la antropología, a la que se agregaba el estudio de trabajos de Israel Castellanos en materia de criminalidad. Idealizadas en la memoria habían quedado las primeras leyes que en materia inmigratoria se impusieron durante la primera intervención, por lo que, unido al contexto cubano de esos años, no resulta difícil entender la presencia de criterios de esta índole.

Los debates suscitados debían, en el caso cubano, garantizar una postura común que posibilitara la actividad conjunta de la ciencia y el Estado para obtener una política inmigratoria favorable a trazarse en el Congreso de Emigración e Inmigración meses después. Las propuestas pasaron desde abogar por la esterilización de criminales y débiles mentales en los casos más radicales, al control de los matrimonios y la procreación, leyes de inmigración selectivas, la adecuación de los códigos penales fundamentados en la criminología italiana, control de la prostitución, el juego, la bebida, campañas para erradicar y prevenir las enfermedades transmisibles y hereditarias, la protección a la madre y el niño (Cuba. Gobierno de la República de Cuba, 1928, pp. 64-66).

La tendencia a asociar la libertad de los pueblos con su fortaleza constituyó una constante en los galenos cubanos. El ideal para alcanzarlas estaba en el niño, el cual debía constituirse en un hogar saneado por la virtud y por la ciencia, que hiciera posible un ambiente de desarrollo adecuado, en una la escuela consagrada al respeto y en la vigilancia de los poderes públicos. La base que debía constituirse como garante de una conducta moral socialmente adecuada en los infantes era la familia por lo que, si un niño nacía y crecía en la miseria, comenzaba por ser un enfermo del cuerpo para ser más tarde un degenerado moral.

Ante las espantosas cifras de mortalidad y los deficientes servicios de esta índole en el territorio, la eugenesia y la homicultura devinieron en instrumento teórico-práctico ideal como legitimador de concepciones regeneracionistas. Se trabajó en base a crear una nueva construcción social de la madre y el infante que serían los encargados de reconstituir el cuerpo social dañado. La homicultura resultó disciplina excepcional en los procesos de selección biológica a tono con las concepciones positivistas al lograr estereotipar al infante modelo y la conducta de la buena madre. El niño pasó a ser un nuevo valor material y moral de la República; educación, vigilancia y aislamiento fue el procedimiento a seguir (Vargas, 2014, pp. 15-24).

Una solución al problema era implementar leyes para proteger a la mujer durante el embarazo y después del parto, garantizar un embarazo atendido, un alumbramiento vigilado y con recursos higiénicos, así como una madre dispuesta a la lactancia todo el tiempo. En cuanto al niño, procurar su estabilidad y salud abreviando el parto, alentar la lactancia materna en los primeros meses y una alimentación adecuada, vacunación obligatoria, higiene y ventilación de las habitaciones y asistencia de madre e infante a los consultorios en caso de ser necesario (Aróstegui, 1904, pp. 50-54). La homicultura<sup>13</sup> cubana debía extender el proceso de observación y cuidado del niño desde el período de preparación de los padres con anterioridad a la concepción, el embarazo, y el desarrollo del infante de cero a dos años, y de los dos años hasta la madurez sexual.

Las propuestas para la creación y el mejoramiento de las instituciones para la protección del niño y la madre desvalidos constituyeron un medio de puericultura y defensa social. Las casas cuna, los consultorios de lactantes, hospitales, ligas contra la mortalidad, casas de socorro, la apertura de parques y espacios abiertos en barrios populosos, maternidades y protección obrera formaban parte de las soluciones a la espera de hacerse realidad. De esta forma se configuró un espectro amplio en los debates que se generaron en estos años en torno al infante, las madres y su función de dotar a la nación de generaciones sanas, fuertes, inteligentes y de buenas costumbres.

Esta fue la causa de que la mujer se convirtiese en parte de los debates en la prensa médica, y en receptora prioritaria de las instrucciones populares o vulgarizaciones científicas, a partir de la necesidad de esclarecer su función social y definir las que podrían considerarse como sus prioridades. Los discursos coincidían en su doble función de esposa-madre y su rol como hacedora y formadora de hombres aptos para sostener el porvenir de la nación. En un contexto en el que se daban pasos significativos para la

---

<sup>13</sup> En 1910 los doctores cubanos Eusebio Hernández y Domingo Ramos definieron lo que ellos esperaban se convirtiera en una nueva ciencia: la homicultura. Ampliaba la definición de puericultura de Adolphe Pinard al concebirla como la ciencia para la investigación y aplicación de los conocimientos relativos a la reproducción, conservación y mejoramiento de la especie humana.

liberación de la mujer, con una inserción cada vez más significativa en el mercado laboral que las obligaba a distanciarse del hogar y los hijos, lo cual representaba romper con las ideas preconcebidas sobre la familia, la educación y la moral en las que la misma constituía un pilar fundamental; se hace comprensible la aparición de criterios estigmatizantes y tendentes a devolverlas a su “lugar”.<sup>14</sup> En este sentido, se construyó una “realidad” que pretendía describir a la mujer y su función en el contexto republicano, y al mismo tiempo un modelo antagónico fundamentado en el diseño de los patrones transgresores de determinadas féminas a la sociedad. Por ende, la enseñanza en todas sus esferas de actuación, constituyó un complemento indispensable en la lógica discursiva de los galenos cubanos y devino en herramienta para sus proyectos al considerarla el recurso más potente para “atenuar o neutralizar la ley de la herencia”, creando una nueva y superior mediante la instrucción y los hábitos adquiridos. Su potencia estaba en las posibilidades de aumentar la fuerza moral encargada de capacitar al individuo para posponer los intereses personales a los generales. Una educación sustentada además por los principios éticos y la religión.

En el caso de los niños, su desarrollo físico, intelectual y moral debía garantizarse, además, desde los planes de estudio dejando tiempo para la práctica de la educación física en espacios sanos y respirables. La inspección médica escolar debía velar por los estados de nutrición, agudeza visual y auditiva, presencia de enfermedades infecciosas o necesidades de tratamiento médico o educativo especial. El estado constructivo y disposición de los locales en cuanto a iluminación y ventilación adecuada, reglamentado desde los primeros años de la República, principalmente con las Ordenanzas Sanitarias de 1906, se mantuvo como premisa, aunque con algunas variaciones. Con el tiempo la higiene escolar dejó de circunscribirse al ámbito médico sanitario y su incidencia generó discursos y regulaciones disciplinarias a partir de las representaciones que generó sobre la infancia. El pedagogo Alfredo M. Aguayo, al igual que no pocos galenos de estos años, consideraba que el niño cubano era casi tan desconocido como el lado invisible de la luna, lo cual justifica que las miradas voltearan a estudios sobre clasificación y descripción según variables de sexo, edad, peso, talla, capacidad visual y auditiva, entre otras especificidades que se registraban en expedientes antropométricos, práctica que el historiador cubano Yoel Cordoví catalogara como el inicio de una pedagogía científica de base antropológica en la isla (Cordoví, 2012, p. 106).

Según el sector médico de la comunidad científica cubana el porvenir de la nación dependía, además de evitar los vicios, las enfermedades de los padres, las malas uniones, y las consecuencias que acarreaban la prostitución y el alcoholismo. Ya que estos, a su juicio, podían generar “epilepsia, locura, imbecilidad, idiotismo, debilidad mental, anulación de la voluntad y sujeción de la moral” (Aróstegui, 1904, p. 38). Condiciones que no favorecían en nada a la funcionalidad y estabilidad de la Isla ante la nueva perspectiva política, social y económica. Ante la injerencia externa y la frustración, la virtud doméstica generó también polémicas agudas en este sector de la intelectualidad cubana. Esta posición dejó caer el peso de la situación insular sobre las espaldas de sus habitantes.

---

<sup>14</sup> Relacionado con el discurso que desde estos sectores abordaron lo relacionado al tema de la mujer y el niño se recomienda consultar las investigaciones realizadas por las historiadoras Yamilet Hernández Galano, Yadira R. Vargas Horta y Leyani Bernal Valdés.

A sus ojos, el conflicto debía resolverse desde dentro y dependía de regenerar sus componentes, y lograr una sociedad organizada científicamente y conducida por los mejores exponentes.

Una tendencia al pesimismo ponía en dudas el potencial de desarrollo cubano no solo en materia orgánica, sino también social. Condenaba a la vida a un fin fatal a partir de la impotencia del hombre al ver su destino determinado por las leyes de la herencia. A escala individual, la justificación que emanó de los postulados biológicos implicaba en el conglomerado social, la existencia de caracteres atávicos, procedentes del origen mismo del cubano. Según el doctor Diego Tamayo, en Cuba las Leyes de Mendel estaban visibles en los elementos sociales con el retorno a la sociedad nueva de los vicios y corruptelas de la época colonial, que vaticinaban el camino hacia la disgregación y decadencia de la nacionalidad (Tamayo, 1909, pp. 165-167). La lotería, las lidias de gallos, la corrupción, desavenencias políticas como la de 1906 y 1917, o el movimiento de los independientes de color devinieron en actos reprobables puesto que ponían en dudas y atraían el peligro de perder una soberanía, que por ilusoria que fuese, no dejaba de ser aclamada. En el caso de los últimos, la connotación racial que adquirió el conflicto, revivió el temor al negro presente desde épocas precedentes, evidenció la posición de subalternidad que aún poseían los negros y mulatos en la Cuba republicana, y lo que aún tendrían que padecer por la conquista de sus derechos.

Resulta interesante ver cómo en la polémica el concepto de raza vinculado a la eugenesia, permite una definición que traspasa lo meramente biológico y otorga un sentido al vínculo que se creó entre los atributos físicos, genéticos, intelectuales y morales de los individuos o grupos, y que conllevó a la aplicación de escalas para la conformación de jerarquías sociales. Las razas, a decir de Fernando Martínez Heredia, son construcciones sociales que identifican y marcan a grupos humanos respecto a otros, en dependencia de relaciones que sostienen entre sí. Arquitecturas elaboradas en un medio específico, históricamente determinable, con íntimos nexos con las relaciones y las clases sociales, así como las acumulaciones culturales de la sociedad de que se trate (Martínez, F., 2002, p. 13). Es un constructo que rebasa los marcos de la imposición de significados de tipo biológico a determinados grupos y va a los procesos, lo cual permite desentrañar la construcción histórica a partir de las atribuciones de características diversas incluidas enfermedades, la sexualidad, los hábitos higiénicos e incluso modos de vida, a motivos raciales.

Es preciso entender que la humanidad se encuentra compuesta por una multitud de poblaciones y cada una posee su propia historia evolutiva. Lo que realmente distingue a los grupos humanos no es la presencia o ausencia de determinado gen, sino la frecuencia en que se encuentra representado en el organismo. Cada individuo posee una combinación de genes que le es propia, formada a partir de un mismo patrimonio genético, homogéneo y común a todos los seres humanos. Estudios han demostrado el mito de las razas y la imposibilidad de las clasificaciones que se han impuesto. Las cifras indican que somos idénticos en el 99,6% - 99,8% de nuestro material genético. El 0,2% - 0,4% expresa en lo que diferimos, y se resume en aproximadamente diez millones de variantes en cuanto a características sobre las cuales se explica la diversidad de la especie humana (Martínez, A., 2002). Pretender clasificar esa diversidad lejos de aclarar,



distorsiona y genera estereotipos.<sup>15</sup> Los rasgos genotípicos y fenotípicos, más que la herencia, reflejan condiciones y patrones culturales de vida.

La comunidad médica cubana, sobre la base de las construcciones teóricas existentes, trabajó en detectar los elementos corruptores de la sociedad, definirlos y erradicarlos. Las intenciones se volcaron a delimitar los patrones de normalidad-anormalidad, de transgresión, caracteres físico-psicológicos del criminal, los elementos degenerativos que estaban presentes en prostitutas, vagos, locos, delincuentes; y conformar el ideal de perfección del individuo con las mejores cualidades físicas y más altas convicciones cívicas y morales. La intervención no debía limitarse a la esfera pública, sino que traspasó el umbral de las casas para controlar privacidad de los individuos en todo lo relacionado a su sexualidad, hábitos higiénicos y de conducta.

El Dr. Israel Castellanos, por ejemplo, influenciado por las ideas de Cesar Lombroso y la obra de Fernando Ortiz en sus primeros años, realizó no pocos aportes a la criminología, policiología<sup>16</sup> y medicina legal, no solo cubana sino también de América Latina. Castellanos llegó a ser un referente en esta materia y en consecuencia llevó a fines de los años veinte al Hospital de Mazorra el empleo de técnicas dactilográficas, colaboró con el Departamento de Moralización (Buró de Propaganda de la dictadura machadista) y entregó un informe sobre el Presidio Modelo de la Isla de Pinos a raíz del cual se aplicarían los preceptos eugénicos y lombrosianos que costó la muerte a 500 reclusos. (Naranjo & Puig, 2006, pp. 53-66). Sus trabajos sobre esta temática fueron retomados en los espacios académicos comenzando por las aulas universitarias. La forma de hacer antropometría y específicamente las tablas de Bertillon en materia de identificación le ayudaron a definir las formas “anormales” y los atributos específicos de las “razas inferiores”. Sus estudios y recomendaciones no quedaron en el papel, sino que fueron puestas en práctica en más de una ocasión al amparo del gobierno de Gerardo Machado.

Según Castellanos el afrocubano era considerado primitivo porque alegaba que su ambiente se había hecho superior sin que él pudiera en su evolución dar un salto para adaptarse al medio. El delincuente de las sociedades civilizadas también lo era porque fue él quien dio un salto hacia atrás, incapaz de mantenerse en un superior nivel de progreso (Castellanos, 1914, p. 268). Esta idea condenaba al inmovilismo a los sujetos identificados como nocivos, cerrando las puertas a toda posibilidad de transformación, estigmatizando y declarando nulo y mimético todo ascenso de los mismos en la sociedad. Los deficientes niveles de instrucción, la imposibilidad del acceso de negros y mulatos a empleos o cargos públicos, la insuficiencia de los esfuerzos en materia sanitaria, entorpecidos por la dejadez y el nepotismo, las condiciones de vida de las capas más pobres de la población, que se oscurecían más si oscura era la epidermis, un sistema penal lastrado por subjetividades y de cuyos fondos vivían las miserias humanas, constituían en buena medida las causas del problema.

---

<sup>15</sup> Beatriz Marcheco y Vicente Berovides publicaron estudios que esclarecen el tema de la raza desde una perspectiva biológica. Es el caso de Marcheco Teruel, B. (2012). El mestizaje desde la información de genes: un estudio de caso. *Temas* 69, 50-55; y Berovides, V. (2011). La evolución conjunta de los genes y la cultura en los humanos. *Catauro*, 12(23), 4-12.

<sup>16</sup> Establece los fundamentos y reglas prácticas encaminadas a la persecución y aprehensión de los delincuentes.

El hampa cubana, en su concepto, era la genuina representación de una tribu bárbara en la sociedad moderna, con una inferioridad orgánica y psicológica próxima al atavismo antropológico por su erotismo, danza, lenguaje y mendicidad. En este sentido abogó por ahondar en ese campo, realizar estudios clínicos sobre las anormalidades, actualizar el aparato jurídico que no se avenía a las prácticas modernas, la observación de aquellos con síntomas de enajenación mental, epilépticos, alcohólicos, y hacer obra represiva “educadora de alta moral y redención”; fue partidaria de la selección artificial, de los proyectos de esterilización y el control de los matrimonios patológicos. (Castellanos, 1914, pp. 267-269).

Este tipo de discursos no se restringió al área de la medicina, ni a las publicaciones salidas del seno de las instituciones de esta índole. La prensa, la literatura, la radio hicieron eco de sus postulados y fueron analizados con creaciones tan sugerentes como las de Miguel de Carrión en la literatura. La Generación del Diez a la que pertenecían José Sixto de Sola, Jesús Castellanos, Carlos de Velazco y José Antonio Ramos entre los más sobresalientes, constituyen referentes en esta materia, influenciados por la obra de José Ingenieros, José E. Rodó, el psicoanálisis y la obra de Federico Nietzsche. En la política, funcionó como forma de legitimación del poder y tuvo entre sus defensores más enconados a Alberto Lamar Schweyer y sus trabajos en función de justificar la dictadura de Gerardo Machado a partir de crear un perfil biologizante de los fenómenos sociales y recurrir al reduccionismo biológico para explicar las crisis políticas de la América de los primeros treinta años del siglo XX.<sup>17</sup> En *Biología de la democracia* (1927) y *La crisis del patriotismo* (1929) Alberto Lamar impone un pensamiento irracionalista y coloca al hombre como adversario natural del propio hombre. Según la concepción compartida por los miembros de esta generación, incluidos los médicos, la democracia debía conducirse con criterio científico por lo que la fórmula era aplicar las leyes de selección natural para elegir a los más aptos para el ejercicio del poder. Esta posición desestimaba el papel de las masas y las segregaba a partir del propio fatalismo e inmovilismo suministrado por las concepciones de la ciencia dejándoles solo una opción, educarse, blanquear, obrar bajo patrones de moralidad y cumplir su rol en la producción para el desarrollo de la sociedad.

Los enfoques de un discurso colonial de contenido racista y sustentador de un andamiaje social marginado que permearon la sociedad republicana, fueron ampliamente superados por Fernando Ortiz quien, con su extensa obra, marcó pautas en la polémica contra los racismos y la discriminación por concepto de raza, que contribuyó a desmontar el mito desde sus aristas biológica, política y cultural. Si bien en las primeras obras de Ortiz el tema racial se manifiesta bajo la influencia del positivismo europeo, su vocación por la ciencia lo orientó hacia renovadas posiciones filosóficas que lo comprometieron con los destinos de Cuba. En su obra se expresa una concepción integradora de nación, inclusiva de todos los componentes étnicos presentes en la sociedad cubana con una visible influencia del pensamiento martiano. Las exposiciones orticianas sobre Martí, sus fundamentos en torno a la no existencia de las razas, evidencian el dominio, la evolución y solidez de sus tesis en torno a la falacia de las razas. La superioridad declarada por algunos, no tenía para Ortiz nada de congénito o hereditario, sino un sentido eminentemente ligado al devenir histórico de los pueblos.

---

<sup>17</sup> Roberto Segreo (2016) realiza un análisis integral sobre este tópico.

Intelectuales desde distintas aristas abordaron la temática. Músicos como Amadeo Roldán, Alejo Carpentier y Alejandro García Caturla se afanaron por internacionalizar nuestra música con sus partituras; pintores como Eduardo Abela llevaron a París personajes negros con sus costumbres y bailes. Poetas como Ramón Guirao, José Zacarías Tallet, Nicolás Guillén o Emilio Ballagas expusieron la idiosincrasia y problemáticas sociales de los negros a través de sus poesías de las cuales *Motivos de son* (1930) y *Cuadernos de poesía negra* (1934) constituyen fieles exponentes. La meritoria labor de Fernando Ortiz a través de la Sociedad del Folklore Cubano y la Sociedad de Estudios Afrocubanos a la que se sumaron historiadores, escritores, músicos y activistas políticos, hizo que el tema del negro en Cuba fuera más allá de una moda, contribuyó a mover la opinión intelectual y crear una conciencia que colocara a blancos, negros y mulatos dentro del espacio colectivo de conformación de la nación. A las generaciones venideras correspondería en los años subsiguientes sacarle a Cuba el complejo de inferioridad a causa del enterramiento de la originalidad de su cultura.

### 3. Conclusiones

La política poblacionista que se desarrolló en Cuba durante el siglo XIX evolucionó, tuvo continuidad en el XX y se convirtió en tarea de primer orden de una parte del sector científico-médico de los primeros treinta años de la República burguesa. El criterio de que la prosperidad de las naciones era proporcional a la cantidad y calidad de sus habitantes, se convirtió en un elemento de peso para que los médicos abogaran por procurar una colectividad homogénea, saludable y educada, que debía regirse de acuerdo con los preceptos de la Ciencia. De esta forma la isla tendría los elementos para autodefinirse como nación, capaz de autogobernarse sin la intervención de otros Estados, organizada científicamente y conducida por sus mejores exponentes. La idea compartida de que era necesario aumentar la población en calidad y cantidad determinó, que los objetivos estuvieran orientados a lograr garantías para una inmigración controlada, a combatir las llamadas “plagas sociales”, los elementos considerados conflictivos en el sistema social y garantizar un ambiente sano mediante políticas sanitarias institucionalizadas para el cuidado de la madre y el niño como pilares fundamentales de la nación.

Las propuestas incluyeron también: abogar por la esterilización de criminales y enfermos mentales en los casos más radicales, el control de los matrimonios y la procreación, la aprobación de leyes de inmigración selectivas de acuerdo con el modelo estadounidense, la adecuación de los códigos penales fundamentados en la criminología italiana, control de la prostitución, la criminalidad, el juego, la bebida y las campañas para erradicar las enfermedades transmisibles y hereditarias. Ciencia e ideología se mezclaron para “contribuir” a la construcción de patrones del deber ser a partir de un régimen de “verdad” y su propuesta en práctica por el poder constituido. A la vanguardia intelectual de los años treinta correspondió la labor de resignificar la cultura y los elementos propios del cubano. Sus obras sentaron las bases para una nueva interpretación de las relaciones, características y esencias de la cubanidad.

### Referencias

Amador, J. G. (2008). *Redeeming the tropics: public Health and National identity in Cuba, Puerto Rico and Brazil (1890-1940)*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Michigan.

- Aróstegui, G. (1904). Puericultura. *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, XLI(s.n.) 23-78.
- Barcia, M. C. (2009). *La otra familia. Parientes, redes y descendencia de los esclavos en Cuba*. Editorial Oriente.
- Bernal, L. (2019). *Las prácticas discursivas de los científicos cubanos en torno a la eugenesia entre 1909 y 1933*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos.
- Carreras, S., y Carrillo, K. (2014). Las ciencias en la formación de las naciones americanas. Una introducción. *Iberoamericana*. <http://iberoamericana-ververt.es>
- Castellanos, I. (1914). Etnología de la Hampa cubana. *Vida Nueva*, VI(3) 67-69.
- Cordoví, Y. (2012). Cuerpo, pedagogía y disciplina escolar en Cuba: dispositivos de control desde los discursos higienistas (1899-1958). *TZINTZUN. Revista de Estudios Históricos*, s.v. (56) 93-16.
- Botticelli, S. (2011). Prácticas discursivas. El abordaje del discurso en el pensamiento de Michel Foucault. *Instantes y Azahares. Escrituras Nietzscheanas*, XI (9) 111-126. [www.instantesyazares.com.ar](http://www.instantesyazares.com.ar)
- Cuba. Gobierno de la República de Cuba. (1928). *Actas de la Primera Conferencia Panamericana de Eugenesia y Homicultura*. Publicadas por el Gobierno de la República de Cuba.
- García, A., Naranjo, C. (1998). Antropología raza y población en Cuba en el último cuarto del siglo XIX. *Anuario de Estudios Americanos*, 55(1) 267-289. <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es>
- Guiteras, J. (1913). La inmigración china. *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, L(s.n.), 558-565.
- Le Roy, J. (1902). ¿Cómo vivimos? *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, XXXVIII(s.n.), 131-156.
- Le Roy, J. (1929). Sobre inmigración anti-sanitaria. *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, LX(s.n.), 441-470.
- Loyola, O. (2018). La alternativa histórica a un 98 no consumado. En F. Fernández & D. Domínguez, *La Nación Insurrecta* (pp. 195-213). Editorial de Ciencias Sociales.
- Márquez, P. (2014). *Ciencia y poder en Cuba. Racismo, homofobia y nación (1790-1970)*. Editorial Verbum.
- Martínez, A. (2002). Siglo XIX: antropología, “razas” y racismo”. *Catauro. Revista Cubana de Antropología*, 4(6), 36-51.
- Martínez, F. (2002). La cuestión racial en Cuba y este número de Caminos. En E. Pérez & M. Lueiro, *Antología de Caminos. Raza y racismo* (pp. 13-21). Editorial Caminos.
- Naranjo, C. & Puig, M. (2006). Delincuencia y racismo en Cuba: Israel Castellanos versus Fernando Ortiz. *Catauro. Revista Cubana de Antropología*, 7(13), 53-66.
- Rangel, A. (2019). *Antropología en Cuba. Orígenes y desarrollo*. Editorial Félix Varela.
- Santos, J. (1907). La Inmigración. *Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana*, XLIII (s.n.), 4-17.

- Segreo, R. (2016). *La Virtud Doméstica: el sueño imposible de las clases medias cubanas*. Editorial Oriente.
- Tamayo, D. (1909). Patología social. La República enferma III. *Vida Nueva*, I(10), 165-167.
- Torres, E. (2006). *Historia del Pensamiento Cubano*. Editorial Ciencias Sociales.
- Vargas, Y. (2014). *Para una nueva Cuba, una nueva infancia. Homicultura y eugenesia en los dispositivos de control infantiles 1902-1928*. (Tesis de pregrado). Universidad de La Habana.

# Oswaldo A. Reig, Rodolfo M. Casamiquela y la Escuela Paleobatracológica Argentina

Federico L. Agnolín<sup>1</sup>

Recibido: 29 de abril de 2021  
Aceptado: 27 de agosto de 2021

---

**Resumen:** Entre 1956 y 1965 los paleontólogos Oswaldo A. Reig y Rodolfo M. Casamiquela llevaron adelante una serie de trabajos sobre anuros fósiles que impactaron de manera decisiva sobre la comunidad paleontológica. Sus trabajos consistieron en la descripción de una gran diversidad de anuros sudamericanos extintos así como en los hallazgos de las especies más antiguas conocidas para el grupo en aquel entonces. Tomando como excusa esos hallazgos, Reig y Casamiquela cuestionaron los principales esquemas clasificatorios de la época e incluso pusieron en jaque el paradigma holarcticista de distribución de los organismos. Estos autores fueron posiblemente los primeros investigadores por fuera de los “centros científicos” en oponerse, con algún éxito, a las ideas biogeográficas dominantes en la época.

**Palabras clave:** Reig; Casamiquela; Anura; Holarcticismo; *Notobatrachus*.

**Title:** Oswaldo A. Reig, Rodolfo M. Casamiquela and the Argentinean Palaeobatrachological School

**Abstract:** During 1956 and 1965 years the paleontologists Oswaldo A. Reig and Rodolfo M. Casamiquela published a series of contributions about fossil anurans that have a deep impact on the paleontological community. Their works included the description of a large diverse array of extinct South American anurans as well as, the oldest finding of anurans along the world. With this background, Reig and Casamiquela quizzed the main classificatory schemes of the epoch and even questioned the Holarcticistic paradigm for the distribution of living organisms. These authors were probably the first investigators outside “scientific centers” in opposing, with some successfulness, to the biogeographic ideas dominant at that time.

**Keywords:** Reig; Casamiquela; Anura; Holarcticism; *Notobatrachus*.

---

## 1. Introducción

La “Disputa del Nuevo Mundo” es un término acuñado por Gerbi (1960) para referirse al marco conceptual y teórico de una serie de pensadores europeos que afirmaban que el continente americano era de naturaleza inferior al Viejo Mundo (es decir Europa, norte

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Anatomía Comparada y Evolución de los Vertebrados. Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”. Buenos Aires, Argentina. CONICET. Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”. Departamento de Ciencias Naturales y Antropología. Universidad Maimónides. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

✉ [fedeagnolin@yahoo.com.ar](mailto:fedeagnolin@yahoo.com.ar) |  [0000-0001-5073-561X](https://orcid.org/0000-0001-5073-561X)

Agnolín, Federico L. (2021). Oswaldo A. Reig, Rodolfo M. Casamiquela y la Escuela Paleobatracológica Argentina. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6(1), 22–47.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/32860>



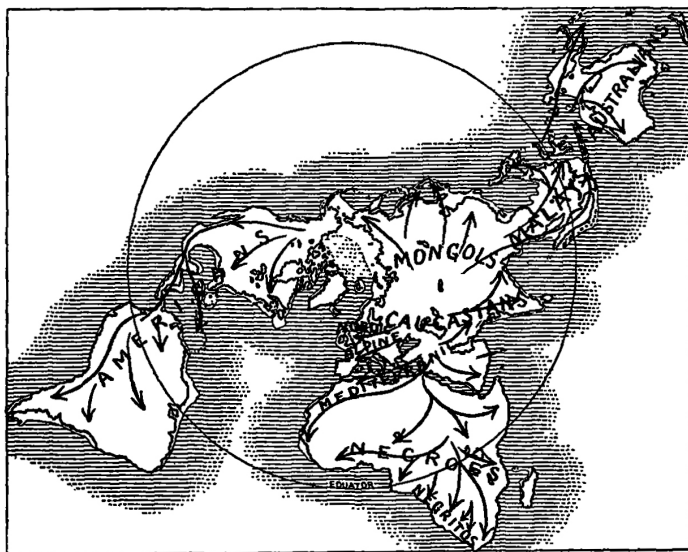
de África y Asia). Si bien algunos intelectuales europeos habían expresado con anterioridad esta propuesta, se debe a George Louis Leclerc de Buffon (conocido como Conde de Buffon) las bases científicas de la superioridad natural del Viejo Mundo (Croizat, 1958; Gerbi, 1960). Buffon consideraba que América ejercía una acción retardataria e inhibitoria en sus organismos debido al clima húmedo y abundancia de pantanos, albuferas, etc. Esto resultaba en un efecto negativo sobre los organismos “superiores”, mientras que “alimañas” como serpientes y batracios encontraban en estos ambientes un espacio propicio para su desarrollo. Esto también se extrapolaba a los pobladores locales, que los naturalistas y antropólogos europeos veían como “intrínsecamente inferiores” a los pobladores del Viejo Continente (Hegel, 2020[1899]). Bajo este esquema, la totalidad de las formas vivientes habrían tenido sus orígenes profundos en el Viejo Mundo, y desde allí se habrían dispersado a lo largo de todo el globo. A medida que se alejaban del centro de origen (siempre el Viejo Mundo) se degradarían paulatinamente, y quedarían sucesivamente acumuladas a modo de relictos en los continentes australes, especialmente Sudamérica (Darlington, 1957). Vale la pena remarcar que la noción de un “centro de origen” y la subsecuente “dispersión” se origina en mitos bíblicos Judeo-Cristianos (como el Jardín del Edén), y esto parece haber incluido en gran medida el pensamiento de aquellos naturalistas (Croizat, 1958; George, 1993; Papaverio et al., 1997; Bueno et al., 1999; Llorente et al., 2000).

Esta idea fue debatida en la primera mitad del siglo XIX por varios naturalistas de renombre, incluyendo Francisco Clavijero, Félix de Azara y Thomas Jefferson (este último también reimpresso por Mariano Moreno), así como por varios intelectuales porteños cercanos a los últimos tiempos del Virreinato del Río de La Plata (Gramuglia, 2018; Sebastiani, 2020). Sin embargo, a medida que Estados Unidos de América se tornaba en una nueva potencia imperial, la idea de intrínseca “inferioridad” americana fue cayendo en desuso y fue transmutando; en efecto, la “inferioridad” biótica (y humana) comenzaba así a restringirse a América Latina ya para fines del siglo XIX (véase Quintero Toro, 2008).

Es bien sabido que ambos esquemas biogeográficos y evolutivos coinciden estrechamente con distintas etapas de colonialismo imperial. Aunque el imperialismo estadounidense no tuvo las mismas características que el imperialismo europeo, sí puede caracterizarse como un imperio informal si hablamos de relaciones científicas (Quintero Toro, 2006). En este sentido, especialmente en las postrimerías de la doctrina Monroe, y especialmente en relación a las presidencias de Theodore Roosevelt, el imperialismo estadounidense empleó a la ciencia como un instrumento para expandir sus ideales a lo largo de Latinoamérica. Junto a Museos, Universidades e incluso empresas como United Fruit Company, los científicos estadounidenses llevaron a cabo sondeos y exploraciones en América Central y del Sur (Quintero Toro, 2008) que resultaron fundamentales para propagar y divulgar los modelos científicos estadounidenses.

Ambas visiones del mundo natural, se correspondían estrechamente con hipótesis sobre el origen y poblamiento de la flora y fauna globales. Así como Buffon concibió el Viejo Mundo (y más específicamente Europa) como la cuna de la mayor parte de las especies animales y vegetales, que a su vez eran intrínsecamente superiores, a fines del siglo XIX y durante el siglo XX investigadores estadounidenses sostuvieron a América del Norte como el gran proveedor de novedades evolutivas y especies

competitivamente superiores. En esta línea de pensamiento, Henry Fairfield Osborn, fue posiblemente uno de los paleontólogos que más influyó en su tiempo (Rainger, 1991). Director del Museo Americano de Historia Natural, podría ser considerado como el inspirador de la influyente “Escuela de Zoogeografía de Nueva York” (véase Nelson y Ladiges, 2001). Osborn fue asimismo un reconocido eugenista que argumentaba la superioridad intelectual de los individuos que habitaban el norte de Europa y América con respecto a Latinoamérica y otras regiones del globo (Rainger, 1991). Bajo el esquema planteado por Osborn, varios investigadores desarrollaron sus líneas de investigación. Uno de los casos más notables es el del paleontólogo William Diller Matthew. Este autor puede considerarse como el biogeógrafo más influyente del siglo XX. En su obra de 1915 “Climate and Evolution” sostiene una biogeografía estrictamente darwiniana basada en centros de origen (sitios puntuales donde los diferentes linajes tendrían su origen) y posterior dispersión hacia regiones alejadas (Figura 1). Esta biogeografía de la dispersión o dispersalismo, sigue a pie juntillas las propuestas biogeográficas de Darwin y Wallace, que como fuera indicado anteriormente, se remontan a Buffon y a su vez a antiguos mitos Judeo-Cristianos (Llorente et al., 2000). Matthew propone, que la totalidad (o casi) de los seres vivos se originan en el Hemisferio Norte y desde allí se dispersan hacia el sur. Específicamente, en el caso de América, el origen de la totalidad de los linajes de mamíferos (y muchos otros organismos) se habría originado en Norteamérica y desde allí, mediante sucesivas oleadas habrían poblado el sur, desplazando a especies “competitivamente inferiores”. Esta propuesta fue seguida por la mayor parte de los biogeógrafos del siglo XX, incluyendo a Simpson, Darlington, Mayr, y muchos otros que formaron parte de la “Escuela de Zoogeografía de Nueva York” (e.g., Simpson, 1948, 1980; Darlington, 1957; ver en detalle Nelson & Ladiges, 2001). Es más, su influencia es tan fuerte (específicamente en el caso de los mamíferos), que el modelo de Matthew-Simpson es el que aún se utiliza (prácticamente sin modificaciones) para explicar la evolución de los mamíferos sudamericanos y casi todos los grupos de vertebrados, e incluso invertebrados y plantas (Ricklefs, 2002; Pascual & Ortíz Jaureguizar, 2007; Ortíz Jaureguizar, & Pascual, 2011; Defler, 2018; Hoffmeister, 2020).



**Figura 1.** Ilustración extraída del libro *Climate and Evolution* (Matthew, 1915) que refleja gráficamente la posición Holarcticista a ultranza (sensu Reig, 1981). En este caso se muestra la radiación temprana del hombre según Matthew (1915) en donde se refleja el origen del hombre en Eurasia y desde allí su migración hacia otros territorios, incluyendo los continentes del Hemisferio Sur.



Como fuera indicado más arriba no parece ser casual que las perspectivas biogeográficas de Matthew y Simpson reflejaban y daban un sustento científico a los intereses expansionistas de Estados Unidos hacia Latinoamérica. Si tanto los animales y vegetales, como las civilizaciones humanas del norte eran naturalmente más aptas que las del sur, tenían un derecho natural a ejercer su dominio sobre estas últimas (Quintero Toro, 2008). Esta superioridad inherente fue luego reproducida por los mismos intelectuales latinoamericanos (Quintero Toro, 2008).

Sin embargo, la visión matthewiana (o podría decirse nearcticista) contaba con un importante escollo: la enorme cantidad de evidencias que sostenían el robusto marco teórico elaborado por el paleontólogo Florentino Ameghino. Este propugnaba que América del Sur no era simplemente un recipiente en el cual iban cayendo diferentes linajes, sino que, por el contrario, había sido parte del teatro evolutivo de diversos linajes y cuna de varios grupos de mamíferos. Es por eso que desde varios museos y universidades del Hemisferio Norte partieron expediciones en búsqueda de fósiles que probaran lo incorrecto de las hipótesis ameghinianas (Rainger, 1991; Quintero Toro 2009). Esto es especialmente evidente en las expediciones de la Universidad de Princeton, que, tal como fuera confesado por sus mismos ejecutores (ver Quintero Toro, 2009).

Los descubrimientos de los Ameghino fueron de tal importancia que despertaron el interés de paleontólogos y geólogos en todas partes [...] muchas de las observaciones y teorías aparentemente conflictivas expuestas por los Ameghino probarían ser inválidas, mientras que los hechos más importantes armonizarían con aquellos bien establecidos en el norte. (Hatcher, 1903, p. 3)

En este párrafo, Hatcher da por sentado lo erróneo de la hipótesis ameghiniana. Su interés no es el de poner a prueba dicho esquema, puesto que ya partía de la certeza de su naturaleza incorrecta.

Es así que las propuestas ameghinianas fueron profundamente atacadas por la mayor parte de los autores estadounidenses, en especial G.G. Simpson y B. Patterson, quienes establecieron un paradigma que hoy en día se mantiene en pie (conocido como “Programa Paleontológico de Simpson” por Cain, 1992; o la “agenda Simpson-Patterson” de Hershkovitz, 1969).

A pesar de que el esquema “Matthew-Simpson-Patterson” es aceptado hoy en día por la gran mayoría de los paleontólogos, este paradigma de la biogeografía sudamericana encontró, fundamentalmente durante las décadas de 1950 y 1960 unos pocos autores que cuestionaron este modelo imperante (aún hoy). Es en el Instituto Miguel Lillo, emplazado en la provincia de Tucumán, en el Noroeste de Argentina en donde un grupo de paleontólogos nucleados alrededor de la figura del prominente biólogo Osvaldo Reig, comenzarán rápidamente a demostrar que el paradigma Nearcticista tiene importantes puntos débiles.

Especialmente a partir de 1958 los investigadores Osvaldo Reig y Rodolfo Casamiquela comenzarán con una serie de contribuciones sobre anuros fósiles que pondrán en jaque a los principales postulados biogeográficos y clasificatorios de los anfibios fósiles y extintos. Sus publicaciones serán de gran relevancia internacional, pero no solamente tendrán impacto en el estudio de los anfibios, sino también en los esquemas globales de clasificación y biogeografía de los vertebrados.

La presente contribución constituye un extracto de la charla inédita titulada “Oswaldo Reig, Rodolfo Casamiquela y los anfibios fósiles sudamericanos” brindada en el contexto del encuentro “Paleontología de Vertebrados Mesozoicos. Conmemoración de los 61 años del inicio de la dinosauriología argentina” llevado a cabo el 05 de Diciembre de 2019 en el Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”.

## 2. El estudio de los batracios y el “Nearcticismo” a ultranza

Gladwyn Kingsley Noble (1924, 1925, 1926, 1928, 1954) es el primer investigador especializado en anuros que sustenta y adopta de manera cabal, la teoría biogeográfica de Matthew. Las propuestas filogenéticas y biogeográficas de Noble se corresponden en su totalidad a los principales postulados Nearcticistas, y fueron rápidamente seguidas por la amplia mayoría de los herpetólogos coetáneos (e.g., Dunn, 1923, 1931; Schmidt, 1946; Darlington, 1948; Schaeffer, 1949). Darlington (1957) toma el modelo de Noble, con la única diferencia que sostiene que el origen de los anuros ocurre en los trópicos del Viejo Mundo, y que desde allí habrían poblado todo el globo en varias oleadas sucesivas. En el caso de Latinoamérica, habrían arribado luego de un largo viaje, pasando a través de América del Norte y Central.

Noble (1954) en su esquema clasificatorio reúne o separa diferentes grupos taxonómicos, sobre la base principal (si bien no lo explicita) de la distribución geográfica de los diferentes tipos de anuros vivientes. Sobre esta base, desecha las similitudes morfológicas especiales reconocidas por la mayoría de los herpetólogos, exhibidas entre diferentes taxones presentes en Sudamérica, Australia, e incluso África. Al igual que Matthew, Simpson y los dispersalistas de la escuela Zoogeográfica de Nueva York, Noble concebía un mundo inmóvil (todos estos autores combatieron las teorías de movimientos continentales de Wegener; Frankel, 1981), sobre el que los diferentes linajes se desplazaban a lo largo de los continentes a través de lenguas de tierra o cadenas de islas. En este sentido, Noble (1925) describió para el Cretácico de India al género *Indobatrachus*, con claras afinidades a los *Myobatrachidae* australianos y a los *leptodactiloideos* sudamericanos (ver Spinar y Hodrova, 1985; pero véase Agnolín, 2012). Esto lo hizo concluir que los *myobatrachios* se originaron en Asia y desde allí habrían emigrado a Australia, mientras que los *leptodactílicos* se habrían originado en Norteamérica y desde allí habrían migrado hacia el sur (Noble, 1925). Sin embargo, la distribución de todas estas formas se explica de manera más parsimoniosa si se considera al stock *Myobatrachidae-Leptodactyloidea* como un grupo ampliamente distribuido en Gondwana durante el Mesozoico (Lynch, 1971).

Bobb Schaeffer (1949) es posiblemente uno de los autores de la primera mitad del siglo XX que en mayor detalle se ocupó del poblamiento de anuros en América del Sur. Para Schaeffer (al igual que para todos los seguidores de Matthew) ningún linaje de anfibios se habría originado o siquiera tenido parte importante de su historia evolutiva en América del Sur. Con respecto al momento de llegada separa a los anuros sudamericanos en tres diferentes estirpes (o stocks):

1- Anuros que entraron a América del sur previo al aislamiento del continente durante el Cenozoico. En este grupo se incluyen *Pipidae*, *Leptodactylidae*, *Hylidae* y *Atelopodidae*. El caso de la familia *Pipidae* demuestra la serie de preconceptos e hipótesis ad hoc que son necesarias para poder sostener un origen boreal para el grupo. Los *Pipidae*

actuales se distribuyen en África y América del Sur, y constituían en aquel entonces una evidencia importante que sostenía la antigua conexión terrestre entre ambos continentes. Sin embargo, Schaeffer cuestiona esta posibilidad.

[...] hallazgos indican fuertemente una dispersión Mesozoica temprana desde algún centro Holártico desconocido, con una forma tipo *Protopipa*, alcanzando Sudamérica desde el norte previo a la fractura del puente panameño. Otra hipótesis tentadora, para la cual no hay información morfológica convincente, sugiere un origen independiente de los pípidos sudamericanos y africanos desde un stock discoglóside primitivo Eurasiático. (Schaeffer, 1949, p. 61)

2- Anuros “saltadores de islas” que llegaron atravesando barreras oceánicas amplias. En este caso se incluye como posibilidad a los Bufonidae

3- Finalmente, las formas que participaron en el Gran Intercambio Biótico Interamericano (GABI) ocurrido a finales del Cenozoico. Se incluyen aquí a los Microhylidae, Ranidae, y posiblemente Hylidae (Hyla).

En suma, el estudio de la biogeografía de vertebrados, incluyendo los anuros, se encontraba en manos de investigadores “Holarcticistas a ultranza” (sensu Reig, 1981a) o mejor dicho, para el caso de América, en “Nearcticistas a ultranza”. Para los especialistas, los diferentes linajes de anuros se habrían originado en el Hemisferio norte y desde allí, se habrían dispersado hacia el sur. El Hemisferio Austral no sería generador de ninguna novedad evolutiva, y las importantes similitudes faunísticas observadas entre Sudamérica, África, Australia e India son simplemente el resultado de invasiones separadas y posterior evolución convergente y no el resultado de una historia evolutiva común.

Sin embargo, como fue indicado más arriba este paradigma será puesto en duda, y muchos de sus pilares serán derribados por las investigaciones del grupo de paleontólogos emplazados en Tucumán con Osvaldo Reig a la cabeza.

### 3. Osvaldo A. Reig y la escuela Paleobatracológica Argentina

Hacia 1920-1930 una recepción local entusiasta de las ideas neovitalistas fundamentalmente de Francia y Alemania, se mantiene en los círculos universitarios argentinos donde están presentes figuras antievolucionistas y creacionistas, lo que resulta en un medio científico acrítico y periférico (vitalistas reconocidos eran José María Gallardo, Elio Massoia, Emiliano Mac Donagh, Jorge De Carlo; Contreras, 2019). De esta manera, la mayor parte de los paleontólogos y zoólogos argentinos hasta mediados del siglo XX no fueron capaces de generar un marco teórico propio ni de proponer hipótesis o cuestionamientos de importancia a los paradigmas vertidos desde los centros científicos, comportándose como lo que se conoce como “ciencia periférica” (López Beltrán, 1997; Bardo Torres, 2002). Sin embargo, hacia 1950 empieza a culminar para la zoología y paleontología argentinas esta etapa de estrechez intelectual y falta de modernismo (Contreras, 2002). Aquel pobre panorama comienza a virar aproximadamente partir de 1957 y hasta 1962, donde acontece rápidamente un cambio profundo en la zoología y paleontología de Argentina, como se ve reflejado en el Primer Congreso Sudamericano de Zoología en 1958 (Contreras, 2019). Osvaldo Reig es posiblemente el mayor impulsor local de este cambio de paradigma

Debido a sus convicciones políticas (era comunista) Reig (Buenos Aires 1929-1992) fue perseguido por todos los gobiernos totalitarios de Argentina, por lo que nunca pudo establecerse en ningún lugar de manera estable. Su falta de arraigo le valió el calificativo de “Biólogo Itinerante”, que él mismo pregonaba (Reig, 1989; Quintana, 2012). Fue apresado y torturado en dos ocasiones, en Argentina y Chile, incluyendo un simulacro de fusilamiento por parte del gobierno peronista de 1950 (Ponsà, 2012). Fue amigo y parte de un grupo importante de intelectuales, incluyendo figuras de la talla de Juan Gelman, León Rozitchner y Mario Bunge. Estas amistades, especialmente aquella con Bunge, resultaron en un gran interés en Reig por cuestiones filosóficas y epistemológicas. A pesar de sus periplos y su condición itinerante, la participación activa de Reig en problemas que atañen a nuestra región dejaba en evidencia una suerte de “lealtad latinoamericana” (Fontdevila, 1989).

Si bien sus primeros trabajos (comenzó a publicar cuando tenía aún 16 años) fueron descriptivos, su relación con el mastozoólogo Ángel Cabrera, que en aquel entonces se desempeñaba en el Museo de La Plata, le permitió introducir el sentido de especie biológica, variación, etc. que lo indujeron a nunca más separar los fósiles de los organismos vivientes.

Luego del alejamiento de Alejandro Bordas del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia” (MACN), y con Noemí Cattoi a la cabeza de la Sección de Paleontología de Vertebrados, comienzan las actividades de Oswaldo Reig en dicha institución. Sus primeros trabajos, e incluso varias publicaciones fueron firmadas en coautoría con Jorge L. Kraglievich, hijo del gran paleontólogo L. Kraglievich. Sin embargo, rápidamente Reig comienza a tener relevancia por sí mismo.

En el año 1955 Pedro Stipanovic, por parte de su colega de YPF José M. de Giusto le hace llegar a Reig en el MACN los restos de un anuro procedente de las capas Jurásicas de la provincia de Santa Cruz (Boido y Tenner, 1991). Reig, inmediatamente reconoce la importancia del hallazgo, bautizando a la especie como *Notobatrachus degiustoi* en 1956 y monografiándola extensamente en 1957. Este primer trabajo mostró su lucidez académica al interpretar correctamente a este primitivo batracio. Desde un comienzo Reig se sumergió en los grandes temas de la biología y la paleontología; los discutió y analizó con gran competencia, tomando desde los mismos fines de la ciencia hasta la realidad de las especies biológicas (e.g., Reig, 1959, 1962a, 1980). Siempre con una visión diferente y con propuestas novedosas, abarcó todas las aristas posibles de las ciencias naturales y demostró la pobreza epistemológica de la paleontología y zoología como ciencias eminentemente descriptivas. En palabras de Reig (1962a) “...ciencia solo se merece ese nombre cuando supera el limitarse a la ordenación y al análisis de los hechos, para proyectarse en la interpretación generalizadora y en la síntesis conceptual de la teoría.”

Debido al reconocimiento obtenido esencialmente por sus trabajos sobre *Notobatrachus*, hacia 1958, el paleobotánico Sergio Archangelsky lo invitó a formar parte del Instituto Miguel Lillo en la provincia de Tucumán, que en aquel entonces era una Institución de prestigio internacional que aglutinaba a una gran cantidad de científicos de gran talla. Hacia 1958 Reig fue designado investigador del Instituto Miguel Lillo, donde creó y dirigió el Laboratorio de Vertebrados Fósiles y el de Batracología Neontológica. Allí Reig logró nuclear un grupo de entusiastas de la paleontología, con figuras de la

relevancia de José F. Bonaparte, Galileo Scaglia y Martin Vince. A este grupo fundacional será luego incorporado Rodolfo Casamiquela. Reig fue el promotor y organizador de las fructíferas expediciones a San Juan y La Rioja que en poco tiempo lograron reunir las colecciones de tetrápodos triásicos más importantes del Hemisferio Sur (Bonaparte, 1997).

Dos años después Reig será destituido por “Incumplimiento de contrato”. Hacia 1960 se instaló en Buenos Aires, contratado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, que en aquel entonces gozaba de una época de oro bajo el decanato de Rolando García (véase Penchaszadeh, 2016). En cuatro años de gestión, Reig consiguió más de 4500 ejemplares zoológicos para sus laboratorios y colecciones en UBA (Contreras, 2019). Con su establecimiento en la UBA, los intereses de Reig se vuelcan más especialmente hacia la biología evolutiva, utilizando como objeto de estudio especialmente los roedores y la genética, pero sin dejar de lado sus estudios batracológicos. En 1960 estableció el Laboratorio de Investigaciones Herpetológicas (LIHUBA), donde redactó varios trabajos sobre la evolución de anuros con una visión holística que se hace especialmente evidente en sus publicaciones sobre Ceratophryidae en los que analiza el esqueleto, musculatura, merística y biogeografía (e.g., Reig, 1960a; Reig y Limeses, 1963; Reig y Cei, 1963). Entre 1961 y 1962 la actividad batracológica de Reig fue grande. Desde la UBA envió a Gilberto Gallopín a trabajar junto al herpetólogo J.M. Cei en métodos de electroforesis de proteínas para la resolución de problemas taxonómicos, y a Cristina Busch y Celia Limeses en el análisis de la musculatura en anuros con finalidades filogenéticas (Contreras, 2019). Esto evidencia la continuidad temática y epistemológica entre neontología y paleontología que concebía Reig.

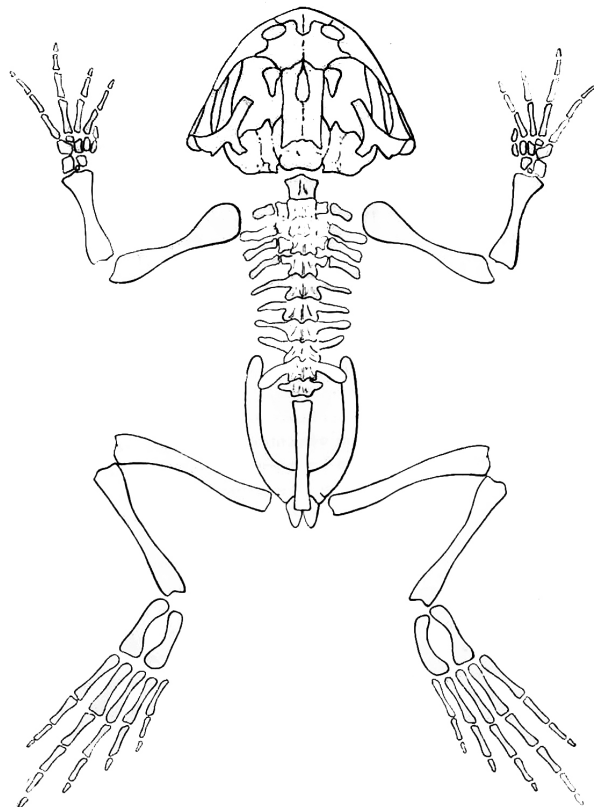
Entre sus variadas actividades, Reig prestó especial importancia a uno de sus grupos predilectos: el de los anuros. A partir de 1956, Reig comienza una titánica labor paleobatracológica que perdurará fundamentalmente hasta 1964. A partir de la década de 1960 su interés por profundizar enfoques evolutivos de mayor envergadura, resultó en un abandono de la temática batracológica. Sin embargo, entre 1972 y 1973 realizará algunas contribuciones adicionales sobre el tema.

En 1958 Reig establece un esquema clasificatorio sobre los anfibios modernos fundamentalmente sobre la base de características craneanas, vertebrales y musculatura. Su esquema resulta totalmente novedoso, y rompe con armados previos, fundamentalmente las clasificaciones llevadas adelante por Noble (1954). El esquema Reigiano es, con modificaciones, básicamente el que se sigue empleando hoy en día (e.g., Frost et al., 2006; Roelants et al., 2007; Pyron and Wiens, 2013; Feng et al., 2017). La formulación de un nuevo arreglo clasificatorio, sea en cualquier grupo de organismos, requiere un profundo conocimiento de la literatura mundial (Mellender de Araújo, 2010), así como amplias nociones de anatomía. Luego, establecerá la monofilia de los lissanfibios (1964), con criterios modernos.

Sin embargo, Reig no se restringe al trabajo investigativo, sino también forma recursos humanos especializados en esa temática. Entre sus discípulos pueden resaltarse Rodolfo M. Casamiquela y Celia Limeses. Reig orientará a Casamiquela en el estudio de los anuros fósiles y a Limeses en analizar musculatura mandibular y del miembro posterior en diferentes linajes con el fin de reconocer caracteres filogenéticamente informativos. Esta última línea de trabajo, resultó en sendas publicaciones (Reig y

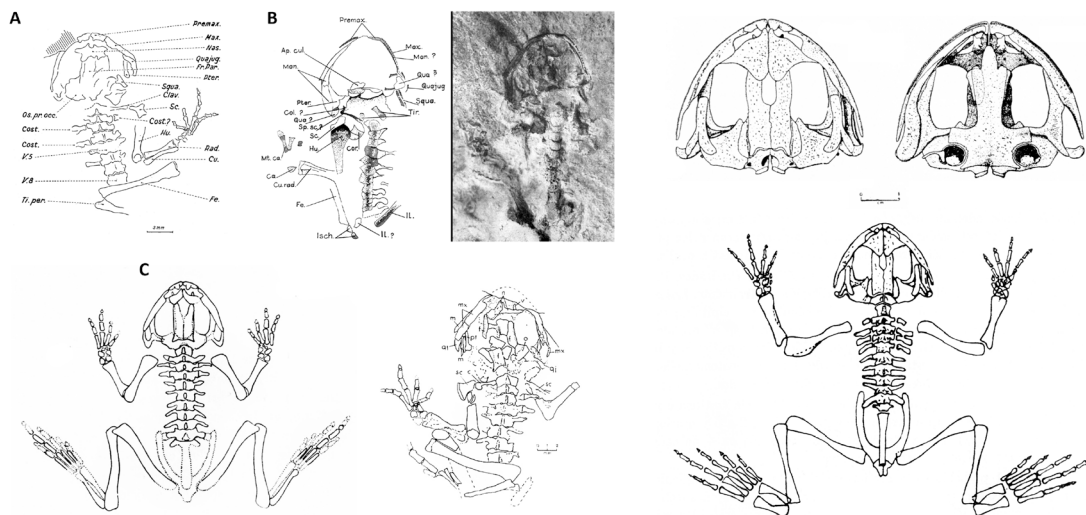
Limeses, 1963; Limeses, 1963, 1964, 1965a,b, 1969; Limeses et al., 1972) muy avanzadas para aquel entonces. En adición, durante el Primer Congreso Sudamericano de Zoología ocurrido en Buenos Aires, tanto Casamiquela como Reig tuvieron una actuación remarcable (Contreras, 2019). En el caso de Reig, presentó diversos trabajos que tratan sobre la anatomía esquelética de anuros actuales (Reig, 1960a,b) y sus implicancias en la filogenia de anuros fósiles y vivientes, así como biogeografía batracológica a nivel global (Reig, 1960c); temáticas estas que nunca habían sido tratadas en Argentina (y tengo entendido que tampoco en el resto de Sudamérica).

Los estudios batracológicos de Reig, en los cuales proponía nuevos enfoques de clasificación de los anuros actuales parecen tener como fin último la confección de un nuevo marco teórico biogeográfico para Sudamérica. Su profunda discrepancia con los esquemas enarbolados por los “Holarcticistas a ultranza” se verá reflejada en sus trabajos sobre biogeografía de los vertebrados sudamericanos, donde plantea novedosas hipótesis (Morrone, 2003). Estos planteos parecen tener su origen en sus estudios sobre los anuros fósiles del Jurásico, particularmente en sus análisis sobre *Notobatrachus*. Allí Reig (Stipanovic & Reig, 1956; Reig, 1957; Figura 2) indica que debido a que el hallazgo del anuro más primitivo y antiguo conocido hasta ese momento había ocurrido en la Patagonia Austral, parte importante de la evolución del grupo habría tenido lugar en los continentes del hemisferio sur. Para Reig (1957), la diversificación interna de los anuros así como el propio linaje, habrían tenido su origen en el Hemisferio Sur.



**Figura 2.** Reconstrucción esquelética de *Notobatrachus degiustoi* por Reig (modificado de Reig, 1957).

Hacia 1960, Reig (1960c) presenta un esquema preliminar de lo que será su propuesta biogeográfica en los años siguientes. Sobre la base del descubrimiento de *Notobatrachus* en Patagonia, el cual representaba el anuro más antiguo y primitivo conocido, así como el hallazgo del pre-anuro *Triadobatrachus* efectuado en el Triásico de Madagascar (Piveteau, 1937; Rage and Rocek, 1989; Ascarrunz et al., 2016) y los patrones de distribución de los anuros actuales propone que los anuros, pudieron ser de origen austral. De la misma manera, sostiene que varias cepas de anuros modernos (grupo conocido como Neobatrachia) se habrían diferenciado en los continentes del sur. Esto se ve luego reforzado por el hallazgo del anuro *Vieraella*, aún más primitivo y antiguo que *Notobatrachus*, también procedente del Jurásico Medio de la provincia de Santa Cruz (Reig, 1961; Figura 3). Las propuestas de Reig acerca de la posición basal en la línea de los anuros de *Notobatrachus* y *Vieraella* han sido corroborados por numerosos estudios posteriores (ver especialmente Estes & Reig, 1973; Baez & Basso, 1996; Baez & Nicoli 2004; Figuras 3 y 4).



**Figura 3 (a la izquierda).** Interpretaciones sucesivas del anuro Jurásico *Vieraella herbsti*. A, ilustración y descripción original por Reig (1961); B, interpretación de contralaja del holotipo por Casamiquela (1965); C, reconstrucción y reinterpretación del ejemplar por Estes y Reig (1973).

**Figura 4 (a la derecha).** Detalles de cráneo y reconstrucción esquelética de *Notobatrachus degiustoi* por Estes y Reig (modificado de Estes & Reig, 1973).

En su clasificación de 1958 (y luego en 1972) separa consistentemente a los Bufonidae y Leptodactylidae, considerando sobre la base de la filogenia, distribución geográfica y registro paleontológico que los Bufonoidea tienen su origen y radiación temprana en América del sur, mientras que los leptodactyloideos pudieron haberse originado en Asia y migrar desde allí a Australia y a América del sur, que en aquel entonces permanecían unidas. Varios de estos puntos de vista serán tomados y sostenidos también por Casamiquela en diversos trabajos (ver más abajo). Análisis recientes soportan la importancia de América del Sur en la radiación temprana de los neobatracios (San Mauro et al., 2005, Zhang et al., 2005, Marjanovic & Laurin, 2007,

Roelants et al., 2007, Santos et al., 2009; Feng et al., 2016; Agnolín et al., 2020). Contra la visión holarcticista a ultranza Reig (1957) cita ejemplos sobre las particularidades de la distribución geográfica de los anuros vivientes, como ser presencia de Leptodactylidae en Sudamérica y Australia y Pipidae en Sudamérica y África. Sostiene que esas distribuciones reflejan antiguas conexiones entre esas masas continentales, en contra del fijismo imperante en su época.

De esta manera, Reig critica la postura de Noble (1954) quien sostenía que los bufónidos y leptodactílidos conformaban un mismo grupo. Basado en dicho esquema, Noble proponía que estos grupos de anfibios se habrían originado en el norte y habrían poblado los diferentes continentes australes de manera paralela. Es por eso que las similitudes faunísticas observadas entre América del Sur y África, o América del sur y Australia son simplemente invasiones paralelas y evolución convergente y no serían evidencia de antiguas conexiones faunísticas y continentales. Esto es sostenido asimismo por Simpson en sus numerosos trabajos en los que el fijismo es un pilar fundamental de su esquema biogeográfico (véase Matthew, 1915; Simpson, 1940, 1943a,b).

Los estudios sobre filogenia, evolución y anatomía sobre anuros constituyen pasos fundamentales hacia los esquemas biogeográficos ulteriores propuestos por Reig. En efecto, Reig (1962b,c; 1968; 1981a,b) propone un nuevo esquema biogeográfico en el cual América del Sur no solo constituye un receptor de fauna, sino también un generador de novedades evolutivas, lo que también puede extrapolarse a otros continentes australes. Junto con León Croizat (e.g., 1958, 1960), Reig es uno de las pocas voces críticas al esquema Matthewiano-Simpsonianiano prevaleciente hasta el día de la fecha (Reig, 1981a,b).

Desde su última publicación sobre la temática (1972) Reig no volvió a ocuparse de manera sistemática en el estudio de los anuros fósiles o actuales, hasta su fallecimiento en 1992.

#### **4. Rodolfo M. Casamiquela y sus contribuciones paleobatracológicas**

Rodolfo Casamiquela ha sido un seguidor, y parcialmente discípulo de Reig. Nacido en Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro, en 1932 y fallecido en 2008, ha sido un multifacético investigador, notable paleontólogo de vertebrados, antropólogo y lingüista. Desde adolescente se destacó por sus estudios paleontológicos y antropológicos, e incluso fundó el Museo Naturalístico, Antropológico e Histórico “Jorge Gerhold” en Jacobacci. Hacia la década de 1950 comenzó a estudiar paleontología en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata. En ese momento, Rosendo Pascual, Andreina Bocchino y Pedro Bondesio inauguran la licenciatura en Paleontología de Vertebrados. Rodolfo Casamiquela, junto a Juan A. Pisano y Jorge Zetti forman la primera promoción de alumnos. Aparentemente, el impulso de Casamiquela fue fundamental en la creación de la carrera (Bonomo & Prates, 2019).

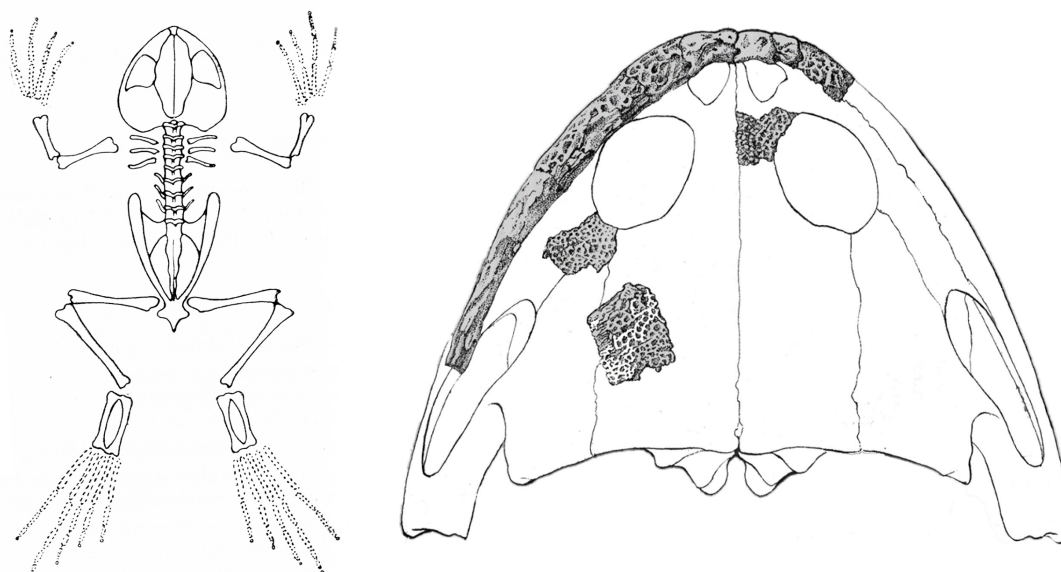
A fines de la década de 1950 y la primera mitad de 1960, Casamiquela comenzará a desarrollar el estudio de los anuros fósiles bajo la dirección de Rosendo Pascual. Pascual no solo le brinda materiales de estudio, sino que también en 1959 lo envía a perfeccionarse al Instituto Miguel Lillo de Tucumán bajo la tutela de Reig, además de contar allí con grandes colecciones anatómicas de anuros actuales. En Tucumán, Casamiquela conoce al grupo de trabajo de Reig, y junto a ellos comienza una etapa sin



precedentes en el estudio de la paleoherpetofauna sudamericana. Junto a José Bonaparte, Galileo Scaglia y Martín Vince forman un grupo sin paralelo, preparando, describiendo y analizando restos de reptiles, anfibios y sinápsidos fundamentalmente del Mesozoico. Bonaparte entra como un personaje periférico en el estudio de anfibios fósiles, su labor en este campo se restringe al análisis de los temnospóndilos (1963, 1975) y una extensa descripción inédita del postcráneo de *Chigutisaurus*. En su libro de texto universitario (Bonaparte, 1978) también ataca el Holarcticismo especialmente sobre la base de los anuros fósiles y las huellas de mamíferos descritas por Casamiquela (ver abajo). En todos estos trabajos Bonaparte coincide con Reig y Casamiquela en resaltar la importancia de Gondwana en la evolución de los diversos grupos de tetrápodos.

Es de este grupo de entusiastas, de donde saldrán ideas y trabajos novedosos que lentamente comenzarán a cambiar las ideas que se tenían acerca de la evolución de diferentes grupos de vertebrados, incluyendo fundamentalmente reptiles triásicos, dinosaurios y anfibios. La actividad de este grupo es muy grande, y abarca cuestionamientos claros a los paradigmas previamente establecidos. Sin lugar a dudas esto influyó definitivamente en los trabajos paleontológicos posteriores de Casamiquela. Desde 1958 Casamiquela comienza una gran labor paleobatracológica que mantiene hasta 1965; posteriormente solo realiza dos publicaciones sobre el tema (1966, 1967) hasta su fallecimiento en 2008. Es posible que el cambio relativamente abrupto en su temática de estudio se haya debido a su exilio forzado en 1966. Regresa a la Argentina en la década de 1970, pero ha abandonado sus trabajos batracológicos. Se ve nuevamente exiliado hacia 1976, para retornar en 1978 y reincorporarse al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas recién en 1984.

En 1959 Casamiquela publica su primer trabajo sobre anuros fósiles, que consiste en la descripción de restos óseos del Cenozoico de Patagonia correspondientes al anuro de mayor tamaño conocido hasta aquel entonces (Casamiquela, 1958). En dicha contribución, Casamiquela, indicaba que el conocimiento de los anfibios fósiles en Argentina es pobrísimo cuando es comparado con otros campos. Sin embargo, desde ese año hasta 1963 el panorama cambió drásticamente con las descripciones de los anuros jurásicos primitivos *Notobatrachus* y *Vieraella*, el reconocimiento de Pipoidea fósiles sudamericanos de afinidades africanas, con los géneros *Shelania* y *Saltenia*, y la descripción de los caliptocefalélidos *Wawelia* y *Gigantobatrachus* (Casamiquela, 1963; Figuras 5 y 6).



**Figura 5 (a la izquierda).** Reconstrucción esquelética del Pipidae *Saltenia ibanezi* por Reig (modificado de Reig, 1959).

**Figura 6 (a la derecha).** Reconstrucción craneana del Calyptocephalellidae *Gigantobatrachus parodii* (modificado de Casamiquela, 1958).

Sus trabajos fundamentalmente de 1960, 1961 y 1965 (y su trabajo fundacional de icnología en 1964) tratan temáticas que se encontraban reservadas para investigadores de centros científicos reconocidos y no para la “ciencia periférica”. En esos trabajos, y siguiendo muy posiblemente la influencia de Reig, analiza y discute la morfología, biogeografía y filogenia de anfibios (y de los vertebrados en general). De acuerdo también a Reig, Casamiquela (1963, 1967) sobre la base de los hallazgos de fósiles en el Cenozoico de Patagonia (e.g., *Wawelia*, *Gigantobatrachus*, “*Bufo*”) sostiene que los neobatracios tendrían una gran antigüedad en el continente y revelan una importante historia evolutiva regional, en contraposición con el arribo reciente propuesto por Noble (1954). En el mismo sentido, en la descripción de “*Bufo*” *pisanoi* (hoy *Rhinella loba* Pérez Ben et al., 2014, 2019) analiza, tanto sobre la base del registro fósil como el neontológico la posibilidad del origen austral de, al menos parte, de la familia Bufonidae (Casamiquela, 1967).

En 1960, Casamiquela da a conocer el primer Pipidae fósil del Paleógeno de Patagonia: *Shelania pascuali*, del Eoceno de la provincia de Chubut. Posteriormente lo describe en mayor detalle en una extensa monografía y una nota complementaria (1961a, 1965). Según Casamiquela, *Shelania* se encuentra íntimamente relacionado a los Pipidae africanos, un hecho que cuestiona la hipótesis tradicional que postulaba que los pípidos habrían arribado a América del Sur y África de manera paralela desde dos centros de origen emplazados en el Hemisferio Boreal (Schaeffer, 1949). Más aún, argumenta que las conclusiones por él alcanzadas afectan la teoría general sobre el origen de las faunas de vertebrados terrestres y el poblamiento faunístico de los continentes australes (1961a).

Casamiquela sostiene conexiones diversas entre los continentes australes, de acuerdo a la visión también sostenida por Reig y otros. En este sentido expresa (1961a, p. 114): “En lo que se refiere a África y Sudamérica sería evidentemente necesario ir más

allá. Personalmente, me inclino a pensar en la subsistencia de alguna clase de puente sudatlántico, continuo o discontinuo. durante buena parte del Mesozoico...”. Vale la pena remarcar que la condición anfiatlántica de los pípoideos hoy en día es sostenida por la gran mayoría de los autores (Báez, 1996, 2000) y recientemente la dispersión de pípidos a través de África y Sudamérica por un puente terrestre o conexión continental directa ha sido sustentada por varios autores (Cannatella, 2015; Carvalho et al. 2019). Tanto Reig como Casamiquela y Bonaparte adoptarán rápidamente una visión moviástica, en un momento en donde los conceptos fijistas estaban fuertemente arraigados en la comunidad científica, en particular debido al impulso de Simpson, Mayr, y sus seguidores, lo que constituye un cuestionamiento de gran importancia a uno de los pilares fundamentales del Holarcticismo (ver Reig, 1981a,b).

Las ideas de Casamiquela se verán reforzadas por una serie de hallazgos de los cuales forma parte a lo largo de las décadas de 1950-1970. Fundamentalmente, en 1960 forma parte de una exploración paleontológica a la localidad de “El Tranquilo” en la provincia de Santa Cruz, con la finalidad de rescatar restos de reptiles triásicos. Esa campaña resultó en el hallazgo de abundantes restos de dinosaurios sauropodomorfos basales (Casamiquela, 1980). En aquella campaña se produce el hallazgo de un elenco de huellas de dinosaurios y mamíferos de edad Jurásica que Casamiquela se apresura a publicar de manera preliminar en 1961 (1961c). Allí reconoce el *Ameghinichnus patagonicus* el primer mamífero del Mesozoico del Hemisferio Sur. El hallazgo del *Ameghinichnus* demuestra definitivamente que, en contra de lo sostenido por Simpson y la escuela Matthewiana, existían mamíferos mesozoicos en América del Sur. Sobre esta base, Casamiquela sostiene, que algunos linajes de mamíferos habrían tenido su origen, o al menos parte de su evolución temprana, en América del Sur (Casamiquela, 1975). Junto a otros hallazgos sostiene una tesis similar para diferentes linajes de vertebrados, y en para diferentes linajes de vertebrados, y en 1976 se doctora en la universidad de Santiago con la tesis titulada: “El poblamiento de América del Sur por los tetrápodos. Importancia paleozoogeográfica y filogenética y cronología del poblamiento”, donde presenta la mayor parte de sus conclusiones y evidencias sobre esta temática.

Como fue indicado más arriba, al igual que Reig, y posiblemente debido a su influencia, Casamiquela analizó e investigó no solamente los ejemplares que llegaron a sus manos, sino también los grandes temas relacionados a la evolución de los anfibios y a la paleobiogeografía global. Pero Casamiquela, a diferencia de Reig, no se adscribe a la escuela de clasificación cladística. Por otro lado, él mismo aventura una novedosa forma de clasificación y de graficación del árbol genealógico de los organismos, alejándose tanto de los cladogramas cladistas como de los clásicos árboles evolucionistas (véase Gould, 1997).

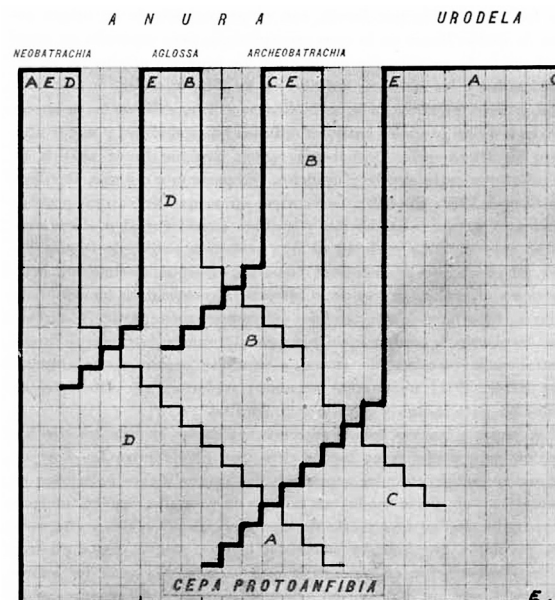
Para Casamiquela (1961b, 1965) varios procesos oscurecen el entendimiento de las relaciones filogenéticas de los anuros actuales. Puntualiza que la recurrencia de determinados procesos como el de “neotenia” y “readaptación” (este último hoy en día incluye progénesis, postdesplazamiento y neotenia propiamente dichas) oscurecen la “verdadera” filogenia de los anuros. Casamiquela (1961b, 1965) advierte que esto posiblemente se deba a que hasta ese momento la clasificación macrosistemática de los anfibios se basaba solo en una baja cantidad de caracteres morfológicos discretos que resultaban definitorios a la hora de establecer grandes grupos taxonómicos. Debido a

esto, dice Casamiquela, es frecuente que un determinado anuro pueda saltar de un “suborden” a otro solo sobre la base de un par de características, lo que ocurriría porque las diferencias osteológicas reconocibles entre cada grupo (en aquel entonces) eran escasas.

Casamiquela (1961b) concluye que la realidad cambiante y compleja de la evolución de estos grupos de anuros merece ser expresada de una manera gráfica en particular. Esta forma de clasificación será perfeccionada por él mismo en 1965.

Casamiquela, sobre un papel milimetrado representa las relaciones filogenéticas entre los principales grupos de anuros así como los urodelos (Figura 7). En las hileras horizontales se ubican los grupos de anfibios contemporáneos. Los grupos se disponen de izquierda a derecha desde el taxón más derivado hacia el más primitivo.

Las líneas en zig-zag en la base de las columnas verticales se unen diagonalmente en las cepas “protoanfibias”, lo cual pretende indicar que cualquier taxón puede conservar rasgos morfológicos de aquella cepa ancestral. Así un carácter puede reaparecer en cualquiera de los grupos que estén conectados mediante la línea diagonal



**Figura 7.** Esquema clasificatorio de los anfibios urodelos y anuros según el sistema elaborado por Casamiquela (1961). En las líneas horizontales se ubican los linajes principales de anuros (i.e. Neobatrachia, Aglossa, Archeobatrachia), de izquierda a derecha desde el más derivado al más basal. Las líneas en zig-zag escalonadas en la base de las columnas indican relaciones de parentesco entre cada uno de los linajes y su relación con la “cepa protoanfibia”. A través de estas líneas pueden perdurar los diferentes caracteres morfológicos analizados (indicados en el gráfico por las letras A,B,C,D,E). Así, debido a que una línea en zig-zag escalonada que surge de la “cepa protoanfibia” se dirige directamente a los Urodelos y es a su vez atravesada por una línea en zig-zag que va hacia los Neobatrachia, el carácter “A” presente ancestralmente en los protoanfibios, puede encontrarse solamente en neobatrachios y urodelos, pero no así en aglosos y arqueobatrachios. Este carácter “A” se “desplaza” a través de las líneas en zig-zag. Por otro lado, la profundidad de las columnas indica la relativa antigüedad de cada uno de los grupos analizados (modificado de Casamiquela, 1961).

zigzagueante. Los caracteres se “mueven” por esas líneas diagonales. Las letras representan los caracteres. Así, por ejemplo, el carácter “B” aparece en un grupo de *Agllossa* actuales y en un grupo de *Amphicoela* extintos.

A su vez, el entrecruzamiento de las líneas diagonales representa una relación de parentesco entre los grupos incluidos. La profundidad de las barras indica la antigüedad relativa, con los *Amphicoelia* bien profundos en el tiempo (la barra se prolonga hasta la línea que cruza en diagonal a la de los *Urodela*).

En ambos trabajos (1961b, 1965) Casamiquela considera dos ramas principales en su clasificación de los anuros. Una de ellas incluye a todos los anfibios primitivos (sus paleo-anuros) y los urodelos, mientras que la otra rama de los “neoanuros” incluye únicamente a los *Neobatrachia* (Casamiquela, 1961b). Las similitudes profundas entre urodelos y “paleoanuros” hacen pensar a Casamiquela que las formas conocidas de anuros primitivos no fueron los ancestros morfológicos (pero sí filogenéticos) de los neobatracios (1961b, p. 61; 1965).

Más allá de la validez de su método de clasificación, vale la pena remarcar que el armado de una nueva metodología clasificatoria requiere sin lugar a dudas de un gran bagaje de conocimientos bibliográficos y un gran entendimiento de la literatura disponible

## 5. Palabras finales

Los sucesivos trabajos de Reig y Casamiquela, fueron orientados de manera semejante, tanto por el valor intrínseco de los fósiles, como por la prolijidad de las descripciones y la robustez de las hipótesis propuestas impactaron inmediatamente en la comunidad paleontológica internacional. Debido a las múltiples contribuciones de estos dos investigadores, desde la década de 1960 de manera casi unánime, los diferentes especialistas en anfibios a lo largo del globo han sostenido que varios linajes de anuros e incluso los anuros en un todo, pudieron tener un origen o al menos una importante etapa evolutiva en el Hemisferio Sur (e.g., Estes, 1975; Laurent, 1979; Roelants & Bossuyt, 2005; Feng et al., 2016).

Sin embargo, en los primeros años de la década de 1960 algunos autores relacionados a la “Escuela Zoogeográfica de Nueva York” (Hecht, 1962, 1963; Griffiths, 1963) rechazaron la importancia biogeográfica y la posición basal de *Notobatrachus* y *Vieraella*. Particularmente, Max Hecht (1963) sostuvo que los hallazgos en Sudamérica no implicaban nada seguro y que la supuesta condición primitiva de *Notobatrachus* y *Vieraella* podía deberse a que ambos pertenecieron a un “stock discoglórido” que migró desde el Hemisferio Norte hacia Sudamérica, y cuyos supuestos caracteres primitivos eran tan solo el producto de simplificaciones secundarias. Hecht (1963) de un modo realmente curioso critica severamente a Reig y Casamiquela quienes habrían aceptado la “hipótesis más simple” del origen austral del grupo y concluye que hasta el momento es imposible proponer un centro de origen y radiación del grupo. Su postura contradice flagrantemente el registro fósil conocido en aquella época, así como la distribución y clasificación de los anuros de aquel entonces. Sin embargo, los trabajos de Hecht y Griffiths son contestados punto por punto por Casamiquela (1966) quien echa por la borda todos sus argumentos. Finalmente, Casamiquela en su crítica al trabajo de Hecht expresa (1966; p. 309) “...es tiempo, sin embargo, de que se comprenda que América del Sur ha

dejado de ser “subdesarrollada” para los fósiles y para la paleontología”. Esto de alguna manera muestra la posición de Casamiquela con respecto al desarrollo de la disciplina paleontológica en Argentina.

Las numerosas contribuciones de gran calidad que fueron producto del trabajo de Reig y Casamiquela especialmente durante 1958-1965 ponen a la paleobatracolología argentina en un plano internacional. Como fue indicado más arriba, con sus trabajos hacen que la mayor parte (o la totalidad) de los herpetólogos hasta el día de la fecha acepten que América del Sur fue parte importante de la evolución de los anuros. Sin embargo, esto no fue así para otros grupos de vertebrados como los mamíferos, donde, por ejemplo, *Ameghinichnus* es ignorado completamente en casi todas las contribuciones paleomastozoológicas (no es discutido, refutado ni validado, es simplemente omitido), especialmente de Simpson y seguidores (ver Casamiquela, 1975), así como en el tratado más completo de mamíferos mesozoicos que se disponía en las décadas de 1970 y 1980 (Lillegraven et al., 1979).

En sus muchos trabajos Reig y Casamiquela sostienen que en el Hemisferio Sur la falta de fósiles de un determinado grupo no implica su ausencia real, especialmente debida a la relativa escasez de trabajo de campo en el Hemisferio Austral. El hallazgo de un mamífero mesozoico sudamericano, en este caso representado por las huellas del *Ameghinichnus*, era para Casamiquela un hecho esperable y refutaba de alguna manera los preconceptos Holarcticistas: “Lo sensacional de algunos descubrimientos no radica muchas veces en su contradicción con los esquemas lógicos sino en su oposición a los esquemas humanos, casi siempre viciados de simpatías o preconceptos” (1961c, p. 14). En el mismo sentido, cuando se refiere al trabajo incansable del grupo de paleontólogos del Lillo, que empezaban a quitar el velo a la fauna mesozoica sudamericana, y que resultaba en hallazgos que desafiaban el Holarcticismo a ultranza:

[...] el panorama biológico del mundo mesozoico se ha ampliado considerablemente con estos nuevos elementos y probabilidades de interpretación; confío en que no se olvide esta realidad nueva en el momento de las grandes elaboraciones paleozoogeográficas y filogenéticas. A la luz de su concepción y teniendo en cuenta las restantes observaciones hechas más atrás, por lo pronto una de ellas ha de ser abandonada: la que postula rígidamente al Hemisferio Boreal como cuna sucesiva y “Torre de Babel” de todos los grandes grupos de tetrápodos. Pienso a la brevedad la Holártica así imaginada, verdadera Atlántida rediviva, ha de seguir, en pos de ésta, el destino de todos los fantasmas que los hombres, ignorantes o sabios, suelen pretender corporeizar en ocasiones. (Casamiquela, 1964, p. 166)

En suma, el análisis de las publicaciones acerca de batracios fósiles (y también de otros vertebrados) llevados adelante por Oswaldo Reig y Rodolfo Casamiquela (y de manera periférica a J. Bonaparte) permite vislumbrar un tronco común en varias de sus propuestas. En primer lugar, en ambos casos se ponen a prueba los marcos teóricos previos, cuestionan y proponen nuevas clasificaciones generales (macrosistemática) y por último, pueden ser considerados como anti-Holarcticistas (sin ser sin embargo autoctonistas a ultranza). Estas semejanzas, tanto en su forma de trabajo como en sus concepciones teóricas, hacen que Reig y Casamiquela, puedan integrarse dentro de una particular “Escuela Paleobatracológica Argentina”.

## Agradecimientos

Agradezco enormemente las charlas, discusiones e intercambio de ideas especialmente con F.E. Novas y con J.F. Bonaparte, este último uno de los protagonistas de esta historia. F.E. Novas, E.P. Tonni, y C. Quintana brindaron datos e información inédita sobre el tema tratado en la presente nota. Esta contribución se ha visto también beneficiada de extensas discusiones e intercambio de ideas con N. Chimento, A. Martinelli, M. Ezcurra, S. Bogan, J. D'Angelo, G. Lio y S. Lucero. A. Agnolín comentó y corrigió una versión previa del presente manuscrito. Asimismo, agradezco al editor H. Severgnini y a revisores anónimos, que con sus comentarios y observaciones ayudaron a mejorar el presente texto.

## Referencias

- Agnolín, F.L. (2012). A new Calyptocephalellidae (Anura, Neobatrachia) from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina, with comments on its systematic position. *Studia Geologica Salmanticensia*, 48(2), 129–178.
- Agnolín, F., de Souza Carvalho, I., Rolando, A.M.A., Novas, F.E., Xavier-Neto, J., Andrade, J.A.F.G., & Freitas, F.I. (2020). Early Cretaceous neobatrachian frog (Anura) from Brazil sheds light on the origin of modern anurans. *Journal of South American Earth Sciences*, 101, 102633.
- Ascarrunz, E., Rage, J.C., Legreneur, P., & Laurin, M. (2016). Triadobatrachus massinoti, the earliest known lissamphibian (Vertebrata: Tetrapoda) re-examined by  $\mu$  CT scan, and the evolution of trunk length in batrachians. *Contributions to Zoology*, 85(2), 201–234.
- Baez, A.M. (1996). The fossil record of the Pipidae. En *Symposia of the Zoological Society of London* (No. 68). London: The Society, 1960–1999.
- Baez, A.M. (2000). Tertiary anurans from South America. *Amphibian biology*, 4, 1388–1401.
- Baez, A.M. & Basso, N.G. (1996) The earliest known frogs of the Jurassic of South America: review and cladistic analysis. *Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A*, 30, 131–158.
- Baez, A.M., & Nícoli, L. (2004). A new look at an old frog: The Jurassic *Notobatrachus* Reig from Patagonia. *Ameghiniana*, 41(3), 257–270.
- Bardo Torres, P. (2002). *Ciencia periférica o ciencia marginal: la vía periférica de construcción institucional y cognitiva de la ciencia*. Tesis doctoral de la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Recuperada de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/4077/1/T20494.pdf>
- Boido, G. & Tenner, G. (1991). Osvaldo Reig. Indagaciones de un biólogo itinerante. *Ciencia Hoy*, 3(14), 10–22.
- Bonaparte, J.F. (1963). *Promastodontosaurus bellmanni* ng et n. sp., Capitosaurido del Triasico medio de Argentina (Stereospondyli-Capitosauroida). *Ameghiniana*, 3(3), 67–78.

- Bonaparte, J.F. (1975). Sobre la presencia del laberintodonte *Pelorocephalus* en la formación Ischigualasto y su significado estratigráfico (Brachyopoidea Chigutisauridae). En *Actas del 11 Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 1, 537–544.
- Bonaparte, J.F. (1978). *El Mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos*. Ministerio de Cultura y Educación, Fundación Miguel Lillo.
- Bonaparte, J.F. (1997). *El Triásico de San Juan–La Rioja, Argentina y sus dinosaurios*. Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”. Buenos Aires, Argentina.
- Bonomo, M., & Prates, L.R. (2019). *Historias de la Arqueología en el Museo de La Plata: Las voces de sus protagonistas*. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires, Argentina.
- Bueno, A.A., Morrone, J.J., De Las Mercedes Luna-Reyes, M. & Pérez–Malvárez, C. (1999). Raíces históricas del concepto de centro de origen en la biogeografía dispersionista: del Edén Bíblico al modelo de Darwin–Wallace. *Science and Technology Perspectives*, 3, 27–45.
- Cain, J. (1992). Building a temporal biology: Simpson’s program for paleontology during an American expansion of biology. *Earth Sciences History*, 11(1), 30–36.
- Cannatella, D. (2015). Xenopus in space and time: fossils, node calibrations, tip–dating, and paleobiogeography. *Cytogenetic and Genome Research*, 145(3–4), 283–301.
- Carvalho, I.S., Agnolín, F.L., Rolando, M.A.A., Novas, F.E., Xavier–Neto, J., Freitas, F.I., & Andrade, J.A.F.G. (2019). A new genus of pipimorph frog (anura) from the early Cretaceous Crato formation (Aptian) and the evolution of South American tongueless frogs. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 222–233.
- Casamiquela, R.M. (1958). Un anuro gigante del Mioceno de la Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 13(3), 171–184.
- Casamiquela, R.M. (1960). Datos preliminares sobre un pipoideo fósil de Patagonia. *Actas y Trabajos del I Congreso Sudamericano de Zoología (1959)*, 1(4), 17–22.
- Casamiquela, R.M. (1961a). Un pipoideo fósil de la Patagonia. *Revista del Museo de La Plata, Sección Paleontología*, 4, 71–123.
- Casamiquela, R.M. (1961b). Nuevos materiales de *Notobatrachus degiustoi* Reig. La significación del anuro jurásico patagónico. *Revista del Museo de La Plata, Sección Paleontología*, 4(21), 5–14.
- Casamiquela, R.M. (1961c). Sobre la presencia de un mamífero en el primer elenco (icnológico) de vertebrados del Jurásico de la Patagonia. *Physis*, 22(63), 225–233.
- Casamiquela, R.M. (1963). Sobre un par de anuros del Mioceno de Río Negro (Patagonia): *Wawelia gerholdi* n. gen. et sp. (Ceratophryidae) y *Gigantobatrachus parodii* (Leptodactylidae). *Ameghiniana*, 3(5), 141–160.
- Casamiquela, R.M. (1964). *Estudios icnológicos: problemas y métodos de la icnología con aplicación al estudio de pisadas mesozoicas (Reptilia, Mammalia) de la Patagonia*. Colegio Industrial Pio IX.



- Casamiquela, R.M. (1965). Nuevos ejemplares de *Shelanina pascuali* (Anura, Pipoidea) del Eoterciario de la Patagonia. *Ameghiniana*, 4(2), 41–51.
- Casamiquela, R.M. (1966). Nuevos materiales de *Vieraella herbstii* Reig. Reinterpretación de la ranita liásica patagónica y consideraciones sobre filogenia y sistemática de los anuros. *Revista del Museo de La Plata, Sección Paleontología*, 4, 35–69.
- Casamiquela, R.M. (1967). Sobre un nuevo *Bufo* de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ameghiniana*, 5(5), 161–169.
- Casamiquela, R.M. (1975). Sobre la significación de *Ameghinichnus patagonicus*, un mamífero brincador del Jurásico medio de Santa Cruz (Patagonia austral). *Actas del Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, 2, 71–86.
- Casamiquela, R.M. (1980). La presencia del género *Plateosaurus* (Prosauropoda) en el Triásico superior de la Formación El Tranquilo, Patagonia. *Actas 2 Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, Buenos Aires 1978*, 143–158.
- Contreras, J.R. (2002). El momento histórico de la biología argentina hacia la mitad del siglo XX, con énfasis en la Zoología. *Homenaje a Osvaldo A. Reig. Primer Congreso “Osvaldo A. Reig” de Vertebradología Básica y Evolutiva e Historia y Filosofía de la Ciencia, Buenos Aires, Argentina. Resúmenes*, 8–10.
- Contreras, J.R. (2019). *Elio Massoia: su personalidad y su obra: ensayo bio-bibliográfico acerca del destacado naturalista argentino y su tiempo*. Buenos Aires: Vázquez Mazzini, Universidad Maimónides, Fundación de Historia Natural “Félix de Azara”.
- Croizat, L. (1958). *Panbiogeography; or an introductory synthesis of zoogeography, phytogeography, and geology, with notes on evolution, systematics, ecology, anthropology, etc.* Caracas.
- Croizat, L. (1960). *Principia botánica*. Caracas.
- Darlington, P.J. (1948). The geographical distribution of cold-blooded vertebrates. *Quarterly Review of Biology*, 23(1), 1–26.
- Darlington, P.J. (1957). *Zoogeography. The Geographical Distributions of Animals*. New York: John Wiley and Sons, Inc.; London: Chapman.
- Defler, T. (2018). *History of terrestrial mammals in South America: How South American mammalian fauna changed from the Mesozoic to Recent times*. Topics in Geobiology. Springer.
- Dunn, E.R. (1923). The geographical distribution of amphibians. *American Naturalist*, 57, 129–136.
- Dunn, E.R. (1931). The herpetological fauna of the Americas. *Copeia*, 3, 106–119.
- Estes, R. (1975). Fossil *Xenopus* from the Paleocene of South America and the zoogeography of pipid frogs. *Herpetologica*, 31, 263–278.
- Feng, Y.J., Blackburn, D.C., Liang, D., Hillis, D.M., Wake, D.B., Cannatella, D.C., & Zhang, P. (2017). Phylogenomics reveals rapid, simultaneous diversification of three major clades of Gondwanan frogs at the Cretaceous–Paleogene boundary. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), E5864–E5870.

- Fondtdevila, A. (1989). *Presentació d'Osvaldo A. Reig*. Discurs llegit a la cerimònia d'investidura celebrada a la sala d'actes de la Facultat de Ciències el dia 12 de desembre de l'any 1989. Publicacions Universitat Barcelona, 6–14.
- Frankel, H. (1981). The paleobiogeographical debate over the problem of disjunctively distributed life forms. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 12(3), 211–259.
- Frost, D.R., Grant, T., Faivovich, J., Bain, R. H., Haas, A., Haddad, C.F., De Sá, R., Channing, A., Wilkinson, M., Donnellan, S.C., Raxworthy, C.I., Campbell, J.A., Blotto, B.L., Moler, P., Drewes, R.C., Nussbaum, R.A., Lynch, J.D., & Wheeler, W. C. (2006). The amphibian tree of life. *Bulletin of the American Museum of natural History*, 297, 1–291.
- George, W. (1993). The strange rodents of Africa and South America. En George, W., and Lavocat, R. (eds.) *The Africa–South America connection* (pp. 119–141). Oxford University Press.
- Gerbi, A. (1960). *La disputa del Nuovo Mundo: historia de una polémica, 1750–1900*. Fondo de Cultura Económica.
- Gould, S. J. (1997). Redrafting the tree of life. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 141, 30–54.
- Gramuglia, P.M. (2018). La disputa del Nuevo Mundo en la prensa periódica porteña hacia fines del Virreinato. *Orbis Tertius*, 23, e087.
- Griffiths, I. (1963). The phylogeny of the Salientia. *Biological Reviews*, 38(2), 241–292.
- Hatcher, J. (1903). *Narrative of the Expeditions: Geography of Southern Patagonia* (Vol. 1). The University of Princeton.
- Hecht, M.K. (1962). A reevaluation of the early history of the frogs. Part I. *Systematic Zoology*, 11(1), 39–44.
- Hecht, M.K. (1963). A reevaluation of the early history of the frogs. Part II. *Systematic Zoology*, 12(1), 20–35.
- Hegel, G.W.F. (2020). “Geographical Basis of History”, excerpt from *The Philosophy of History* (1899). *Journal of Transnational American Studies*, 11(2), 1–450.
- Hershkovitz, P. (1969). The recent mammals of the Neotropical region: a zoogeographic and ecological review. *The Quarterly Review of Biology*, 44(1), 1–70.
- Hoffmeister, M.F.C. (2020). From Gondwana to the Great American Biotic Interchange: The Birth of South American Fauna. En P. Mario & G. A. Astorga, *Pilauco: A Late Pleistocene Archaeo–paleontological Site* (pp. 13–32). Springer, Cham.
- Laurent, R.F. (1979). Herpetofauna relationships between Africa and South America. *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution, and Dispersal*. Museum of Natural History University of Kansas, Monograph, 7, 55–71.
- Lillegraven, J.A., Kielan–Jaworowska, Z., & Clemens, W.A. (1979). *Mesozoic mammals: the first two–thirds of mammalian history*. University of California Press.

- Limeses, C.E. (1969). Las especies argentinas del género *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae). Algunos aspectos anatómicos de posible significación taxonómica. Parte I. *Physis*, 28, 457–470.
- Limeses, C.E. (1963). La musculatura del muslo en las especies del género *Lepidobatrachus* (Anura–Ceratophrynidae). *Physis*, 24(67), 205–218.
- Limeses, C.E. (1964). La musculatura del muslo en los ceratofrínidos y formas afines: Con un análisis crítico sobre la significación de los caracteres miológicos en la sistemática de los anuros superiores. *Contribuciones Científicas, Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*, 1(4), 190–245.
- Limeses, C.E. (1965a). Musculatura del muslo de los ceratofrínidos, *Anais do Segundo Congresso Latino-Americano de Zoologia, São Paulo, 1962*, 2, 249–260,
- Limeses, C.E. (1965b). La musculatura mandibular en los ceratofrínidos y formas afines (Anura, Ceratophrynidae). *Physis*, 25, 41–58.
- Limeses, C.E., Vignes, I., & Tio, M. (1972). Las especies argentinas del género *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae). Algunos aspectos anatómicos de posible significación taxonómica. Parte II. *Physis*, 31, 631.
- Llorente, J., Papavero, N., & Bueno, A. (2000). Síntesis histórica de la biogeografía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 24(91): 255–278.
- López Beltrán, C. (1997). Ciencia en los márgenes: una reconsideración. En: Rutsch, M., Serrano Sánchez, C. (Eds.) *Ciencia en los márgenes: ensayos de Historia de las ciencias en México* (pp. 19–32). UNAM, Mexico DF.
- Lynch, J.D. (1971). Evolutionary relationships, osteology, and zoogeography of leptodactyloid frogs. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications*, 53, 1–238.
- Marjanović, D., & Laurin, M. (2007). Fossils, molecules, divergence times, and the origin of lissamphibians. *Systematic Biology*, 56(3), 369–388.
- Matthew, W.D. (1915). Climate and evolution. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 24, 171–318.
- Mellender de Araújo, A. (2010). Las reflexiones de Osvaldo Reig y el estado actual de la biología evolutiva. En E. Hasson, N. Lavagnino, P. Lipko, A. Massarini, J. Mensch, V. Scheinsohn, & A. Tropea (Eds.), *Darwin en el Sur. Ayer y Hoy. Contribuciones de la Primera Reunión de Biología Evolutiva del Cono Sur*. Buenos Aires, Argentina: Libros del Rojas.
- Morrone, J.J. (2003). Las ideas biogeográficas de Osvaldo Reig y el desarrollo del “dispersalismo” en América Latina. *Una perspectiva latinoamericana de la Biogeografía*, 69–74.
- Nelson, G., & Ladiges, P.Y. (2001). Gondwana, vicariance biogeography and the New York School revisited. *Australian Journal of Botany*, 49(3), 389–409.
- Noble, G.K. (1924). A new Spadefoot Toad from the Oligocene of Mongolia, with a summary of the evolution of the Pelobatidae. *American Museum Novitates*, 132, 1–16.

- Noble, G.K. (1925). The evolution and dispersal of the frogs. *The American Naturalist*, 59(662), 265–271.
- Noble, G.K. (1926). An Analysis of the Remarkable Cases of Distribution Among the Amphibia: With Descriptions of New Genera. *American Museum Novitates*, 212, 1–24.
- Noble, G.K. (1928). Two new fossil amphibia of zoogeographic importance from the Miocene of Europe. *American Museum Novitates*, 303, 1–13.
- Noble, G.K. (1930). The fossil frogs of the intertrappean beds of Bombay, India. *American Museum Novitates*, 401, 1–13.
- Noble, G.K. (1954). *The biology of the Amphibia*. Dover Publ. New York.
- Ortiz Jaureguizar, E., & Pascual, R. (2011). The tectonic setting of the Caribbean region and the K/T turnover of the South American land-mammal fauna. *Boletín Geológico y Minero*, 122, 333–344.
- Papavero, N., Teixeira, D.M., & Llorente-Bousquets, J. (1997). *História da biogeografia no período pré-evolutivo*. Plêiade.
- Pascual, R., & Ortiz-Jaureguizar, E. (2007). The Gondwanan and South American episodes: two major and unrelated moments in the history of the South American mammals. *Journal of Mammalian Evolution*, 14(2), 75–137.
- Penchaszadeh, P.E. (Ed.). (2016). *Exactas exiliada*. Buenos Aires: Eudeba.
- Pérez Ben, C.M., Gómez, R.O., Baez, A.M. (2014). Intraspecific morphological variation and its implications in the taxonomic status of '*Bufo pisanoi*' a Pliocene anuran from eastern Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 34(4), 767–773.
- Pérez Ben, C.M., Gómez, R.O., Baez, A.M. (2019). A new Pliocene true toad (Anura: Bufonidae): first record of an extinct species from South America. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 39, e1576183.
- Piveteau, J. (1937). Un amphibien du Trias inférieur. Essai sur l'origine et l'évolution des amphibiens anoures. *Annales de Paléontologie*, 26, 135–177.
- Ponsá F.M. (2012). *Oswaldo Reig: la vida itinerante de un biólogo evolucionista*. Buenos Aires, Argentina: Eudeba.
- Pyron, R.A., & Wiens, J.J. (2013). Large-scale phylogenetic analyses reveal the causes of high tropical amphibian diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1770), 20131622.
- Quintana, C. (2012). *Conociendo a nuestros científicos: Oswaldo Alfredo Reig*. San Luis, Argentina: Universidad de La Punta.
- Quintero Toro, C. (2006). ¿En qué anda la historia de la ciencia y el imperialismo? Saberes locales, dinámicas coloniales y el papel de los Estados Unidos en la ciencia en el siglo XX. *Historia Crítica*, 31, 151–172.
- Quintero Toro, C. (2008). La ciencia norteamericana se vuelve global: el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York en Colombia. *Revista de Estudios Sociales*, 31, 48–59.

- Quintero Toro, C. (2009). Astrapoterios y dientes de sable: relaciones de poder en el estudio paleontológico de los mamíferos suramericanos. *Historia Crítica*, 31, 151–171.
- Rage, J. C., & Rocek, Z. (1989). Redescription of *Triadobatrachus massinoti* (Piveteau, 1936) an anuran amphibian from the early Triassic. *Palaeontographica A*, 206(1–3), 1–16.
- Rainger, R. (1991). *An Agenda for Antiquity: Henry Fairfield Osborn*. University of Alabama Press.
- Reig, O.A. (1957). Los anuros del Matildense, en P. N. Stipanovic & O. A. Reig, El “Complejo Porfirico” de la Patagonia extraandina y su fauna de anuros. *Acta Geologica Lilloana*, 1, 185–297.
- Reig, O.A. (1958). Proposiciones para una nueva macrosistemática de los anuros. *Physis*, 21, 109–118.
- Reig, O.A. (1959). Acerca de la ubicación de los estudios paleontológicos. *Holmbergia*, 6, 19–45.
- Reig, O.A. (1960a). Las relaciones genéricas del anuro chileno *Calyptocephalella gayi* (Dum. & Bibr.). *Actas y trabajos del Primer Congreso Latinoamericano de Zoología (La Plata, 1959)*, 4, 113–130.
- Reig, O.A. (1960b). La anatomía esquelética del género *Lepidobatrachus* (Anura, Leptodactylidae) comparada con la de otros ceratofrinos. *Actas y trabajos del Primer Congreso Latinoamericano de Zoología (La Plata, 1959)*, 4, 133–147.
- Reig, O.A. (1960c). Lineamientos generales de la historia zoogeográfica de los anuros. *Actas y trabajos del Primer Congreso Latinoamericano de Zoología (La Plata, 1959)*, 1, 271–278.
- Reig, O.A. (1961). Noticia sobre un nuevo anuro fósil del Jurásico de Santa Cruz (Patagonia). *Ameghiniana*, 2, 73–78.
- Reig, O.A. (1962a). La paleontología de vertebrados en la Argentina. Retrospección y prospectiva. *Holmbergia*, 6, 67–122.
- Reig, O. A. (1962b). Las integraciones cenogénicas en el desarrollo de la fauna de vertebrados tetrápodos de América del sur. *Ameghiniana*, 2(8), 131–140.
- Reig, O.A. (1962c). Nuevos datos y nuevas hipótesis sobre la cenogénesis de los tetrápodos sudamericanos. *Physis*, 23, 157–162.
- Reig, O.A. (1964). El problema del origen monofilético o polifilético de los anfibios, con consideraciones sobre las relaciones entre anuros, urodelos y ápodos. *Ameghiniana* 3, 191–211.
- Reig, O.A. (1968). Peuplement en vertébrés tétrapodes de l'Amérique du Sud. *Biologie de l'Amérique Australe* 4, 215–260.
- Reig, O.A. (1972). *Macrogenioglottus* and the South American bufonid toads. En W.F. Blair (Ed.), *Evolution in the genus Bufo* (pp. 14–36). Austin, Texas: University of Texas Press.

- Reig, O.A. (1980). Propositiones para una solución al problema de la realidad de las especies biológicas. *Revista Venezolana de Filosofía*, 11, 79–106.
- Reig, O.A. (1981a). Teoría del origen y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. *Monographiae Naturae* (Museo Municipal de Ciencias Naturales de Mar del Plata), 11, 1–162.
- Reig, O.A. (1981b). A refreshed orthodox view of the paleobiogeography of South American Mammals. *Evolution*, 35, 1032–1035.
- Reig, O.A. (1989). De fósiles a genes y cromosomas. Itinerario de una indagación en la biología evolutiva. *Discurs llegit a la cerimònia d'investidura celebrada a la sala d'actes de la Facultat de Ciències el dia 12 de desembre de l'any 1989*. Publicacions Universitat Barcelona, 14–80.
- Reig, O.A., & Cei, J.M. (1963). Elucidación morfológico–estadística de las entidades del género *Lepidobatrachus* Budgett (Anura, Ceratophrynidae), con consideraciones sobre la extensión del distrito chaqueño del dominio zoogeográfico subtropical. *Physis*, 24: 181–204.
- Reig, O.A., & Limeses, C.E. (1963). Un nuevo género de anuros ceratofrínidos del distrito chaqueño. *Physis*, 24(67), 113–128.
- Ricklefs, R.E. (2002). Splendid isolation: historical ecology of the South American passerine fauna. *Journal of Avian Biology*, 33(3), 207–211.
- Roelants, K., & Bossuyt, F. (2005). Archaeobatrachian paraphyly and Pangaeian diversification of crown–group frogs. *Systematic Biology*, 54(1), 111–126.
- Roelants, K., Gower, D. J., Wilkinson, M., Loader, S. P., Biju, S. D., Guillaume, K., Moriau, L., & Bossuyt, F. (2007). Global patterns of diversification in the history of modern amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(3), 887–892.
- San Mauro, D., Vences, M., Alcobendas, M., Zardoya, R., & Meyer, A. (2005). Initial diversification of living amphibians predated the breakup of Pangaea. *The American Naturalist*, 165(5), 590–599.
- Santos, J.C., Coloma, L.A., Summers, K., Caldwell, J.P., Ree, R., & Cannatella, D.C. (2009). Amazonian amphibian diversity is primarily derived from late Miocene Andean lineages. *PLoS Biol*, 7(3), e1000056.
- Schaeffer, B. (1949). Anurans from the early Tertiary of Patagonia. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 93, 44–68.
- Schmidt, K.P. (1946). On the zoogeography of the Holarctic region. *Copeia*, 1946(3), 144–152.
- Sebastiani, S. (2020). Cuando América entró en la “disputa del Nuevo Mundo”: La escritura de la historia y la formación de las disciplinas a través del Atlántico (1770-1810) (G. Goldin Marcovic, Trad.). *Nuevo Mundo, Mundos Nuevos*. <https://doi.org/10.4000/nuevomundo.79176>
- Simpson, G.G. (1940). Antarctica as a faunal migration route. *Proceedings of the Sixth Pacific Science Congress of the Pacific Science Association*, 2, 755–768.
- Simpson, G.G. (1943a). Mammals and the nature of continents. *American Journal of Science*, 241(1), 1–31.

- Simpson, G.G. (1943b). Turtles and the origin of the fauna of Latin America. *American Journal of Science*, 241(7), 413–429.
- Simpson, G. G. (1948). The beginning of the Age of Mammals in South America. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 91, 1–232.
- Simpson, G.G. (1980). *Splendid Isolation: The curious history of South American mammals*. New Haven; London: Yale University Press.
- Špinar, Z.V., & Hodrová, M. (1985). New knowledge of the genus *Indobatrachus* (Anura) from the Lower Eocene of India. *Amphibia–Reptilia*, 6(4), 363–376.
- Stipanovic, P.N. & Reig, O.A. (1956). Breve noticia sobre el hallazgo de anuros en el denominado “Complejo Porfírico de la Patagonia extraandina” con consideraciones acerca de la composición geológica del mismo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 10, 215–25.
- Zhang, P., Zhou, H., Liang, D., Liu, Y.F., Chen, Y.Q., & Qu, L.H. (2005). The complete mitochondrial genome of a tree frog, *Polypedates megacephalus* (Amphibia: Anura: Rhacophoridae), and a novel gene organization in living amphibians. *Gene*, 346, 133–143.

# Adaptación evolutiva y adaptación ontogenética

## ¿La distinción es todavía sostenible?

Gustavo Andrés Caponi<sup>1</sup>

---

**Resumen:** La diferenciación entre las nociones de adaptación evolutiva y de adaptación ontogenética puede requerir algunas precisiones que van más allá de aquellas que se introducen en sus presentaciones más habituales. Pero reconocer eso no lleva, ni a invalidar esa distinción, ni tampoco a tornarla menos nítida. Por el contrario, esas precisiones, asociadas todas ellas con la noción de heredabilidad, permiten caracterizaciones de ambas nociones que son más claras que las habituales y que nos evitan la tentación de pensar que las mismas no son más que los polos, ideales e imposibles, de una gradación en la que toda distinción clara se disuelve.

**Palabras Claves:** Adaptación evolutiva, adaptación ontogenética, heredabilidad, selección natural, plasticidad fenotípica.

**Title:** Evolutionary adaptation and ontogenetic adaptation: Is the distinction still sustainable?

**Abstract:** The differentiation between the notions of evolutionary adaptation and ontogenetic adaptation may require some precisions that go beyond those introduced in their more usual presentations. But recognizing this does not lead either to invalidate this distinction or to make it less clear. On the contrary, these precisions, all of them associated with the notion of heritability, allow characterizations of both notions that are clearer than the usual ones and that avoid the temptation to think of them as nothing more than the ideal and impossible poles of a gradation in which any clear distinction is dissolved.

**Keywords:** Evolutionary adaptation, ontogenetic adaptation, heritability, natural selection, phenotypic plasticity.

---

Los diccionarios de Biología suelen advertirnos que el término ‘adaptación’ remite a dos nociones diferentes:<sup>2</sup> una de ellas alude a esos estados de caracteres, propios de un determinado linaje, que evolucionaron por selección natural; y la otra noción remite a esos ajustes de un viviente individual que permiten que el mismo responda funcionalmente a las contingencias de sus ambientes externo e interno (cf. West-Eberhard 1992, p. 13; Griffiths 1999, p. 3). Entretanto, si se consideran algunas complejidades conceptuales implicadas en la noción de heredabilidad, que es central para la comprensión de las explicaciones por selección natural, se podría llegar a la conclusión de que la distinción no es tan clara y que los diccionarios exageran su nitidez; ignorando

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

<sup>2</sup> Señalo tres ejemplos: Abercrombie et al. (1957, p. 10), Ruse et al. (1996, p. 7), y Lincoln et al. (2009, p. 19). Pero a ellos se le podrían agregar muchos más; mencionando, incluso, un vocabulario de filosofía como el de Edmond Globot (1901, p. 23).

✉ [gustavoandrescaponi@gmail.com](mailto:gustavoandrescaponi@gmail.com) |  [0000-0002-3975-8367](https://orcid.org/0000-0002-3975-8367)

Caponi, Gustavo Andrés (2021). Adaptación evolutiva y adaptación ontogenética: ¿La distinción es todavía sostenible? *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6(1), 48–68.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/32838>





también las dificultades en ella implicadas. Entiendo, sin embargo, que, pese al hecho de que efectivamente existan algunas dificultades conceptuales que han sido ignoradas en las presentaciones usuales de la distinción entre adaptación evolutiva y adaptación ontogenética, la misma, pese a lo sugerido por Jablonka y Lamb (2005, p. 102), puede y debe ser preservada; ganando incluso claridad con la superación de esas dificultades conceptuales. Y será eso lo que intentaré mostrar en las próximas páginas.

Para tanto, presentaré primero la distinción en su forma más clásica; examinando luego la noción de heredabilidad, que está supuesta en las explicaciones por selección natural y que es central para definir el concepto de adaptación evolutiva. Después, teniendo muy en cuenta lo dicho sobre la idea de herencia, que en gran medida será una respuesta ante ciertas posiciones de lo que se da en llamar ‘Síntesis Extendida’, volveré sobre la noción de adaptación ontogenética para así insistir sobre la posibilidad y la necesidad de contraponerla a la noción de adaptación evolutiva. Procuraré mostrar que para mantener la distinción no es necesario, ni ignorar que el desarrollo de las adaptaciones evolutivas supone recursos ontogenéticos no-hereditarios, ni desconocer que las adaptaciones ontogenéticas también suponen recursos ontogenéticos hereditarios.

### **1. Adaptación evolutiva y adaptación ontogenética**

Lo que aquí llamé ‘adaptación ontogenética’ abarca lo que habitualmente se caracteriza como adaptaciones fisiológicas: “ajustes fisiológicos a corto plazo por parte de individuos fenotípicamente plásticos” (West-Eberhard, 1992, p. 12); y cambios “en la capacidad de respuesta del tejido muscular/nervioso ante la estimulación repetida” (West-Eberhard, 1992, p. 12). Es decir: la sudoración ante el calor ambiente sería una adaptación fisiológica; pero también lo sería el aumento de la masa muscular en los brazos de una remera. Además, si esto último es una adaptación fisiológica, también debe considerarse así al conjunto de modificaciones somáticas que permiten la aclimatación de un organismo individual a un nuevo hábitat (Bates, 1950, p. 220) o a un cambio climático ocurrido en su hábitat original (Muñoz & Moritz, 2018, p. 316). Pudiendo entrecerse, incluso, una jerarquía en donde se pueden discriminar diferentes niveles de adaptación fisiológica según los cambios somáticos exigidos sean más o menos profundos o permanentes (Bateson, 1980, p. 137). En esa jerarquía, el oscurecimiento temporal de la piel, producido por el sol de un veraneo en Florianópolis, ocuparía un nivel intermedio entre, por un lado, la aclimatación que le exigiría a una persona oriunda de Rosario el radicarse en las alturas de La Paz, y, por otro lado, la aceleración cardíaca resultante de una carrera para alcanzar el ómnibus.

Pero, contrariamente a lo que Gregory Bateson (1980, p. 141) alguna vez sugirió, el eventual incremento de la capacidad hereditaria media de producir esos ajustes fisiológicos que puede verificarse en una determinada población, es un fenómeno ajeno a esa jerarquía de adaptaciones ontogenéticas. Se trata, en ese caso, de una adaptación evolutiva; que es un fenómeno de otro orden. El margen total de adaptabilidad fisiológica no es, él mismo, una adaptación fisiológica; esa capacidad constituye un ejemplo, entre otros, de adaptación evolutiva (cf. Griffiths, 1999, p. 3). Así, aunque una deportista pueda incrementar la capacidad de respuesta a los esfuerzos de su propio corazón, ese incremento sólo podrá darse dentro de una norma de reacción preestablecida

hereditariamente (cf. Gordon, 1992, p. 256; Lewontin, 2000, p. 22); y es justamente ese margen hereditario de adaptabilidad fisiológica lo que constituye una adaptación evolutiva: un fenómeno explicable por causas evolutivas que actúan a nivel de las poblaciones entendidas como *demes* (es decir: como linajes);<sup>3</sup> y no por causas próximas que actúan sobre vivientes individuales (cf. Caponi, 2013).<sup>4</sup> Por eso, el mejor modo de entender la diferencia entre ambos fenómenos es preguntarse por los planos, o niveles, en los cuales ellos habrán de registrarse.

Cuando se produce una adaptación fisiológica estamos ante un proceso que, tal vez, pueda ocurrir en todos los individuos de una población, y hasta repetirse a lo largo de varias generaciones. Pero, aun así, ese proceso tendrá lugar, y podrá verificarse, durante el ciclo vital de cada uno de esos organismos. La adaptación fisiológica es, en suma, un fenómeno que ocurre y se registra en el plano del viviente individual. Un organismo se ajusta o se acomoda a una presión, o a un requerimiento, del entorno; y ese proceso de ajuste o acomodamiento se producirá y se observará, en sus tejidos y funciones, a lo largo de su existencia individual. Es en cada uno de los organismos donde ocurre, o surge algo, que antes no estaba: sea un aumento en el tamaño del corazón o una callosidad en la mano derecha. Mientras tanto, en el caso de la adaptación evolutiva estamos ante un cambio que sólo puede registrarse en el plano poblacional: una adaptación es un cambio en el valor medio de carácter dentro de una población (cf. Muñoz & Moritz, 2018, p. 320).

La alteración en la frecuencia relativa de ejemplares claros y oscuros en una población de mariposas puede ser considerada un proceso evolutivo de adaptación. Mientras tanto, el cambio de color que padece un camaleón individual sólo puede ser considerado una adaptación fisiológica, aunque la capacidad de hacerlo sea una adaptación evolutiva que se da en las diferentes especies de la familia *Chamaeleonidae*. Y lo mismo ocurre con la capacidad, que se da en *Homo sapiens* y en otras especies, de formar callosidades cuando la piel se somete a fricciones reiteradas y constantes. Esa capacidad puede ser considerada una adaptación evolutiva: una disposición favorecida por selección natural. Pero, la callosidad particular causada, por ejemplo, por la manipulación habitual de una herramienta no lo es: “la ubicación y la forma de ese callo particular no puede ser explicada por la reproducción diferencial de variaciones heredables” (Griffiths, 1999, p. 3). Es decir: en lugar de ser explicada por selección natural, esa callosidad debe ser explicada por el tipo de fricción operada por esa herramienta sobre una parte de un individuo biológico en particular. Por eso se trata de una adaptación fisiológica. Se trata, en síntesis, de una modificación del viviente individual que constituye una respuesta, una acomodación o un ajuste, a una contingencia del entorno.

---

<sup>3</sup> Conforme Niles Eldredge (1985, pp. 166-72) lo ha sabido subrayar, en el marco de la Biología Evolutiva la población es entendida como *deme*; es decir: como un linaje en evolución en el que, dada una secuencia de generaciones, es posible registrar cambios en el valor medios de caracteres (ver también: Caponi, 2016, p. 54). Obedezca eso a la selección natural o a otros factores evolutivos como la deriva génica o la migración.

<sup>4</sup> Estoy refiriéndome aquí a esa distinción entre dos órdenes de la causación biológica que Ernst Mayr (1961) inicialmente designó con las expresiones ‘ultimate causes’ y ‘proximate causes’. Pero, siguiendo una sugerencia posterior del propio Mayr (1993, p. 94; 1998, p. 86), he optado aquí por substituir la expresión ‘causas últimas’ por ‘causas evolutivas’.

Y creo que llegados a este punto conviene hacer una referencia a la noción de plasticidad fenotípica que está involucrada en la noción de adaptación ontogenética. Conforme Mary Jane West-Eberhard (2003, p. 33) bien la define, esa plasticidad, o flexibilidad, “es la capacidad de un organismo para reaccionar a un *input* de su ambiente externo o interno con un cambio de forma, de estado, de movimiento, o nivel de actividad” (ver también: Muñoz & Moritz, 2018, p. 321). Pero, como ella también lo aclara, dicha plasticidad “puede ser o no ser adaptativa”; y eso quiere decir que no siempre es “una consecuencia de selección previa” (West-Eberhard, 2003, p. 33). Siendo por el mismo motivo que no siempre la respuesta permitida por esa plasticidad será, en sentido estricto, adaptativa (West-Eberhard, 2003, p. 33). Por eso, lo que aquí estamos caracterizando como adaptabilidad ontogenética (es decir: la capacidad de adaptación ontogenética) es sólo un caso de plasticidad: es aquella que resulta de un proceso selectivo; y, por lo mismo, sólo debe ser considerada como adaptación ontogenética una respuesta posibilitada o causada por un mecanismo o capacidad resultante de un proceso selectivo que operó en un momento más o menos remoto de la historia evolutiva del linaje que estemos considerando.

El concepto de adaptación evolutiva, podemos entonces decir, es teóricamente más fundamental que el concepto de adaptación ontogenética; y eso contribuye a sopesar la relevancia del tema discutido en este trabajo. Aclaro, de todos modos, que el hecho de que la aplicación del concepto de adaptación ontogenética presuponga una referencia al concepto de adaptación evolutiva, no significa que no pueda reconocerse la existencia de respuestas fenotípicas funcionalmente convenientes cuya condición de posibilidad resida en una plasticidad no seleccionada en virtud de esa capacidad. Por el contrario, para que las presiones selectivas puedan operar sobre mera plasticidad transformándola en genuina adaptabilidad, es preciso que esas respuestas funcionalmente convenientes puedan llegar a ocurrir. La selección natural sólo puede operar sobre una oferta previa de variantes cuyas diferencias sean funcionalmente relevantes; y, frecuentemente, eso presupone una plasticidad fenotípica anterior al proceso selectivo (West-Eberhard, 2003, p. 392).

Es necesario remarcar, por otra parte, que lo que se aplica a los ajustes fisiológicos cuando se los caracteriza como adaptaciones ontogenéticas, también se puede aplicar a los ajustes comportamentales. Un ser vivo individual no sólo puede responder a las exigencias de su entorno con reacciones fisiológicas y cambios morfológicos como el crecimiento muscular o la ampliación de la capacidad aeróbica: ese ajuste también puede ser comportamental (cf. Meyer, 1970, p. 11; West-Eberhard, 2003, p. 24). Por eso, para evitar la restricción que puede sugerir el término ‘adaptación fisiológica’, para referirme a esos cambios que ocurren a lo largo del ciclo vital de los vivientes individuales, voy a preferir la expresión que usa Elliott Sober (1984, p. 204), y voy hablar de ‘adaptaciones ontogenéticas’. Esa expresión, además de no excluir a las adaptaciones por modificaciones o adquisiciones comportamentales, también parece contemplar el hecho de que esos ajustes pueden exigir y promover cambios significativos en lo que atañe al desarrollo del ser vivo individual, y no sólo reacciones puntuales, y por lo general reversibles, como en las que más fácilmente pensamos cuando aludimos a adaptaciones fisiológicas. Pero, creo que la mayor ventaja del término escogido por Sober radica en que el mismo subraya la diferencia entre algo que corre a lo largo de la ontogenia del individuo

y algo que ocurre en el plano poblacional. Como es el caso de la adaptación evolutiva. Y es al propio Sober que podemos recurrir para comenzar a delimitar más claramente esa última noción.

Conforme lo señalado en *The nature of selection*, desde un punto de vista evolutivo, se puede decir que “A es una adaptación para una tarea T en la población P”, si y solo si, “A se volvió más frecuente en P porque hubo selección para A, donde la ventaja selectiva de A se debió al hecho de que A ayudó a realizar la tarea T” (Sober, 1984, p. 208). Sober (1993, p. 84) deja claro así que, al “decir que un rasgo es una adaptación [en sentido evolutivo]”, se está aludiendo no a “su utilidad actual”, sino “a su historia”. El concepto evolutivo de adaptación, conforme Sober lo señala y no obstante algunos autores pasen eso por alto,<sup>5</sup> debe entenderse como una noción histórica que necesariamente implica una referencia a un proceso selectivo del cual resultó el estado de carácter del cual dicho concepto pretende predicarse. Es decir: el concepto de adaptación evolutiva no se refiere a la utilidad o conveniencia actual de un estado de carácter; sino que alude a su historia evolutiva: al hecho de haber sido seleccionado en virtud de esa utilidad o conveniencia (cf. Sterelny & Griffiths, 1999, p. 217).

Sin embargo, a los fines de la argumentación aquí desarrollada, la doble definición de adaptación evolutiva que propone Douglas Futuyma (2005, p. 548) puede ser la más esclarecedora. Digo que se trata de una definición doble porque, muy apropiadamente, Futuyma distingue entre la adaptación evolutiva pensada como proceso de adaptación pautado por la selección natural y la adaptación evolutiva entendida como resultado de dicho proceso selectivo. En el primer caso, la adaptación es definida como “un proceso de cambio genético en una población donde, como resultado de la selección natural, el valor medio de un carácter se ve mejorado en lo relativo a un desempeño funcional específico” (Futuyma, 2005, p. 548). Mientras tanto, en el segundo caso, la adaptación es descripta como “una característica que deviene prevalente en una población en virtud de una ventaja selectiva otorgada por esa característica en el mejoramiento en el desempeño de una función” (Futuyma, 2005, p. 548). Y creo que lo que puede extractarse de esa doble definición es que una adaptación evolutiva es un cambio en el valor medio de un carácter, al interior de una población, que resulta de una presión selectiva actuante en dicha población.

Futuyma, es verdad, habla de cambio genético. Y, como podrá verse en la próxima sección, la elucidación de la noción de herencia que ahí propondré, que es una condición para caracterizar los procesos selectivos de los que resultan las adaptaciones evolutivas, no se compromete con la equiparación entre lo genético y lo hereditario a la que Futuyma se atiene. Entiendo, sin embargo, que eso no es óbice para admitir lo que extracté como núcleo de su doble definición de adaptación evolutiva. Pero, antes de entrar en el análisis de la noción de herencia, quiero dedicar unos párrafos breve sección del trabajo al examen de la relativización, o ablandamiento, de la distinción entre adaptación ontogenética y adaptación evolutiva que Eva Jablonka y Marion Lamb insinuaron en *Evolution in four dimensions* (Jablonka & Lamb, 2005).

Sin dar mayores razones para eso, estas autoras asocian la distinción entre ambos conceptos de adaptación, y también la distinción entre causas próximas y evolutivas, con

---

<sup>5</sup> Por ejemplo: Reeve & Sherman (1993, p. 9); Bock & Wahlert (1998, p. 143); y Alcock (2001, p. 489).

con la contraposición entre procesos o mecanismos instructivos y procesos o mecanismos selectivos que Peter Medawar (1961, p. 122) y François Jacob (1982, p. 38) tomaron de Joshua Lederberg (1958, p. 398). La adaptación fisiológica, dicen ellas, habría sido siempre pensada como un mecanismo instructivo, donde la exigencia funcional planteada por el ambiente pauta cuál debe ser la respuesta que el organismo debe darle. La adaptación evolutiva, mientras tanto, habría sido siempre pensada como obedeciendo a un mecanismo selectivo. Valiendo algo semejante para la polaridad próximo-evolutivo: en una putativa visión clásica, o estándar, o 'recibida', que estas autoras estarían proponiendo superar, las causas próximas siempre actuarían en procesos y mecanismos instructivos, y las causas evolutivas harían lo propio en procesos o mecanismos selectivos. Siendo ciertamente muy fácil encontrar contraejemplos de esa supuesta asociación.

Así, la respuesta del sistema inmune de un organismo individual, o la definición de las sinapsis que deriva de un proceso de aprendizaje, que son procesos que seguirían un esquema más selectivo que instructivo (Edelman, 1983, p. 80; Changeux, 2010, p. 108), pero que obviamente deben ser considerados como un adaptaciones fisiológicas, aparecen como supuestas anomalías que, además de tornar más difusa a la distinción entre ambas nociones de *adaptación*, también harían temblar los fundamentos de la polaridad próximo-evolutivo. Y lo mismo ocurriría con esas variaciones hereditarias dirigidas que ciertos cambios ambientales podrían desencadenar en determinados linajes de seres vivos: ellas serían un mecanismo evolutivo, aunque parcialmente instructivo.

A mi entender, sin embargo, Francesca Merlin (2010; 2011) ha mostrado fehacientemente que los ejemplos de variación dirigida esgrimidos por Jablonka y Lamb (2005, p. 101), no están en conflicto con el núcleo más íntimo y fundamental de la noción de aleatoriedad, específicamente evolucionaria, que el neodarwinismo predica de la variación hereditaria. Merlin muestra, incluso, que la explicación de la adaptación evolutiva que Jablonka y Lamb de hecho dan cuando presentan esos ejemplos, continúa sujeta a un esquema seleccional. Pero, aun concediendo que Jablonka y Lamb (2005, p. 102) estén en lo cierto en lo que respecta a ese punto, creo que sus reticencias para con las duplas adaptación fisiológica-adaptación evolutiva y causas próximas-causas evolutivas están, ambas, desencaminadas.

Si no se pierde de vista que lo que define a una y otra forma de adaptación no son los tipos de mecanismos involucrados en ellas, sino el hecho de ser fenómenos que ocurren, como fue visto más arriba, en dos niveles diferentes, que son el individual y el poblacional (cf. Caponi, 2008; 2013), esos hechos que ellas apuntan dejan de aparecer como problemáticos para esas distinciones cuya pertinencia estoy sosteniendo. La respuesta del sistema inmune de un organismo individual y el aprendizaje, siguen siendo fenómenos que ocurren en el viviente individual (cf. Edelman, 1983, p. 86; Changeux, 2010, p. 112), aunque merezcan explicaciones de tipo variacional o selectivo; y el proceso selectivo que se desencadena a partir de esa *variación dirigida* sigue siendo un fenómeno poblacional. Como también fue poblacional el conjunto de presiones selectivas que habrían modelado esos mecanismos capaces de producir variación parcialmente dirigida o restringida. Valiendo lo mismo, incluso, para los resultados de esos procesos; que no dejarían de ser *adaptaciones* en el sentido evolutivo de la palabra.

## 2. La herencia

El vínculo entre adaptación evolutiva y selección natural supone, en efecto, la noción de heredabilidad (Muñoz & Moritz, 2018, p. 320). La selección natural debe operar sobre variaciones heredables; y es por eso que los estados de carácter que resultan de su operación son también heredables. Es imperativo, con todo, que esa noción de heredabilidad sea correctamente entendida y que se evite querer oponerla a lo que suele describirse como ‘lo adquirido’. Pese a ser un lugar común, la polaridad heredado-adquirido, lo mismo que la distinción *nature-nurture*, es insostenible y, en el límite, impensable (cf. Fox-Keller, 2010, pp. 5-6): no hay estructura biológica cuyo desarrollo no suponga recursos ontogenéticos que puedan merecer el calificativo de hereditarios; y tampoco hay ninguna estructura biológica que no sea resultado de un proceso de desarrollo en el que intervinieron recursos ontogenéticos provistos por el ambiente en el que dicho desarrollo ocurre. En cierto sentido, todo es hereditario y todo es adquirido (cf. Fox-Keller, 2010, p. 7; Lewontin, 2000, p. 18). Pero, que la noción de lo hereditario no opere como antítesis de la noción de lo adquirido, no significa que ella, y el concepto de heredabilidad que de ella depende, no tengan sentido y deban arrojarse al desván de las ideas inútiles o superadas.

Por el contrario, necesitamos mucho de esas ideas; y entre las razones de que eso sea así está el hecho de que la noción de heredabilidad, que depende de la noción de hereditario, sea muy importante para la Biología Evolucionaria en general y para la formulación de la Teoría de la Selección Natural en particular (Caponi, 2020). Por eso, sin negar que la idea de herencia puede albergar mucho más que la mera transmisión de secuencias de ácidos nucleicos (cf. Bonduriansky & Day, 2018, p. 7; Rose & Rose, 2019, p. 88), debemos tratar dicha noción con algún cuidado; evitando esa ampliación excesiva de su alcance que están promoviendo aquellos que patrocinan lo que se da en llamar ‘síntesis extendida’ (Jablonka et al., 2014, p. 2238; Laland et al., 2015, p. 4). En este sentido, las restricciones que Francesca Merlin (2014; 2017) ha propuesto en lo que atañe a esa ampliación son definitivamente muy pertinentes y necesarias. Ella propone una ampliación limitada de la noción de herencia que, además de estar muy bien fundada, resulta muy útil para entender de qué modo la operación de la selección natural puede ser entendida bajo la suposición de que hay más recursos ontogenéticos hereditarios que las simples secuencias de ácidos nucleicos supuestas en el concepto molecular de gen.

El primer requisito para que ocurra selección natural es la existencia de una población en la que se den formas variantes cuyas peculiaridades, resultando en el desempeño más o menos eficiente de alguna función biológica, produzcan diferencias de éxito reproductivo entre sus portadores. Pero ésa es sólo una primera condición para la existencia de la selección natural. Aún faltan otros dos requerimientos que también son cruciales, y que son relativos a la heredabilidad que deben tener esas variaciones que generan diferencias de éxito reproductivo. Uno de esos requerimientos tiene que ver con la transmisibilidad transgeneracional de las variaciones allí implicadas; y el otro está relacionado con lo que suele describirse como ‘la verticalidad’ de tal transmisión: la

misma es una transmisión necesariamente acoplada al vínculo progenitor-progenie.<sup>6</sup> Es decir: para que una variación sea seleccionable, no alcanza con su transmisión y acumulación transgeneracional. También es necesario que dicha transmisión sea, como suele decirse, ‘vertical’ (Botelho, 2011, p. 58; Sterelny, 2001, p. 339): es preciso que ella vaya únicamente de los individuos que se reproducen a los individuos que resultan de esa reproducción (Merlin, 2014, p. 248). Y eso da lugar a una noción “restringida de herencia ampliada” (Merlin, 2014, p. 248) que puede contemplar materiales y factores hereditarios tales como:

Componentes de ADN y proteínas de la cromatina; factores epigenéticos celulares (proteínas que reproducen bucles autosuficientes, micro ARN, grupos metílicos y patrones resistentes a la reprogramación del epigenoma); organelas citoplasmáticas como las mitocondrias maternas; gradientes químicos intracelulares; membranas nucleares y celulares; y algunos endosimbiontes, en particular los que acompañan a los gametos maternos. (Merlin, 2017, p. 276)

Esa lista abarca mucho más que ácidos nucleicos, pero también excluye cualquier recurso ontogenético cuya transmisión sea independiente del proceso reproductivo. Esto es clave para entender los procesos selectivos: si una característica ventajosa no sólo se transmite a la propia prole, sino que también se transmite a la prole de los demás miembros de la población, eso hará que dicha característica no otorgue ventajas selectivas. Éstas no existirán porque el resto de la población, o por lo menos una parte de ella, también presentará esa característica; y no creo que se gane mucho introduciendo una partición entre dos tipos de transmisión transgeneracional de recursos ontogenéticos: la ‘herencia vertical’, resultante en posibles ventajas selectivas; y una otra ‘herencia’ que, no presentando esa restricción, tampoco acarrearía ventajas selectivas. Lo que ahí estaríamos haciendo no sería más que inventar términos nuevos para expresar conceptos ya conocidos; y para los cuales ya teníamos designaciones bien establecidas.

Pero me apuro a aclarar que no estoy negando que esas otras formas de transmisión de recursos ontogenéticos también sean cruciales para el desarrollo; ni tampoco pretendo desconocer que ellas sean factores evolutivos a ser muy considerados. La disponibilidad en una población de recursos ontogenéticos transgeneracionalmente transmitidos, cualquiera sea su naturaleza y cualquiera sea su canal de transmisión, siempre puede resultar en nuevas presiones selectivas actuantes sobre esa misma población (Caponi, 2017a, p. 134). Piénsese, por ejemplo, en nuevo patrón comportamental pasible de ser aprendido por imitación y sin que medie un vínculo filial entre imitado e imitador. La disponibilidad transgeneracional de ese recurso comportamental, cuya transmisión no está acoplada al vínculo progenitor-progenie y al proceso reproductivo allí implicado, también puede generar presiones selectivas que premien cualquier cambio verticalmente heredable que facilite u optimice ese comportamiento, o que facilite su aprendizaje (Diogo, 2017, p. 29). Aplicándose lo mismo para las invenciones simbólicas o técnicas. La producción de un recurso técnico o

---

<sup>6</sup> Algo distinto de lo que ocurre, por ejemplo, con las invenciones comportamentales y culturales que pueden diseminarse en una población y ser transmitidas en la secuencia generacional sin que eso esté acoplado al vínculo progenitor-progenie.

simbólico que se transmita y preserve a lo largo de las generaciones puede resultar en presiones selectivas que premien cualquier modificación verticalmente heredable que facilite y optimice su aprovechamiento (Caponi, 2017b, p. 29).

### 3. La heredabilidad de las adaptaciones evolutivas

Ése, sin embargo, no es nuestro asunto aquí. Lo que ahora nos interesa es que, en virtud de esa asociación entre la noción de herencia y la noción de reproducción que Merlin subraya, se puede delimitar esa noción de variación heredable que es crucial para la Teoría de la Selección Natural y para la articulación de explicaciones seleccionales. Y lo primero a ser dicho en ese sentido es que la noción de variación, en general, es semejante a la de estado de carácter: ambas operan polarmente; es decir: haciendo referencia a una alternativa entre dos estados posibles. Un estado de carácter sólo se registra en la polaridad derivado-primitivo (Amorim, 1997, p. 266); y siempre es derivado o primitivo por referencia a otro estado de carácter (Caponi, 2011, p. 255). Una variación, por su parte, se define siempre por referencia a una alternativa: una variación es un estado de carácter del cual existe una variante alternativa en la población analizada;<sup>7</sup> y, en la medida en que esa diferencia entre esos dos posibles estados de carácter que se dan en la población dependa de recursos o factores ontogenéticos de transmisión hereditaria (es decir: transmisión necesariamente acoplada a la reproducción) diremos que ella es una variación heredable. Y, por eso mismo, seleccionable. Siendo que, si esa selección efectivamente ocurre, el estado de carácter de ahí resultante será considerado como una adaptación evolutiva.

Insisto, sin embargo, en el hecho de que no se trata aquí de distinguir entre caracteres heredados, o hereditarios, o adquiridos. Se trata de considerar estados alternativos de un carácter y determinar si la diferencia entre ellos se debe, entre otras cosas, a recursos ontogenéticos de transmisión hereditaria. Si eso es así, si esa diferencia supone diferencias en lo refiere a ese tipo de recursos ontogenéticos, aunque ciertamente suponga otros recursos no hereditarios (es decir: no verticalmente transmisibles); entonces, en ese caso, diremos que se trata de variaciones heredables, y por eso seleccionables. Si la diferencia de longitud en el largo del cuello que se da en una población de jirafas depende, aunque sea parcialmente, de una norma de reacción genéticamente delimitada, ahí estamos ante variaciones heredables y, por eso, seleccionables. En cambio, si en una población de *Homo sapiens* hay individuos cuya lengua materna es el catalán, y hay otros individuos cuya lengua materna es el castellano, eso no constituye una oferta de variaciones heredables y seleccionables. No hay ahí variaciones seleccionables porque no existe ningún recurso ontogenético realmente hereditario que haga que alguien sea más propenso a hablar uno de esos idiomas. La capacidad de hablar sí depende, en parte, de recursos ontogenéticos de transmisión hereditaria; pero que la lengua materna sea una u otra no depende de ningún recurso así transmitido.

---

<sup>7</sup> En lo que atañe a esta cuestión puntual, asumo una posición muy próxima de la de Eva Jablonka (2004, p. 366). Sólo que, en lugar de hablar de estados de carácter heredables y de variaciones heredables, ella usa las expresiones ‘rasgos fenotípicos heredables’ y ‘variaciones en rasgos fenotípicos heredables’.



Por eso, en lugar de hablar de caracteres, o de características, ‘hereditarias’, debemos hablar de caracteres o características cuya variancia pueda ser más o menos heredable; pudiendo ocurrir, incluso, que esa heredabilidad sea nula. Y, desde un punto de vista epistemológico, la diferencia entre ambas cosas es mucho más importante de lo que a primera vista podría pensarse. Para que esa noción escalar que es la heredabilidad tenga algún sentido, y resulte mínimamente operacional, es necesario dejar de considerar características o configuraciones particulares de un individuo (Fox-Keller, 2010, p. 30), e incluso diferencias respecto de una característica que se den entre dos individuos (Fox-Keller, 2010, p. 38). En lugar de eso, tenemos que pensar en términos poblacionales (Fox-Keller, 2010, p. 53). Es decir: tenemos que salir de la Biología del Desarrollo, ingresando en el campo de la Genética de Poblaciones (Feldman, 1992, p. 151; Fox-Keller, 2010, p. 57).

Allí, la heredabilidad no es entendida como atributo de una característica atribuida a un viviente individual, y pasa a ser definida como predicado poblacional. Concretamente, como la proporción atribuible a factores hereditarios de la variancia que los individuos de una población presentan con relación a una determinada característica (Futuyma, 2005, p. 548). La heredabilidad, conforme la define John Alcock (2001, p. 49), es “la proporción de la variancia total de un fenotipo en una población que resulta de la variancia genética entre los individuos”. Pero, aunque en Genética de Poblaciones, esos factores hereditarios son homologados a genes, el uso de la noción de *heredabilidad* no depende de tal homologación. Jablonka y Lamb (1995, p. 196) han mostrado que los modelos usados para explicar el comportamiento de los clásicos alelos de la Genética de Poblaciones, también se aplican a los epialelos de la herencia epigenética. Y eso muestra que la noción de heredabilidad es compatible con definiciones moderadamente ampliadas de herencia como la propuesta por Merlin. Así, en base a eso, se podría decir que la heredabilidad de un estado de carácter es la proporción de la variancia total de dicho estado que, en una población, resulta de la variancia de los recursos ontogenéticos de transmisión ontogenética involucrados en su desarrollo. Y para entender eso puede ser oportuno retornar al ejemplo del cuello de los diferentes individuos de una población de jirafas.

Ciertamente, esa longitud presentará una variancia dependiente tanto de factores hereditarios como de factores ambientales cuyo peso relativo es estimable siguiendo diferentes procedimientos (Feldman, 1992, p. 152). Y uno de esos procedimientos, que sería difícil de realizar, pero fácil de comprender, puede ser el de producir muchos clones de una única jirafa de esa misma población; implantado luego los embriones de ahí resultantes en hembras, también de esa misma población. Posteriormente, después del destete y también del tiempo necesario para que esos clones lleguen a su adultez, se podrá medir la variancia que presenta el largo de sus cuellos. Y será la comparación de esa variancia del cuello de los clones con la variancia, para esa misma característica, que se da en la totalidad de la población, lo que nos dará una idea respecto del grado de heredabilidad de esa característica en esa población específica. Es decir: esa comparación nos permitirá sopesar la heredabilidad de la variancia en el cuello que se da en esa población de jirafas que estamos examinando y en el ambiente concreto en el que esa población medra.

En sentido estricto, la heredabilidad es, entonces, una propiedad que se predica de la variancia de una característica en una población concreta (Cardellino & Rovira, 1987, p. 67). Es la variancia, y no la característica, la que puede ser más o menos heredable; y esa variancia es atributo de una población y no de un individuo (Fox-Keller, 2010, p. 57). Por eso, un índice de heredabilidad, nada nos dice sobre la probabilidad que una jirafa de cuello largo tiene de engendrar otra con esa misma característica. Ese índice sólo nos indica cuál sería el valor medio del cuello que es dable esperar en una generación subsiguiente de esa misma población de jirafas, si las condiciones ambientales relevantes se mantienen contantes. Con todo, aun así, el hecho de que el índice de la heredabilidad de la variancia de una característica sea superior a cero, nos indica algo que es muy importante para entender el concepto de variación heredable: si, en una población, la heredabilidad de la variancia de una característica es superior a cero, una parte de las variaciones individuales que resultan en esa variancia debe depender de recursos ontogenéticos hereditarios. Es decir: para que haya variancia debe haber variaciones; y para que una parte de esa variancia sea heredable es necesario que una parte de ella derive de recursos ontogenéticos cuya transmisión esté indisolublemente acoplada al vínculo reproductivo que se da entre progenitor y progenie. Y ahí ya está, implícito, el concepto de variación heredable que requieren las explicaciones por selección natural.

Dicho de otro modo: para que en una población puedan ocurrir presiones selectivas sobre un estado de carácter, la variancia de dicho carácter debe tener un grado mínimo de heredabilidad; y eso significa que una parte de las variaciones que determinan esa variancia obedece a recursos ontogenéticos hereditarios. Y con esto último, insisto, quiero decir que su transmisión intergeneracional debe estar acoplada a la reproducción: al vínculo progenitor-progenie. Satisfecho ese requisito no hay por qué negar que, en algunos casos, la selección natural pueda ocurrir sobre variantes que, conforme se viene proponiendo en los últimos años, no dependan de variaciones genéticas sino sólo de variaciones calificables como epigenéticas.<sup>8</sup> Esto, en todo caso, es una cuestión empírica y no de mero análisis conceptual. Pero, si se llega a la conclusión de que esas variantes epigenéticas tienen la suficiente estabilidad transgeneracional, entonces, tanto en ese caso como cuando hay involucradas variaciones estrictamente genéticas, se podrá decir que el resultante de la selección que opera sobre ellas, que es la adaptación evolutiva, también deberá ser considerado como un estado de carácter cuya variancia es heredable.

Por eso, cuando hoy se admite el papel de la herencia epigenética en la evolución adaptativa, eso nunca se hace sin dejar de reconocer que la oferta de variantes epigenéticas, sea cual sea su origen, debe estar sometida al control de la selección natural (cf. Dragan & Jansen, 2021). La selección natural siempre será la encargada de diseñar la adaptación evolutiva que a partir de allí pueda configurarse. En este sentido, caracterizar a la 'epigenética' como siendo la "ciencia de la adaptación biológica heredable" (Devaskar & Raychaudhuri, 2007) es un exceso retórico, injustificable, que ignora el papel privilegiado que la selección natural no puede dejar de desempeñar en la evolución adaptativa. En lo que atañe a eso, la Biología moderna, más allá de las novedades de la herencia epigenética, sigue sin apartarse de Darwin; quien, aun aceptando la transmisión

---

<sup>8</sup> Al respecto, véase: Jablonka & Lamb (1995, p. 196; 2005, p. 2); West-Eberhard (2007, p. 440); Jablonka & Raz (2009, p. 162); y Uller (2014, p. 177).

de los caracteres adquiridos, recurrió a la selección natural considerándola como el mecanismo adaptador fundamental (Darwin, 1859, p. 206).

Tal como Mary Jane West-Eberhard (2007, p. 440) lo señaló, el reconocimiento del impacto evolutivo de la herencia epigenética no tiene por qué llevarnos a flirtear con el fantasma de Lamarck. Quedando claro, por otra parte, que la insistencia sobre el papel protagónico de la selección natural en lo tocante a la evolución adaptativa no excluye, bajo ningún punto de vista, el reconocimiento de otros motores de cambio evolutivo. Tal el caso de la migración o la deriva génica, como ya ocurría en las formulaciones clásicas de la Genética de Poblaciones (cf. Gayon, 1992, p. 337; Sober, 1984, p. 34); pero también cabe mencionar aquí a los constreñimientos ontogenéticos, hoy destacados por la Biología Evolucionaria del Desarrollo (cf. Arthur, 2011, p. 200; Schuenk & Wagner, 2003, p. 54), que sin duda también definen la dirección de los cambios evolutivos. Además, es importante no perder de vista que la cuestión que aquí discutimos no es una cuestión teórica relativa a las causas del cambio evolutivo, sino una cuestión meta-teórica, o epistemológica, relativa a la discriminación entre dos conceptos.

#### **4. La no heredabilidad de las adaptaciones ontogenéticas**

El énfasis que acabo de hacer sobre el carácter hereditario de las adaptaciones evolutivas puede verse opacada por el reconocimiento, necesario, de que no hay estructura biológica cuyo desarrollo no suponga recursos ontogenéticos que puedan merecer el calificativo de ‘hereditarios’; y también podemos decir lo mismo de cualquier reacción de un viviente individual a las contingencias de su entorno: dichas reacciones suponen capacidades cuyo desarrollo no sería explicable sin la mediación de recursos ontogenéticos hereditarios (Bateson, 1980, p. 144). Pero, si no perdemos de vista sobre qué proceso hablamos cuando nos referimos a adaptaciones ontogenéticas, comprenderemos que la variancia que de ellas resulta nunca podrá ser caracterizada como heredable. Y de nuevo hay que acordarse de no poner el foco en la estructura; centrándonos, por el contrario, en la variancia poblacional de dicha estructura. Lo que hay que juzgar es el carácter hereditario de la variancia poblacional resultante de las adaptaciones ontogenéticas; y no el carácter más o menos hereditario de las características de los organismos individuales en cuya ontogenia estén involucrados ajustes pasibles de ser caracterizados como adaptaciones ontogenéticas.

Como lo vimos al inicio, las adaptaciones ontogenéticas suponen cierta plasticidad fenotípica previamente modelada por la selección natural; y entre los individuos de cualquier población, dicha plasticidad puede presentar una amplia variancia. Imaginemos el caso de dos tribus de una misma etnia que, al ser ambas desplazadas por los invasores de su territorio original, se ven obligadas a migrar hacia una elevada meseta cuya altitud es mucho mayor que la del valle en el que habitaban. Eso, podemos imaginarlo, exigiría a la totalidad de ambas tribus, un cierto proceso de aclimatación consistente en un aumento de capacidad aeróbica. Pero imaginemos, además, que, en promedio, los individuos de una de las dos tribus se aclimatan mejor que los individuos de la otra. En ambas tribus habrá individuos cuya plasticidad fenotípica les permitirá adaptarse con mayor facilidad y eficiencia; mientras que otros sufrirán más las nuevas condiciones sin poder ajustarse demasiado a ellas. Y es claro que todo eso siempre será una cuestión de grados. Pero, conforme lo estoy suponiendo, en una de las dos tribus,

llamémosla 'A', hay una adaptabilidad ontogenética que en media es mayor que la verificada en la tribu B; y eso permitirá que, en media, los individuos de A acaben estando ontogenéticamente más adaptados a las nuevas condiciones que los individuos de B.

Lo cierto, de todos modos, es que en ambos grupos las características asociadas a esa aclimatación presentarán cierta variancia. Pudiendo suponerse que parte de esa variancia obedece a diferencias asociadas con recursos ontogenéticos hereditarios; y que, por eso, en la próxima generación de A, la adaptación media a la altura continuaría siendo algo superior a la que se dé en B. Siendo eso, precisamente, lo que quizá pueda inducirnos a pensar que, en última instancia, esa aclimatación no es algo muy diferente del largo del cuello de aquellas jirafas a las que aludí en el ejemplo de la sección anterior. Con todo, si lo pensamos mejor, podremos ver que eso no es así. Una cosa es la transmisión hereditaria de los recursos ontogenéticos que hacen a la mayor adaptabilidad de los individuos; y otra cosa diferente sería la transmisión de las adaptaciones ontogenéticas que efectivamente ocurrieron en la primera generación.

Posiblemente, esa mayor o menor adaptabilidad, esa mayor o menor capacidad de aclimatarse, constituya un estado de carácter cuya variancia sea significativamente heredable. Pero, de ser así, eso no se trasfiere a las propias modificaciones resultantes del proceso de adaptación. Por tal motivo, si esas tribus pudiesen retornar rápidamente a su territorio original, y la generación siguiente a la que padeció la migración forzada ya es concebida, parida y criada después del retorno; entonces, en ese caso, las adaptaciones ontogenéticas derivadas de la vida en las alturas no ocurrirán en ninguno de los individuos de la nueva generación. Así, aunque los progenitores que retornan sólo sean los que consiguieron adaptarse con algún grado de éxito a las regiones de altura, porque los otros murieron allí sin poder volver al terruño, los cambios morfológicos y funcionales que ellos desarrollaron durante su destierro forzado, no se harán presentes en su progenie. Es decir: la adaptabilidad ontogenética puede presentar una variancia cuya heredabilidad es superior a cero; pero ese no se trasfiere a la propia adaptación ontogenética que dicha adaptabilidad permite. Pese a la heredabilidad de esta última, la heredabilidad de la propia adaptación ontogenética continuará siendo nula.

La posibilidad de desarrollar callos, ya lo recordé al inicio, es prevalente en *Homo sapiens*. Pero, si la hija o hijo de algún hachero se hace violinista, como quizá pudo ocurrir alguna vez en la provincia de Santiago del Estero, en Argentina, y la práctica de ese instrumento le hace nacer callos, éstos no crecerán en la palma de sus manos sino en la punta de sus dedos. Es verdad que en un linaje de hacheros pueden operar presiones selectivas que favorezcan una mayor propensión a desarrollar callos, que en general resultan funcionales; y eso podría hacer que, si en la descendencia de esos hacheros se dan violinistas, los callos en las puntas de sus dedos se formen más rápidamente que lo que puede ocurrir con otras u otros violinistas cuyos progenitores hayan desempeñado oficios de otra naturaleza. Pero, aun así, el carácter cuya variancia es heredable, y que puede ser considerado como una adaptación evolutiva, sigue siendo la capacidad de desarrollar callos, y no el hecho de que los callos se presenten en una u otra parte de la mano.

Se dirá, entretanto, que la relación entre la capacidad de generar callos y la efectiva formación de estos últimos no es diferente de la relación que existe entre la norma de reacción hereditaria, que acota el largo que puede alcanzar el cuello de las

jirafas, y el largo que ese cuello realmente alcanza en cada individuo en virtud de factores como la nutrición y quizá el comportamiento. Así, del mismo modo en que, en este último caso, lo que se considera como adaptación evolutiva es el valor medio, en la población, del estado de carácter 'largo del cuello', y no sólo la norma de reacción que lo posibilita; por motivos semejantes, también se podría considerar que, en el caso de los callos, la adaptación evolutiva no sería sólo la capacidad de generarlos sino también los callos propiamente dichos.

Al fin al cabo, lo efectivamente premiado por la selección natural es un cuello más o menos largo, no la norma de reacción que lo posibilita: lo que resulta funcionalmente conveniente en un determinado ambiente, y por eso resulta seleccionado en ese contexto, es el cuello más largo y no la mera posibilidad de tenerlo: muy probablemente, individuos que por una nutrición deficiente desarrollen cuellos mucho más cortos que lo permitido por la norma de reacción que heredaron, tendrán muy poco éxito reproductivo. Por su parte, en el caso de la capacidad de generar callos, lo único que es registrable y premiable por la selección natural son los callos efectivamente formados: individuos que heredan esa capacidad, pero no la desarrollan en virtud de algún déficit nutricional, también pueden ver afectado su éxito reproductivo. Tenemos, entonces, dos procesos: el crecimiento efectivo de cuellos y el crecimiento efectivo de callos; y ambos suponen la intervención de recursos ontogenéticos tanto hereditarios como no hereditarios. Siendo eso lo que, nuevamente, parece poner a los callos de hacheros y violinistas en una posición que podría semejar a la del largo de cuello de la jirafa. Existe, sin embargo, un hecho a ser considerado. Se trata de algo que ya fue apuntado en el caso de la aclimatación de las tribus migrantes; y que también debemos considerar en este caso: hasta donde sabemos, el largo del cuello de las jirafas pudo ser seleccionado en virtud de la heredabilidad de su variancia.

Es decir: el largo del cuello de la jirafa pudo ser seleccionado en virtud de que su variancia dependía, en parte, de recursos ontogenéticos de transmisión hereditaria. En ese proceso selectivo, los individuos cuya propensión hereditaria a generar cuellos más largos era menor, tendían a ser preteridos en términos de éxito reproductivo diferencial. Y ese no es caso de la localización de los callos; aunque sí pueda ser el caso de la capacidad de generarlos en cualquier parte del cuerpo cuya epidermis esté sometida a frotaciones reiteradas. Si esa localización no está sujeta a variancia hereditaria, ella no puede ser objeto de procesos selectivos; y es así que, en distintas generaciones de un mismo linaje, que estén sometidas a diferentes condiciones de vida, los callos podrán ser más o menos frecuentes y protuberantes, o estar situados en distintas partes del cuerpo, sin que eso suponga cambios registrables en aquellos recursos ontogenéticos cuya transmisión transgeneracional está acoplada a la reproducción.

Hasta donde sabemos: si sometidos a los rigores de la vida de sus abuelos hacheros, los hijos de madre y/o padre violinista tendrán, en promedio, tanta facilidad para generar callos en las palmas de sus manos como la que tenían sus ancestros; y esa facilidad será proporcional a la que sus progenitores tenían para generar los callos digitales. Como ocurría con la aclimatación, en la formación de callos, lo que puede tratarse como adaptación evolutiva es la capacidad de adaptarse ontogenéticamente, y no los propios cambios que ese proceso ontogenético promueve. Una capacidad de adaptación ontogenética, que estamos caracterizando como adaptación evolutiva, y que

puede ser más o menos específica: en linajes de hacheros pueden darse procesos selectivos que faciliten que los callos se formen más rápidamente en las palmas de la mano que en otras partes del cuerpo. Pero eso, que sería un caso de lo que Waddington (1953, p. 125; 1961, p. 94) llamó ‘asimilación genética’, o quizá de lo que, más recientemente, West-Eberhard (2003, p. 25) llamó ‘acomodación genética’,<sup>9</sup> sigue dentro del espacio de la adaptación evolutiva y no se confunde con la adaptación ontogenética. No, por lo menos, desde el punto de vista conceptual; aunque en los casos concretos pueda resultar difícil deslindar lo que es explicable en términos de evolutivos y lo que es explicable en términos ontogenéticos (cf. Muñoz & Moritz, 2018, p. 321).

## 5. El caso de las adaptaciones comportamentales

Es interesante ver, por otra parte, que la distinción entre adaptación evolutiva y adaptación ontogenética también se puede extender a la esfera de los comportamientos, permitiéndonos establecer una clara diferencia entre adaptación evolutiva comportamental y adaptación ontogenética comportamental. Una distinción que, contrariamente a lo sugerido por Konrad Lorenz (1961/1984, p. 341-343), no supone ningún recurso a la noción de lo *innato*. Conforme lo venimos diciendo, no existe estructura biológica cuyo desarrollo no involucre recursos ontogenéticos tanto hereditarios como no hereditarios. Y eso se percibe en las dificultades que plantea la idea de que existan patrones comportamentales, disposiciones emotivas o habilidades cognitivas, que puedan caracterizarse como innatas: en todos los casos, e inevitablemente, la ontogenia de esos patrones etológicos supone la intervención de recursos ontogenéticos no hereditarios.<sup>10</sup> Eso, entretanto, no significa que no se pueda distinguir entre patrones etológicos que puedan ser considerados como adaptaciones evolutivas y otros que deberán ser considerados como adaptaciones ontogenéticas.

La cuestión reside en saber identificar correctamente el estado de carácter, o variación etológica, de la cual se está hablando. Conforme fue dicho más arriba, estados de carácter y variaciones se definen polarmente: los primeros en virtud de la dupla *derivado-primitivo*; y las segundas por referencia a una alternativa identificable. Y, en la medida en que la ontogenia de esa diferencia entre esas dos posibilidades dependa (siempre parcialmente) de recursos o factores ontogenéticos de transmisión hereditaria (es decir: transmisión necesariamente acoplada a la reproducción) diremos que estamos ante un estado de carácter, o una variación, cuya heredabilidad permite considerarla, ora como blanco de procesos selectivos, ora como resultado de tales procesos.

Como ocurre con cualquier capacidad o estructura biológica, el desarrollo de la capacidad de desarrollar y de utilizar un lenguaje composicional (Pagel, 2018, p. 408), supone recursos ontogenéticos tanto de transmisión hereditaria como de recursos ontogenéticos cuya disponibilidad depende de otros factores (Lewontin, 2000, p. 28-29).

---

<sup>9</sup> Asimilación y acomodación genética, como Waddington (1953, p. 125) y West-Eberhard (2003, p. 25) lo muestran con toda claridad, son tipos de mecanismos selectivos (cf. Jablonka & Raz, 2009, p. 164; Ashe et al., 2021, p. 2; Scheiner & Levis, 2021, p. 164; Pfening, 2021, p. 76): no hay ahí ningún ‘efecto lamarckiano’; aunque sí, quizá, pueda haber una apariencia de lamarckismo como también la hay en el ‘efecto Baldwin’ (cf. Caponi, 2017b).

<sup>10</sup> Sobre las dificultades que plantea la noción de lo innato, véase: Lehrman (1953); Griffiths (2002); y Mamelli & Bateson (2011).

Además de ciertas secuencias de ácidos nucleicos que puedan estar asociadas a esa ontogenia (Pagel, 2018, p. 410), esta última también depende de muchos otros factores entre los que se cuentan interacciones simbólicas pautadas por un idioma. Y, en ese sentido, se podría decir que no hay diferencia sustantiva entre la capacidad de hablar y la competencia en un idioma determinado: esta también supone recursos ontogenéticos de transmisión hereditaria, porque sin la capacidad de hablar no se aprende ningún idioma, y supone interacciones sociales específicas porque sin interactuar con el castellano nadie aprende castellano. Con todo, si situamos la capacidad de hablar y la competencia en castellano dentro de las polaridades pertinentes, veremos que se trata de dos situaciones muy distintas.

La capacidad de desarrollar y de utilizar un lenguaje cualquiera, que observamos en *Homo sapiens*, debe considerarse como un estado derivado, apomórfico, cuyo contrapunto primitivo, plesiomórfico, sería la ausencia, o la tosca incipiencia, de esa capacidad. Un estado primitivo de carácter que, muy posiblemente, se daba en *Homo erectus* (Pagel, 2018, p. 409). Y todo indica que, ontogenéticamente, esa diferencia obedece, en alguna medida, a factores hereditarios que permitieron la historia de presiones selectivas en la que esa capacidad evolucionó (Pagel, 2018, p. 409). Por eso consideramos que esa apomorfia es una adaptación evolutiva (Pagel, 2018, p. 413). En cambio, el hecho de que un individuo sea competente en castellano y no en portugués, o de que en ciertas poblaciones predominen los hablantes de castellano, y que en otras poblaciones predominen los hablantes de portugués, no parece obedecer a diferencias hereditarias realmente asociadas con esa diferencia fenotípica. Es decir: que un individuo pueda hablar cualquier idioma, depende, entre otras cosas, de recursos ontogenéticos de transmisión hereditaria; pero que el idioma efectivamente hablado sea el portugués, el castellano, el guaraní, o cualquier otro, no depende de factores hereditarios. Es como la posición de los callos en los hacheros y en su progenie de violinistas.

Por eso podemos decir, sin hesitación alguna, que, en Rosario, hablar castellano es una adaptación ontogenética al modo en que allí se dan los intercambios lingüísticos. Tal como hablar portugués es una adaptación ontogenética a las condiciones que se dan en Florianópolis. Y lo que permite esa diferencia es la notoria plasticidad ontogenética que es propia de la capacidad de hablar. Siendo factible hacer la misma consideración para muchas otras propensiones y capacidades etológicas, contrastándolas con los diferentes comportamientos y habilidades que ellas pueden permitir según las diferentes condiciones en las que ellas se desarrollen. De un lado tendremos la adaptabilidad de una capacidad que merece ser considerada como adaptación evolutiva; y del otro lado tendremos las adaptaciones ontogenéticas que esa capacidad permite en virtud de las diferentes circunstancias en que la habilidad en cuestión deba desarrollarse. Una contraposición nítida, y en nada arbitraria, que no presupone el carácter innato de la adaptación evolutiva, ni tampoco implica negar que la adaptación ontogenética encuentre su condición de posibilidad en factores hereditarios.

## 6. Conclusión

Más allá de las significativas novedades teóricas que han ocurrido en la Biología Evolutiva de las últimas décadas, y que parecen insinuar la articulación de una Síntesis Extendida que ciertamente rebasa los límites de la síntesis articulada hacia mediados del siglo

pasado (cf. Diéguez, 2021), existen referencias conceptuales, centrales para ese universo disciplinar, que aún permanecen constantes. Y una de ellas es la noción evolutiva de adaptación; cuya distinción de la noción ontogenética de adaptación sigue mostrándose pertinente. Más allá de que los últimos resultados de la Biología Evolutiva estén poniendo en evidencia una imbricación entre herencia, desarrollo, ecología y evolución que va mucho más allá de lo previsto por la formulación de la teoría evolutiva patrocinada por la nueva síntesis, continúa siendo posible contar con una definición de herencia que nos permita visualizar la especificidad de los procesos selectivos responsables por las adaptaciones evolutivas. Preservándose también una clara delimitación de la propia noción de adaptación evolutiva.

Esa noción de herencia a la que aludo, que no excluye lo que suele denominarse ‘herencia epigenética’, permite admitir que el concepto de lo hereditario sólo se predique de recursos ontogenéticos y no de características fenotípicas; permite también preservar la idea de grados de heredabilidad. La condición para esto último, conforme fue argumentado, es que esa noción comparativa no se predique de las características fenotípicas consideradas como resultados de procesos ontogenéticos individuales, y sólo se predique de la variancia poblacional de dichas características. Siendo en base a esa idea de variancia que es posible discriminar entre, de un lado, la variancia más o menos heredable cuya existencia se supone en los procesos selectivos que resultan en adaptaciones evolutivas, y, del otro lado, la variancia nulamente heredable que resulta de las adaptaciones ontogenéticas. Así, sin negar que en el desarrollo de estas últimas haya involucrados recursos ontogenéticos heredables, se puede preservar su diferencia con las adaptaciones evolutivas. Y esto no sólo en lo que toca a los caracteres morfológicos sino también en lo que respecta a caracteres comportamentales. Por eso, la idea de adaptación etológica evolutiva puede ser preservada aun renunciando al concepto de lo innato.

## Referencias

- Abercrombie, M.; Hickman, C.; & Johnson, M. (1957). *Dictionary of Biology*. Baltimore: Penguin.
- Alcock, J. (2001). *Animal Behavior*. Sunderland: Sinauer.
- Amorim, D. (1997). *Elementos Básicos de Sistemática Filogenética*. Ribeirão Preto: Holos.
- Arthur, W. (2011). *Evolution: a developmental approach*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Bates, M. (1950). *The nature of Natural History*. New York: Scribner.
- Bateson, G. (1980). *Espíritu y Naturaleza*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Bock, W.; & Wahlert, G. (1998). Adaptation and the form-function complex. En C. Allen; M. Bekoff; & G. Lauder (Eds.), *Nature's Purposes* (pp. 117-168). Cambridge: MIT Press.
- Bonduriansky, R.; & Day, T. (2018). *Extended Heredity*. Princeton: Princeton University Press.
- Botelho, J. (2011). Teoria dos sistemas de desenvolvimento e autopoiese (pp. 38-68). En J. Cofre; & K. Saalfeld (eds.), *Discussão de novos paradigmas*. Florianópolis: EDUFSC.



- Caponi, G. (2008). La Biología Evolucionaria del Desarrollo como ciencia de causas remotas. *Signos Filosóficos*, 10(20), 121-142.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-13242008000200006&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-13242008000200006&script=sci_abstract&lng=es)
- Caponi, G. (2011). Las apomorfias no se comen: diseño de caracteres y funciones de partes en Biología. *Filosofía e História da Biologia*, 6(2), pp. 251-266  
<https://www.abfhib.org/FHB/FHB-06-2/FHB-6-2.pdf>
- Caponi, G. (2013). El concepto de presión selectiva y la dicotomía próximo-remoto. *Aurora*, 25(36), 197-216.  
<https://periodicos.pucpr.br/index.php/aurora/article/view/712>
- Caponi, G. (2016). Lineages and systems. En N. Eldredge; T. Pievani; E. Serrelli; I. Tëmkin (Eds.), *Evolutionary Theory: a hierarchical perspective* (pp. 47-62). Chicago: Chicago University Press.
- Caponi, G. (2017a). Sobreestimación epistemológica de la construcción de nicho. *Metatheoria*, 8(1), 129-144. <https://doi.org/10.48160/18532330me8.168>
- Caponi, G. (2017b). Del efecto Baldwin al efecto Huxley. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 34, 7-40. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v17i34.2335>
- Caponi, G. (2020). Los conceptos de herencia y de variación hereditaria. *Endoxa*, 46, 273-290. <https://doi.org/10.5944/endoxa.46.2020.27588>
- Cardellino, R.; & Rovira, J. (1987). *Mejoramiento Genético Animal*. Montevideo : Hemisferio Sur.
- Changeux, J. (2010). La variation dans l'évolution du cerveau. En A. Prochiantz (Ed.), *Darwin: 200 ans* , (pp.103-114). Paris: Odile Jabob.
- Crews, D.; & Gore, A. (2014). Transgenerational epigenetics: current controversies and debates. En T. Tollefsbol (Ed.), *Transgenerational epigenetics* (pp. 371-390). Amsterdam: Elsevier.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species*. London: Murray.
- Devaskar, S.; & Raychaudhuri, S. (2007). Epigenetics, a science of heritable biological adaptation. *Pediatric research*, 61(5), 1-4  
<https://doi.org/10.1203/pdr.0b013e31805cddb8>
- Diéguez, A. (2021). El debate sobre la necesidad de una Síntesis Extendida. *Boletín de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*, 14(1), 28-42. [http://sesbe.org/wp-content/uploads/2021/03/eVOLUCIO%CC%81N\\_Vol\\_15-1\\_Marzo-2021.pdf](http://sesbe.org/wp-content/uploads/2021/03/eVOLUCIO%CC%81N_Vol_15-1_Marzo-2021.pdf)
- Diogo, R. (2017). *Evolution driven by organismical behavior*. Cham: Springer.
- Dragan, S.; & Jansen, L. (2021). Empirical evidence for epigenetic inheritance driving evolutionary adaptations. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 376, 20200121. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2020.0121>
- Edelman, G. (1983). El problema del reconocimiento molecular por un sistema selectivo. En F. Ayala; & T. Dobzhansky, T. (Eds.), *Estudios sobre la Filosofía de la Biología* (pp. 75-88). Barcelona: Ariel.
- Eldredge, N. (1985). *Unfinished synthesis*. Oxford: Oxford University Press.

- Feldman, M. (1992). Heritability. En E. Fox-Keller; & E. Lloyd (Eds.), *Keywords in Evolutionary Biology* (pp. 151-158). Cambridge: Harvard University Press.
- Fox-Keller, E. (2010). *The mirage of a space between nature and nurture*. London: Duke University Press.
- Futuyma, D. (2005). *Evolution*. Sunderland: Sinauer.
- Gayon, J. (1992). *Darwin et l'après-Darwin*. Paris: Kimé.
- Globot, E. (1901). *Le Vocabulaire Philosophique*. Paris: Colin.
- Gordon, D. (1992). Phenotypic plasticity. En E. Fox-Keller; & E. Lloyd (Eds.), *Keywords in Evolutionary Biology* (pp. 255-262). Cambridge: Harvard University Press.
- Griffiths, P. (1999). Adaptation and Adaptationism. En R. Wilson; & F. Keil (eds.): *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences* (pp. 3-4). Cambridge: MIT Press.
- Griffiths, P. (2002). What is innateness? *Monist*, 85(1), pp. 70-85. <https://doi.org/10.5840/monist20028518>
- Jablonka, E. (2004). From replicators to heritably varying phenotypic traits: the extended phenotype revisited. *Biology & Philosophy* 19, 353-375. <https://doi.org/10.1023/B:BIPH.0000036112.02199.7b>
- Jablonka, E.; & Lamb, M. (1995). *Epigenetic inheritance and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Jablonka, E.; & Lamb, M. (2005). *Evolution in four dimensions*. Cambridge: MIT Press.
- Jablonka, E.; Noble, D.; Joyner, M.; Müller, G.; Omholt, S. (2014). Evolution evolves. *Journal of Physiology*, 592 (11), 2237-2244. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.273151>
- Jablonka, E.; & Raz, G. (2009). Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution. *Quarterly Review of Biology*, 84(2), p. 131-176. <https://doi.org/10.1086/598822>
- Jacob, F. (1982). *El juego de lo posible*. Barcelona: Grijalbo.
- Kosten, T.; & Nielsen, D. (2014). Maternal epigenetics inheritance and stress during gestation: focus on brain and behavioral disorders. En T. Tollefsbol (Ed.), *Transgenerational epigenetics* (pp. 197-219). Amsterdam: Elsevier.
- Laland, K.; Uller, T.; Feldman, M.; Sterelny, K.; Müller, G.; Moczek, A.; Jablonka, E.; Odling-Smee, J. (2015). The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions and predictions. *Proceedings of the Royal Society B*, 282, 1-14. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.1019>
- Lederberg, J. (1958). Genetic approaches to somatic cell variation: summary comment. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 52(S.1), 383-401. <https://doi.org/10.1002/jcp.1030520418>
- Lehrman, D. (1953). A critique of Konrad Lorenz's theory of instinctive behavior. *The Quarterly Review of Biology*, 28(4), 337-363. <https://doi.org/10.1086/399858>
- Lewontin, R. (2000). *The triple helix*. Cambridge: Harvard University Press.

- Lincoln, R.; Boxshall, G.; & Clark, P. (2009). *Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lorenz, K. (1984). Adaptación filogenética y modificación del comportamiento a través de dicha adaptación. En K. Lorenz, *Consideraciones sobre las conductas animal y humana* (pp. 335-394). Barcelona: Planeta-Agostini. (Obra original de 1961).
- Mameli, M.; & Bateson, P. (2011). An evaluation of the concept of innateness. *Philosophical transactions of the Royal Society B*, 366, 436-443. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0174>
- Mayr, E. (1961). Cause and effect in Biology. *Science*, 134, 1501-1506. <https://doi.org/10.1126/science.134.3489.1501>
- Mayr, E. (1993). Proximate and ultimate causation. *Biology & Philosophy*, 8, 93-94. <https://doi.org/10.1007/BF00868508>
- Mayr, E. (1998). *Así es la Biología*. Madrid: Debate.
- Medawar, P. (1961). *El futuro del hombre*. Zaragoza: Acribia.
- Merlin, F. (2010). Evolutionary chance mutation: a defense of the modern synthesis consensus view. *Philosophy & Theory in Biology*, 2(3). <http://dx.doi.org/10.3998/ptb.6959004.0002.003>
- Merlin, F. (2011). Le hasard évolutif de toute mutation génétique ou la vision consensuelle de la Synthèse Modern. *Bulletin d'Histoire & Epistémologie des Sciences de la Vie*, 18(1), 79-108. <https://doi.org/10.3917/bhesv.181.0079>
- Merlin, F. (2014). L'hérédité au-delà du tout génétique: problèmes et enjeux. En F. Merlin; & T. Hoquet (Eds.), *Précis de Philosophie de la Biologie* (pp. 237-250). Paris: Vuibert.
- Merlin, F. (2017). Limited extended inheritance. En P. Huneman; & D. Walsh (Eds.), *Challenges in evolutionary theory* (pp.285-301). Oxford: Oxford University Press.
- Meyer, F. (1970). El concepto de adaptación. En J. Piaget; & J. Nuttin, J. (Eds.), *Los procesos de adaptación* (pp. 11-24). Buenos Aires: Proteo.
- Muñoz, M.; & Moritz, C. (2018). Adaptación a un mundo cambiante: resiliencia evolutiva al cambio climático. En L. Losos & R. Lenski (Eds.), *Cómo la evolución configura nuestras vidas* (pp. 315-335). Barcelona: Buridán.
- Pagel, M. (2018). La Lingüística y la evolución del lenguaje humano. En J. Losos & R. Lenski (Eds.), *Cómo la evolución configura nuestras vidas* (pp. 407-428). Barcelona: Buridán.
- Paoloni-Giacobino, A. (2014). Epigenetic transgenerational inheritance of reproductive disease. En T. Tollefsbol (Ed.), *Transgenerational epigenetics* (pp. 303-319). Amsterdam: Elsevier.
- Pfening, D. (2021). Key questions about phenotypic plasticity. En D. Pfening (Ed.), *Phenotypic plasticity and evolution* (pp. 55-89). Taylor & Francis: Boca Raton.
- Reeve, H.; & Sherman, P. (1993). Adaptation and the goals of evolutionary research. *The Quarterly Review of Biology*, 68, 1-32. <http://www.jstor.org/stable/2832133>
- Rose, H.; & Rose, S. (2019). *Genes, células y cerebros*. Buenos Aires: IPS.

- Ruse, M.; Martin, E.; & Holmes, E. (1996). *Dictionary of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Scheiner, S.; & Levis, N. (2021). The loss of phenotypic plasticity via natural selection: genetic assimilation. En D. Pfenning (Ed.), *Phenotypic plasticity and evolution* (pp. 161-182). Taylor & Francis: Boca Raton.
- Schwenck, K.; & Wagner, G. (2003). Constraint. En B. Hall; & W. Olson (Eds.), *Keywords and concepts in Evolutionary Developmental Biology* (pp. 52-60). Cambridge: Harvard University Press.
- Sober, E. (1984). *The Nature of Selection*. Chicago: Chicago University Press.
- Sober, E. (1993). *Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Sterelny, K. (2001). Niche construction, developmental systems, and extended replicator. En S. Oyama; P. Griffiths; & R. Gray (Eds.), *Cycles of contingency: developmental systems and evolution* (pp. 333-350). Cambridge: MIT Press.
- Sterelny, K.; & Griffiths, P. (1999). *Sex and death*. Chicago: Chicago University Press.
- Uller, T. (2014). Evolutionary perspectives on transgenerational epigenetics. En T. Tollefsbol (Ed.), *Transgenerational epigenetics* (pp. 175-185). Amsterdam: Elsevier.
- Waddington, C. (1953). Genetic assimilation of an acquired character. *Evolution*, 7(2), 118-126. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1953.tb00070>
- Waddington, C. (1961). *The nature of life*. London: Allen & Unwin.
- West-Eberhard, M. (1992). Adaptation: current usages. En E. Fox-Kelle; & E. Lloyd (Eds.), *Keywords in Evolutionary Biology* (pp. 13-18). Cambridge: Harvard University Press.
- West-Eberhard, M. (2003). *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- West-Eberhard, M. (2007). Dancing with DNA and flirting with the ghost of Lamarck. *Biology & Philosophy*, 22, 439-451. <https://doi.org/10.1007/s10539-006-9034-x>
- West-Eberhard, M. (2021) A perspective on plasticity. Foreword to D. Pfenning (Ed.), *Phenotypic plasticity and evolution* (pp. ix-xx). Taylor & Francis: Boca Raton.

# Una revisión crítica de un experimento mental de Galileo sobre la caída de los cuerpos y el diseño de un experimento alternativo

Leonardo Levinas<sup>1</sup>

Recibido: 5 de abril de 2021

Aceptado: 21 de octubre de 2021

---

**Resumen.** En el experimento mental que estudiamos en este artículo, Galileo intenta refutar la hipótesis aristotélica según la cual los cuerpos más pesados deben emplear menos tiempo en caer que los más livianos. Luego de señalar algunas inconsistencias en el planteo de Galileo, mostramos, a través del diseño de dos experimentos alternativos pero equivalentes al suyo, que de su experimento imaginario no es posible llegar a la conclusión de que todos los cuerpos caen simultáneamente en el vacío. A su vez, diseñamos un experimento mental del que se infiere que, bajo las mismas condiciones iniciales, todos los cuerpos, independientemente de su peso y composición, deben caer con la misma aceleración. Mostramos por qué, para explicar el resultado de este tipo de experiencias, ya sean reales o imaginarias, es necesario establecer la equivalencia entre las masas inercial y gravitatoria, equivalencia derivada exclusivamente de la experiencia y que dio lugar al llamado Principio de Equivalencia empleado en la teoría de la Relatividad General.

**Palabras clave:** Galileo y Aristóteles, experimento mental y experimento real, caída de los cuerpos, equivalencia masas inercial y gravitatoria.

**Title:** A critical review of a Galileo thought experiment on falling bodies and the design of an alternative experiment.

**Abstract.** In the thought experiment that we study in this article, Galileo attempts to refute the Aristotelian hypothesis that heavier bodies should take less time to fall than lighter ones. After pointing out some inconsistencies in Galileo's approach, we show, through the design of two alternative but equivalent experiments to his, that from his imaginary experiment it is not possible to reach the conclusion that all bodies fall simultaneously into a vacuum. In turn, we design a thought experiment from which it follows that, under the same initial conditions, all bodies, regardless of their weight and composition, must fall with the same acceleration. We show why, to explain the result of this type of experiences, whether real or imaginary, it is necessary to establish the equivalence between inertial and gravitational masses, equivalence derived exclusively from experience and that gave rise to the so-called Equivalence Principle as used in the General Theory of Relativity.

---

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires (UBA) – CONICET. Buenos Aires, Argentina.

✉ [leolevinas@gmail.com](mailto:leolevinas@gmail.com) |  [0000-0002-5388-9849](https://orcid.org/0000-0002-5388-9849)

Levinas, Leonardo (2021). Una revisión crítica de un experimento mental de Galileo sobre la caída de los cuerpos y el diseño de un experimento alternativo. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6(1), 69–87.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/32649>



**Keywords:** Galileo and Aristotle, thought experiment and real experiment, free falling bodies, equivalence of inertial and gravitational mass.

---

## Introducción

En algunas de sus obras, Galileo trata el problema de la caída de cuerpos en diferentes medios; algunas de sus conclusiones se derivan de datos experimentales que conducen, en el límite de un espacio vacío, a la afirmación de que todos los cuerpos, bajo condiciones iniciales similares, caen de la misma manera, esto es empleando el mismo tiempo. En este sentido, el experimento mental que estudiamos en este trabajo es una excepción. Aquí el punto interesante es el esfuerzo de Galileo por llegar a aquella afirmación sin necesidad de ningún experimento real. El experimento mental de Galileo -que intenta refutar la afirmación aristotélica de que los cuerpos más pesados caen con mayor velocidad que los cuerpos más livianos- puede sintetizarse de la siguiente manera:

Se dejan caer dos cuerpos, por ejemplo, dos bolas de igual tamaño y diferente peso, unidas por una cuerda rígida. Siguiendo a Aristóteles, si la bola más ligera cae más despacio, tenderá a frenar el movimiento de caída de la más pesada, y simultáneamente la bola más pesada tenderá a acelerar a la bola más liviana, de forma tal que el conjunto de las dos esferas unidas caerá a una velocidad mayor a la que caería por sí sola la más liviana y a una velocidad menor respecto de la que caería la más pesada. Por otra parte, el conjunto de las dos bolas pesa más que la bola más pesada, por lo que el conjunto debería caer con una velocidad mayor que la de la bola más pesada cayendo sola. Por lo tanto, concluye Galileo, para salvar la contradicción, la velocidad de caída, tanto de la bola más liviana como de la bola más pesada y del conjunto, deberían ser iguales. En consecuencia, la velocidad de los cuerpos que se dejan caer debe ser la misma independientemente de su peso.

En este artículo realizamos un tratamiento puramente conceptual de la problemática de fondo que plantea el experimento mental de Galileo. Nuestra intención es mostrar por qué el razonamiento de Galileo es inválido, ofrecer un experimento mental alternativo al de Galileo y explicar por qué los cuerpos de diferentes pesos deben (necesariamente) caer con la misma aceleración en el vacío.

En este sentido nuestro trabajo posee cuatro objetivos principales:

*Primero*, mostrar que el razonamiento subyacente al experimento mental diseñado por Galileo no es válido para refutar la teoría aristotélica referida a la caída de los cuerpos con diferentes pesos.

*Segundo*, ofrecer dos ejemplos equivalentes al de Galileo en los que *no* se cumplen las supuestas conclusiones contradictorias extraídas por él.

*Tercero*, proponer un experimento mental que muestra que todos los cuerpos, independientemente de su composición y peso, deben caer con la misma aceleración.

*Cuarto*, determinar por qué el resultado, de que todos los cuerpos que se mueven en el vacío en un campo gravitatorio uniforme caen con la misma aceleración, posee su explicación en la equivalencia entre la masa inercial de un cuerpo y su masa gravitatoria.

En este sentido, la estructura del artículo es la siguiente:

En la **Parte I** realizamos una revisión crítica del experimento de Galileo, comenzamos presentando algunos antecedentes de dicho experimento en autores anteriores a Galileo (1.1); luego exponemos dicho experimento mental (1.2) y, empleando

los mismos presupuestos y las mismas herramientas empleadas por Galileo, discutimos algunas incongruencias en su formulación (1.3).

En la **Parte II** ofrecemos dos ejemplos alternativos que muestran por qué el experimento mental así diseñado, *no* refuta la hipótesis aristotélica. En primer lugar presentamos un experimento análogo para determinar por qué el argumento utilizado por Galileo para rechazar la hipótesis aristotélica sobre la caída de los cuerpos *no* conduce a dos conclusiones diferentes y contradictorias entre sí (2.1). Luego, en (2.2), hacemos un diseño alternativo al del experimento de Galileo donde se muestra, con mayor claridad, por qué, si se cumpliera la hipótesis aristotélica, se alcanzaría una única conclusión.

En la **Parte III** presentamos un nuevo experimento mental, sin necesidad de formalismo alguno, con el fin de mostrar que todos los cuerpos deben caer en el vacío con la misma aceleración. En primer lugar, (3.1), tomamos el caso menos general de dos cuerpos con *igual* composición y diferentes pesos; luego (3.2), presentamos el caso general de dos cuerpos con *diferente* composición y diferentes pesos para luego discutir una consecuencia interesante en relación con este tratamiento de la caída libre de cuerpos en el vacío (3.3).

En la **Parte IV** intentamos explicar la razón por la que todos los cuerpos, dejados caer desde la misma altura en el vacío, lo hacen con la misma aceleración. Para dar con dicha explicación, invocamos primero, en (4.1), resultados provenientes de determinados experimentos reales, y luego, en (4.2), intentamos reunir los resultados para explicar la caída simultánea de cuerpos con diferente peso en el vacío.

## Parte I: Una revisión crítica del experimento mental de Galileo

### 1.1 Antecedentes del experimento mental de Galileo

Antes de analizar el experimento mental en cuestión, resulta interesante notar que, según Galileo, la aceleración de los cuerpos que caían hacia la Tierra era independiente de la distancia a su superficie, inclusive para distancias tan grandes como las de la Luna, una suposición incorrecta señalada por el propio Newton<sup>2</sup>. En Galileo esto se relacionaba con la creencia de que los cuerpos terrestres debían caer en la Tierra y que los cuerpos selenitas debían hacerlo en la Luna, sus respectivos lugares naturales.

Ahora bien; si del hecho de que todas las partes de la Tierra contribuyen acordemente a formar su todo, se sigue que todas esas partes y desde todos los lugares, concurren allí con igual inclinación y que para unirse las máximas que sean posibles se adaptan esféricamente: ¿por qué no debemos creer que la Luna, el Sol y los otros cuerpos mundanos son también de figura redonda, y no por otra razón, sino por un acorde instinto natural de concurrencia de todas sus partes componentes?; de modo que si alguna de las cuales, en algún momento y por cualquier violencia fuese separada de su todo, ¿por qué no habría de retornar a él instintiva y naturalmente?” (Galileo, trad. 1980, Jornada Primera, p. 78)

En este sentido, Galileo se apartaba incluso de Aristóteles quien imaginaba que si la Tierra fuese colocada en la posición que ocupaba la Luna, entonces cada una de sus

---

<sup>2</sup> Newton criticó la suposición galileana de que la aceleración de los planetas en caída sería constante; sabía que la aceleración aumentaría constantemente porque la fuerza solar varía inversamente al cuadrado de la distancia. Para mayores detalles sobre el tema ver (Cohen, 1967).

partes no se vería atraída hacia ésta sino hacia el lugar que actualmente ocupa aquélla, ya que el lugar natural del elemento tierra era el centro del universo y no otro:

(...) pues si uno cambiara de sitio la tierra (poniéndola) donde ahora está la luna, no se desplazaría cada una de sus partes hacia ella sino a donde se halla ahora; en general, pues, es forzoso que esto ocurra con las cosas semejantes e indiferenciadas por efecto del mismo movimiento, de modo que allá donde es natural que se traslade una parte cualquiera, allí también (se encuentre) el todo (...), trasladarse hacia el lugar propio es trasladarse hacia lo semejante: pues las cosas contiguas son semejantes entre sí (...) y en cuanto al lugar, los (cuerpos) leves (van) hacia arriba, los graves hacia abajo (Aristóteles, trad. 1996, p. 210).

El propio Aristóteles había afirmado que el crecimiento de la fuerza de atracción que sufrían los cuerpos hacia sus lugares naturales iba en razón inversa a la distancia: “Una prueba de que no es posible desplazarse hasta el infinito es que la tierra, cuanto más cerca está del centro [del universo], más rápido se desplaza, y (lo mismo) el fuego cuanto más arriba” (Aristóteles, 1996, p. 80).<sup>3</sup>

El problema de la caída libre de los cuerpos y el experimento mental de Galileo que examinaremos aquí, ha sido analizado de manera exhaustiva en la literatura; entre otros trabajos destacamos (Koyré, 1978, 1981), (Norton, 1996), (Gendler, 1998), (Palmieri, 2005); o más recientemente (Grundmann, 2018), (El Skaf, 2018), (Mondragón 2020). Digamos aquí que nuestro enfoque del problema difiere en gran medida de los de todos estos autores.

Una cuestión fundamental en la física aristotélica consiste en que cada uno de los cuatro elementos que componen el mundo sublunar tiende a alcanzar su lugar natural lo más rápidamente posible y por el camino más corto, es decir, en línea recta; tenemos, así, un movimiento de *caída* para los cuerpos pesados (compuestos predominantemente de tierra y/o agua) y de *elevación* para los leves (compuestos predominantemente de aire y/o fuego). Aristóteles consideraba estos movimientos como los únicos naturales en este mundo. En concordancia con esto, sostenía que la velocidad de caída de un cuerpo pesado era proporcional a su peso e inversamente proporcional a la resistencia del medio, e invocaba este hecho como una de las razones por las que el vacío no podía existir: si la resistencia del medio fuera nula (vacío), entonces las velocidades de caída deberían ser infinitas (Aristóteles, trad. 1995, Libro IV, 8).

En contra de esto, encontramos en Filoponus (490-566) el primer antecedente tendiente a establecer la caída simultánea de los cuerpos de distinto peso. En efecto, mientras que Aristóteles sostenía que si un cuerpo pesaba el doble que otro, emplearía la mitad de tiempo para caer:

(...) si tal peso se mueve tal (distancia) en tanto tiempo, tal otro (mayor) lo hará en menor tiempo, y los tiempos estarán en razón inversa a los pesos; v.g.: si un peso mitad (se mueve) en tanto tiempo, un peso doble lo hará en la mitad de ese tiempo. (Aristóteles, trad. 1996, p. 66)

En cambio, Filoponus (en sus *Comentarios a la Física de Aristóteles*, publicado por primera vez en latín en 1539) sostenía que si un cuerpo pesaba el doble que otro, no habría diferencia, o habría una diferencia indetectable en el tiempo de caída de ambos:

<sup>3</sup> Ver al respecto: (Aristóteles, trad. 1995, p. 223, 442) y (Aristóteles, trad. 1996, pp. 79, 80).



Si dejas caer desde la misma altura dos pesos de los cuales uno es muchas veces más pesado que el otro, verás que la proporción de los tiempos requeridos para el movimiento no depende de la proporción de los pesos, sino que la diferencia en tiempo es una muy pequeña. Y así, si la diferencia en los pesos no es considerable, esto es, si uno es, digamos, doble que el otro, no habrá diferencia de tiempo, o ésta será imperceptible, a pesar de que la diferencia en peso no es de ningún modo despreciable, con un cuerpo que pesa tanto como el doble que el otro. (Filoponus, 1539, tomado de Crombie, 1976, p. 56)

Este texto de Filoponus fue citado por Galileo en *De motu* cuando éste se refería al movimiento de los cuerpos en el vacío.<sup>4</sup>

A su vez, para Jean Baptiste Benedetti (1585), en un medio denso, la velocidad de caída de cuerpos compuestos de materia diferente será proporcional a sus pesos específicos, mientras que en el vacío los cuerpos con el mismo peso específico caerán de la misma forma, independientemente de su tamaño, es decir, independientemente de su peso. Sin embargo, para Benedetti, cuerpos con diferente composición caerán en un vacío con diferente velocidad<sup>5</sup>, lo mismo que sostiene Galileo en *De motu*:

(...) en el lleno el móvil se mueve según la proporción del exceso sobre la gravedad del medio en el que se mueve, y del mismo modo, en el vacío, según el exceso de su gravedad sobre la gravedad del vacío; y como ésta es nula, el exceso de la gravedad del móvil sobre la gravedad del vacío será [igual a] su gravedad total; por ello se moverá más rápidamente [que en el lleno] en proporción a su gravedad total. (de *De motu*, citado por Koyré, 1978, p. 239)

Esta conclusión, contraria a Aristóteles, se deriva del hecho de que cuando el medio ofrece menor resistencia (por ejemplo, el aire con respecto al agua), la velocidad de cuerpos de diferente composición no solo tiende a ser más significativa, sino que también tiende a diferenciarse, de tal manera que un cuerpo de mayor peso específico (mayor gravedad específica) tenderá a caer más rápido que uno de menor peso específico. Es importante señalar que en ambos casos, tanto el cuerpo con mayor peso específico como el que tiene menor peso específico alcanzan una velocidad final.<sup>6</sup>

## 1.2 El experimento mental de Galileo

Resulta interesante notar la diferencia fundamental entre el Galileo del *De motu* y el de los *Discorsi*: mientras que el primero supone que el peso específico es el factor causal por el cual la velocidad es proporcional al peso específico, incluso en el vacío, en los *Discorsi* Galileo elimina el peso específico como factor causal y sostiene que en el vacío todos los

<sup>4</sup> Ver (Koyré, 1978, n. 86, p. 234)

<sup>5</sup> Benedetti, J. B. (1585), en *Diversarum speculationum mathicarum et physicarum liber* [*Diversas especulaciones matemáticas y físicas*], citado por (Koyré, 1978, pp. 237-8)

<sup>6</sup> En condiciones reales, esto es, en un medio denso como el aire, la relación entre el peso, la resistencia del aire y la aceleración del cuerpo que cae, está representada (a primer orden en la velocidad), y en términos de la segunda ley de Newton, por la siguiente ecuación diferencial:  $F = ma = mg - kv$ , donde  $k$  es el coeficiente de resistencia, que conduce a la siguiente solución para la velocidad de caída  $v$  [con velocidad inicial  $v(t = 0) = 0$ ]:  $v(t) = (mg/k) - (mg/k)e^{(-k/m)t}$ . De la solución se desprende que cuando el tiempo  $t$  es lo suficientemente grande, el cuerpo alcanza una velocidad final constante, tal como Galileo sugería. Esta velocidad terminal es  $v_{term} = mg/k$ . Se ve que la velocidad final es proporcional al peso  $mg$  y que los cuerpos pesados en un medio como el aire, caen con una mayor velocidad final. Esto significa que en condiciones reales y para tiempos de caída suficientemente grandes, Aristóteles estaba en lo cierto.

cuerpos caen con la misma velocidad independientemente de su peso específico. Veamos cómo opera esta diferencia en su experimento mental:

En los *Discorsi*, Salviati, el personaje que defiende las ideas de Galileo, elige una hipótesis que considera errónea: si un cuerpo pesa más que el segundo, su aceleración hacia el suelo será mayor; su idea es llegar a conclusiones contradictorias. El experimento mental de Galileo consiste en lo siguiente:

Consideremos la hipótesis de Aristóteles referida a la caída libre de los cuerpos: si tenemos un cuerpo A cuyo peso es  $P_A$  y un cuerpo B cuyo peso es  $P_B$ , siendo  $P_A > P_B$ , y los dejamos caer simultáneamente desde una misma altura, entonces, A caerá con una velocidad mayor que B; esto es, empleará menos tiempo en llegar al suelo. En términos galileanos, la hipótesis aristotélica indica que A caería con mayor velocidad que B:  $v_A > v_B$ .

Siguiendo a Salviati, supongamos que ambos cuerpos son unidos por medio de un mecanismo rígido; entonces, de acuerdo con Salviati, de la hipótesis en cuestión podrían desprenderse *dos* conclusiones:

Por un lado, los cuerpos A y B deberían caer juntos con una velocidad intermedia respecto de las velocidades  $v_A$  y  $v_B$ ; y esto sería así debido a que el cuerpo B tendería a frenar al cuerpo A, mientras que A tendería a acelerar a B. En consecuencia:  $v_A > v_{[A+B]} > v_B$ .

Por otro lado, el sistema compuesto por A y B debería pesar  $P_{[A+B]} = P_A + P_B$ , de forma tal que este nuevo cuerpo debería caer más rápido que el cuerpo más pesado A:  $v_{[A+B]} > v_A$ .

Entonces (para Salviati) la única manera de salvar la contradicción entre (a) y (b) es rechazar la hipótesis aristotélica y admitir que todos los cuerpos deben emplear el mismo tiempo en caer desde una misma altura, esto es, que los tiempos de caída deben ser:  $t_{[A+B]} = t_A = t_B$ . En palabras de Galileo:

Por consiguiente, si tuviésemos dos móviles de velocidades naturales diferentes, sería de esperar que, uniendo el más tardo con el más veloz, este sería en parte retardado por el más tardo, y el más tardo en parte acelerado por el más veloz. (...) Pero si esto es así, y es también verdad que una piedra grande se mueve, supongamos, con 8 grados de velocidad, y una menor con 4, al unir las dos, el sistema compuesto tendrá que moverse con velocidad menor de 8 grados; sin embargo las dos piedras unidas, hacen una piedra mayor que la primera, que se movía con 8 grados de velocidad. Luego esta más grande [el conjunto] se mueve con menos velocidad que la primera piedra que es menor [en peso]: lo que está en contra de tu suposición. Ya ves, pues, que del suponer que el móvil más pesado se mueve más velozmente que el menos pesado, yo infiero que el más pesado se mueve más lentamente. [Luego Salviati dice:] De esto se deduce, que tanto los móviles grandes como los pequeños, se mueven con igual velocidad y tienen una misma gravedad específica. (Galileo, trad. 2003, pp. 97-99)

Aunque Galileo, en el último de los pasajes citados, habla de una “misma gravedad específica”, no existe, según él, correlación entre el peso específico y el movimiento natural (de caída). De hecho, más adelante en el texto, y basado en la experiencia *real*, expresará que todos los cuerpos sin resistencia caerán con la misma velocidad. Sostiene que, dado que la velocidad final en el aire de cuerpos compuestos de diferentes materiales

tiende a ser la misma, en el límite de un medio no resistente, es decir, en el vacío, la velocidad de todos los cuerpos debería ser la misma:

(...) sin embargo, entre bolas de oro, de plomo, de cobre, de púrpura o de otras materias pesadas, la diferencia de movimiento por el aire será casi del todo imperceptible, pues seguramente que una bola de plomo, al final de un descenso de 100 codos, no se habrá adelantado en cuatro dedos a otra de cobre. Después de ver esto, soy de opinión que si se suprimiese totalmente la resistencia del medio, todas las materias descenderían con la misma velocidad. (Galileo, trad. 2003, p. 108)

Notemos la importancia de que este último presupuesto no surge de un experimento mental, sino de uno real.

### 1.3 Algunas incongruencias en el razonamiento de Galileo

En primer lugar, como nota destacada que de alguna manera refleja el impacto que el experimento mental de Galileo ha tenido en la historia de la ciencia, digamos que ha sido considerado un experimento mental o imaginario paradigmático, entre otros por Karl Popper. En palabras de este último:

Uno de los experimentos imaginarios más importantes de la historia de la filosofía natural, y uno de los argumentos más simples e ingeniosos en la historia del pensamiento racional sobre nuestro universo, está contenido en la crítica de Galileo a la teoría del movimiento de Aristóteles. (...) Encuentro en el experimento imaginario de Galileo un modelo perfecto del empleo mejor de los experimentos imaginarios, se trata del *empleo crítico*. (Popper, 1967, pp. 412-413)

En esta sección del artículo veremos por qué, a pesar del indudable ingenio de Galileo, su experimento mental no conduce, en verdad, a una refutación de las ideas aristotélicas. Para ello, primero recordemos que una consideración importante que podemos hacer en defensa del punto de vista aristotélico es reconocer que cuando unimos dos cuerpos de diferentes pesos, si acaso uno acelerase al otro y el otro tendiese a frenar al primero (situación (a)), entonces el movimiento ya *no sería natural* para ninguno de los cuerpos. Esto, por sí solo, invalidaría la argumentación de Galileo ya que, cuando en la primera situación los dos cuerpos están enlazados, las condiciones ofrecidas para una caída libre no se cumplirían para ninguno de los cuerpos, es decir, ninguno de los dos cuerpos seguiría un movimiento natural sino uno forzado, ya que el cuerpo más liviano ejercería una fuerza de resistencia sobre el más pesado y, a la inversa, el más pesado una acción que forzaría al más liviano a caer con mayor velocidad.<sup>7</sup>

Por otro lado, Galileo supone que en la segunda situación (b), el cuerpo A y el cuerpo B forman un solo cuerpo C, cuyo peso sería la suma de los pesos de cada uno, es decir, tendría el peso de A más el peso de B, por lo que la “parte” A de C y la “parte” B de C caerían con la misma velocidad, como en el caso anterior, pero esta vez sin “interferir” entre sí ya que serían parte de un mismo cuerpo (rígido); situación completamente diferente a la de (a). Esto último, contradice algo indicado por el propio Galileo en páginas

<sup>7</sup> Debemos hacer notar aquí que las expresiones o nociones tales como “movimiento natural”, “movimiento forzado”, “cuerpo pesado”, “cuerpo liviano”, “masa”, y el “peso” entendido como “fuerza”, son empleados por Galileo con frecuencia en su obra. Ver al respecto: (Galileo, trad. 1980, p. 78), (Galileo, trad. 2003, pp. 48, 97, 110, 118, 121, 213-4).

anteriores de su *Discorsi*, donde sostiene firmemente que en esta última situación, A y B caerían simultáneamente ¡pero sin sumar sus pesos!:

Salviati: Advierte que es necesario distinguir, entre los cuerpos pesados puestos en movimiento, y los mismos en reposo. Una gran piedra puesta en la balanza, no sólo adquiere mayor peso al superponerle otra piedra, sino que hasta la añadidura y un copo de estopa, la hará aumentar de peso las seis o diez onzas que pesará la estopa; mas si tú dejaras caer libremente desde lo alto la piedra envuelta en la estopa ¿crees tú que durante la caída, la estopa habrá de gravitar sobre la piedra acelerando su movimiento, o crees más bien que lo retardará, sosteniéndola en parte? Sentimos peso sobre nuestras espaldas, mientras pretendemos oponernos a la caída que realizaría el cuerpo pesado que llevamos encima; pero si nosotros descendiésemos con la misma velocidad con que descendería naturalmente ese peso, ¿cómo quieres que pese y gravite sobre nosotros? (Galileo, trad. 2003, pp. 98-99)

Para explicar este fenómeno, el propio Galileo da un ejemplo interesante:

Salviati: ¿No ves que esto sería igual que pretender herir con la lanza a uno que corre delante de ti, con más velocidad de la que llevas tú al perseguirlo? Debes, pues, colegir que en la caída libre y natural, la piedra menor no gravita sobre la mayor, y en consecuencia, no le añade peso, como hace en el reposo. (Galileo, trad. 2003, pp. 99)

En otras palabras, antes de exponer su experimento mental, Galileo reconocía que dos cuerpos se comportaban de manera diferente cuando caían juntos que cuando se pesaban juntos en reposo sobre una balanza. Según Galileo, la piedra más pequeña agrega peso a la más grande cuando se encuentran juntas en reposo, lo que no sucede cuando caen, de modo tal que no ocurre que la B frene a la A, y esto se debe a que Galileo ya presupone que todos los cuerpos caen con la misma velocidad, lo que *per se* contradice la hipótesis aristotélica.

Claramente, la caracterización del comportamiento de los cuerpos en las situaciones (a) y (b) es completamente diferente en un caso que en el otro. De todos modos, si la hipótesis aristotélica fuera cierta debería suceder una cosa o la otra. Poniéndonos en el lugar de Aristóteles, podría afirmarse que dos cuerpos *idénticos*, uno producto de la reunión de dos cuerpos A y B “unidos” *hoy* frente a mis ojos (llamémoslo A+B), y el otro, producto de la reunión de dos cuerpos idénticos A y B “unidos” *ayer* sin que uno supiese ese hecho y pensase que siempre se trató de un único cuerpo (llamémoslo C), no caerían de la misma manera...<sup>8</sup>

Sorprendentemente, Galileo presenta su experimento mental independientemente de estas últimas conclusiones. En efecto, en la primera situación (a) asume que los cuerpos interactúan y que además de la fuerza natural de caída, actúan fuerzas antinaturales; mientras que en la segunda situación (b) asume que los cuerpos no interactúan (que hay un solo cuerpo) y que la única fuerza que actúa es natural: el peso, que resulta de pesar C como un cuerpo compuesto (combinado) de A+B, a pesar de haber afirmado que los pesos no se sumarían durante la caída ya que A y B no interactuarían.

<sup>8</sup> Koyré al respecto también apunta algo interesante y muy gráfico, y es que dos hombres tomados de la mano no caerían más rápido: no lo harían ni siquiera para Aristóteles, a pesar de que pesados juntos en una balanza, pesarían más que uno solo (Koyré, 1978, p. 214).

## Parte II: Dos ejemplos alternativos que muestran por qué el experimento mental de Galileo *no* refuta la hipótesis aristotélica

### 2.1 Un experimento alternativo en el que se cumple una hipótesis análoga a la aristotélica y *no* se cumple una de las conclusiones extraídas por Galileo

Para mostrar por qué el razonamiento de Galileo no es válido –en particular, por qué la conclusión (b) no se deriva de la hipótesis aristotélica–, presentaremos otro experimento mental que también involucra la caída de los cuerpos desde el reposo y desde cierta altura, pero que es esencialmente equivalente y más abarcativo al sugerido por Salviati. La única diferencia es que, en terminología moderna, la caída de los cuerpos no sólo se da en presencia de un campo gravitatorio sino también de un campo eléctrico. Trabajaremos siempre en el vacío.<sup>9</sup>

Sean dos cuerpos, A y B, con el mismo peso  $P_A = P_B$ , con cargas positivas  $q_A$  y  $q_B$ , respectivamente, ( $q_A > q_B > 0$ ). Los dejamos caer desde la misma altura  $r$  con respecto a la superficie de una esfera con el tamaño de la Tierra, masa  $M$  y una gran carga negativa  $Q$ . Nuestra pregunta es: ¿cómo caen?

Probemos la siguiente hipótesis (“aristotélica”): si tenemos dos cuerpos A y B, con la misma masa pero con diferentes cargas positivas  $q_A$  y  $q_B$  ( $q_A > q_B > 0$ ) bajo la influencia de un campo eléctrico uniforme producido por una carga negativa  $Q$  grande y cercana, entonces A caerá con más aceleración que B.

Ahora supongamos que ligamos ambos cuerpos empleando una ligadura aislante y rígida. Entonces, siguiendo el razonamiento de Galileo, deberíamos considerar las siguientes dos posibles conclusiones:

(a') El cuerpo A tenderá a acelerar al cuerpo B, mientras que B tenderá a frenar a A. El resultado debería ser una aceleración intermedia para todo el sistema:

$$a_A > a_{A+B} > a_B.$$

(b') Este nuevo sistema posee una carga mayor que el cuerpo A; en consecuencia, siguiendo la hipótesis:  $a_{A+B} > a_B$ .

Y, nuevamente, la única manera de resolver la contradicción entre ambas conclusiones sería que  $a_{[A+B]} = a_A = a_B$ . En otras palabras, deberíamos concluir que todos los cuerpos cargados (con idéntico peso) deben moverse con la misma aceleración en presencia de un campo eléctrico.

Teniendo en cuenta lo que muestra la experiencia para el caso de los cuerpos cargados, veríamos que la hipótesis aristotélica aplicada a estos cuerpos sería verdadera, pero también nos mostraría que (a') se cumple y (b') no. La razón de esto es simple: (b') no se sigue de la hipótesis.

<sup>9</sup> La elección de este experimento y el uso de un formalismo moderno responde a las siguientes consideraciones: a) mostrar su analogía con el experimento mental de Galileo; 2) mostrar, por medio del cálculo directo, por qué el experimento mental diseñado por Galileo no conduciría a resultados o conclusiones contradictorias; 3) todo formalismo resulta fundamental para cuantificar las magnitudes que entran en juego en un experimento sea ideal o real, lo que está a tono con el experimento mental galileano en donde se habla en términos cuantitativos; 4) cuando en la **Parte IV** se exponga por qué los cuerpos *deben* caer simultáneamente en el vacío, será necesario “corporizar” en estas magnitudes (masa, peso, carga, distancia, etc.) la explicación.

Para comprender por qué, estudiemos la explicación de este fenómeno siguiendo la ley de Coulomb, la ley de atracción gravitatoria y la segunda ley de Newton (desconocidas por Galileo y, por supuesto, por Salviati). Usando estas leyes, tenemos que (cargas en unidades gaussianas):<sup>10,11</sup>

$$a_{[A]} = \frac{q_{[A]} Q}{m (r + R)^2} + \frac{kM}{m (r + R)^2} \quad (1)$$

$$a_{[B]} = \frac{q_{[B]} Q}{m (r + R)^2} + \frac{kM}{m (r + R)^2} \quad (2)$$

donde  $R$  es el radio de una “Tierra” cargada ( $r \ll R$ ) y  $k$  es la constante gravitacional. De (1) y (2) vemos que en consonancia con la hipótesis:  $a_{[A]} > a_{[B]}$ . *Este resultado proviene de leyes confirmadas experimentalmente.* Encontremos la aceleración  $a_{[A+B]}$  del sistema compuesto A+B, donde el cuerpo cargado A está encima del cuerpo cargado B, ambos ligados por un cable no-conductor rígido de peso despreciable. Con las apropiadas condiciones iniciales, tendremos que ambos cuerpos A y B se moverían desde el reposo con la (misma) aceleración  $a_{[A+B]}$  hacia la “Tierra” dado que caerían simultáneamente:

$$ma_{[A+B]} = \frac{q_{[A]} Q}{(r + R)^2} + \frac{kM}{(r + R)^2} - T \quad (3)$$

$$ma_{[A+B]} = \frac{q_{[B]} Q}{(r + R)^2} + \frac{kM}{(r + R)^2} + T \quad (4)$$

donde  $T$  es la fuerza de ligadura ( $T$  “absorbe” la fuerza de repulsión eléctrica entre ambas cargas positivas  $q_{[A]}$  y  $q_{[B]}$ ).

Resolviendo el sistema de ecuaciones (3)-(4), encontramos que:

$$a_{[A+B]} = \frac{(q_{[A]} + q_{[B]}) Q}{2m (r + R)^2} + \frac{kM}{(r + R)^2} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta que  $r \ll R$ , que  $\frac{kM}{R} = g$  donde  $g$  es el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie de la “Tierra”, y que  $\frac{Q}{(r+R)^2} = E$  donde  $E$  es el valor del campo eléctrico creado por la carga  $Q$  en la superficie de la “Tierra”, obtenemos:

$$a_{[A+B]} = \frac{(q_A + q_B) \cdot E}{2m} + g \quad (5')$$

Como vemos, esto es equivalente a hacer uso de la eq. (1) para un cuerpo con carga  $q_{[A]} + q_{[B]}$  y masa  $2m$ . Dado que  $2q_{[A]} > q_{[A+B]} > 2q_{[B]}$  observamos que, efectivamente, el cuerpo B frena al cuerpo A mientras que el A acelera al B.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> La ley de Coulomb, formulada en 1785, que establece que el valor de la fuerza de atracción entre cargas de signo opuesto (o de repulsión en el caso de cargas de igual signo), es *análoga* a la ley de atracción gravitatoria, la que en el caso de los cuerpos cayendo en la superficie de Tierra, expresa la fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos en caída libre, esto es, expresa su peso.

<sup>11</sup> Cabe destacar que Newton emplea en sus *Principia* la ley de caída de los cuerpos del propio Galileo, quien había descubierto –a partir de sus experiencias con planos inclinados– que la distancia recorrida en la caída no era proporcional al tiempo  $t$  sino al tiempo al cuadrado  $t^2$ ; esto es, en caída libre (sin velocidad inicial:  $v_0 = 0$ ) en el vacío, un cuerpo debería responder a la ley de la distancia:  $d = \frac{1}{2}gt^2$ .

<sup>12</sup> La aceleración (5') también sería válida para el caso de que el cable fuese conductor y hubiera una nueva distribución de las cargas tal que la carga total del cuerpo en caída fuese  $q_{(tot)} = q_{[A]} + q_{[B]}$ .

En conclusión: (a') es verdadera y (b') es falsa. La conclusión (b') sería válida si el sistema  $A + B$  actuara como un cuerpo de masa  $m$ , y no como de masa  $2m$ . Pero el sistema  $A + B$  no solo tiene más carga que A, también tiene más masa, y la proporción entre ambas cantidades es menor que en A. En este cuerpo combinado, como en cualquier cuerpo, la aceleración debida a la atracción eléctrica es proporcional a su carga total, mientras que la resistencia a ser acelerada (para cambiar su estado de movimiento) es proporcional a la masa inercial total.<sup>13</sup> Se cumpliría una hipótesis similar a la de Aristóteles donde simplemente los términos “peso”, “pesado”, “más pesado”, etc., fueron reemplazados por los términos “carga”, “cargado”, “más cargado”, etc. La hipótesis sería: “si dos cuerpos que solo difieren en sus cargas se dejan caer, entonces aquel que posee mayor carga caerá con mayor aceleración”; a la vez que se cumpliría sólo la primera de las conclusiones sugeridas por Galileo en su experimento mental, esto es la conclusión (a'): “los cuerpos combinados caerían con una aceleración intermedia a las correspondientes a los dos cuerpos cayendo por separado”, y *no* se cumpliría la conclusión (b').

## 2.2 Un nuevo diseño del experimento mental de Galileo con una única conclusión

Modifiquemos un tanto el experimento mental sugerido por Galileo en los *Discorsi*. Supongamos que tenemos una esfera hueca y pesada de hierro, y una esfera de hierro más pequeña y ligera. En el estado inicial tenemos la situación que se muestra en la Figura 1a.<sup>14</sup>

Ahora dejémoslas caer. De acuerdo con la hipótesis aristotélica –y sin necesidad de emplear ningún formalismo–, habría que convenir que en cierto momento debería tenerse la situación mostrada en la Figura 1b.

Aún tenemos dos cuerpos: el cuerpo A de hierro y el cuerpo B de madera. Si la hipótesis de Aristóteles fuera correcta, en el momento en que A y B estén en contacto, comenzarán a caer juntos: B tendería a desacelerar a A mientras que A tendería a acelerar a B y la velocidad del conjunto sería intermedia con respecto a las de A y B cayendo por separado: se cumpliría (a) (ver 1.2). Sin embargo, y lo importante en este punto, es que tanto para A como para B no se cumplirían las condiciones indicadas por Aristóteles ya que la velocidad de caída de cada uno atribuida exclusivamente a su respectivo peso, se

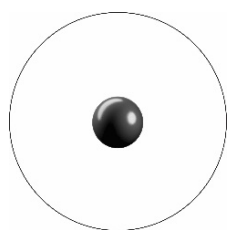


Figura 1a: Una pequeña esfera B en el centro de una esfera hueca A más pesada.

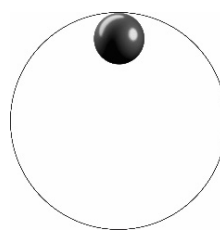


Figura 1b: La esfera B en contacto con la esfera hueca y más pesada A.

<sup>13</sup> Como dato interesante, nótese que si las cargas  $q_{[A]}$  y  $q_{[A]}$  fuesen iguales pero de signo contrario, el campo eléctrico creado por  $Q$  no tendría ningún efecto sobre el sistema y su aceleración  $a_{[A+B]}$  sería igual a  $g$ .

<sup>14</sup> La descripción de este experimento mental no requiere de ningún formalismo.

vería afectada por la interacción con el otro cuerpo; esto es, los movimientos de A y de B serían en parte naturales y en parte forzados. Sin embargo, si pesáramos a A y B por separado, o incluso juntos, en una balanza obtendríamos un peso  $P_{[A]} + P_{[B]}$ .

Ahora bien, si partimos de una situación diferente en la que ambos cuerpos ya están unidos desde el principio formando, de hecho, un solo cuerpo cuyo peso fuese el peso de A más el peso de B, entonces, de acuerdo con la hipótesis aristotélica, el resultado debería ser que este “nuevo” cuerpo caería más rápido que el cuerpo A cayendo solo. Pero en este caso, sería la caída de un (único) cuerpo C y se cumpliría (b).

Si bien sabemos que la experiencia mostraría que en todos los casos los cuerpos caerían con la misma aceleración, esto no se sigue de una contradicción entre las dos conclusiones (a) y (b) derivadas del experimento mental de los *Discorsi*. Como veremos en la **Parte III**, si queremos mostrar que todos los cuerpos caen con la misma velocidad debemos referirnos a cuerpos (o partes de cuerpos) que no interactúan con otros cuerpos o con las demás partes del mismo cuerpo.

### **Parte III: Experimentos mentales que muestran que en el vacío todos los cuerpos deben caer con la misma aceleración**

#### **3.1 El caso de dos cuerpos con *igual* composición y *diferentes* pesos**

Para nuestro experimento mental tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

i) Un cuerpo compuesto por una sola sustancia puede pensarse como compuesto por diferentes fragmentos, todos ellos de igual tamaño, los que al poseer igual peso deberían caer, cada uno, con la misma velocidad que el resto de los fragmentos.

ii) También podemos entender este cuerpo de composición homogénea como un conjunto de fragmentos no necesariamente del mismo tamaño ni forma, y, por tanto, con diferente peso, conformando un solo cuerpo, cayendo, todos, con la misma velocidad habida cuenta de que se trataría de un cuerpo rígido.<sup>15</sup>

iii) En el caso de dos cuerpos, uno más pesado que el otro pero de la misma composición, es evidente que ambos deben caer simultáneamente, si se razona de la siguiente manera: cada cuerpo está compuesto por un cierto número de partículas;<sup>16</sup> estas partículas, por ser idénticas, caerán, cada una, simultáneamente con las otras (y resulta trivial afirmar que el cuerpo en cuestión, caerá como las partículas que lo componen). En consecuencia, dos cuerpos de *igual composición deben caer simultáneamente independientemente del número de partículas que los compongan*, y, por lo tanto, independientemente de su peso.

#### **3.2 Un experimento mental para el caso de dos cuerpos con *diferente* composición y *diferentes* pesos**

Para el diseño de este experimento mental, primero supongamos tener dos cuerpos A y B compuestos de *diferentes* materiales que caen libremente en el vacío, donde A pesa el *doble* que B, y supongamos, por ejemplo, al cuerpo A compuesto de plomo y al B compuesto de madera.

<sup>15</sup> Entendemos por “cuerpo rígido” un cuerpo no deformable, esto es, compuesto por partículas cuyas posiciones entre sí no cambian aun cuando se las someta a fuerzas externas.

<sup>16</sup> Denotamos con “partícula” una porción o cantidad “macroscópica” de un cuerpo que posee masa y un volumen relativamente pequeño.



Hagamos el siguiente razonamiento:

Si dividimos a A en dos partes iguales, cada una de esas mitades debería caer como la otra mitad. Ahora bien, debido a que cada mitad de A debe pesar lo mismo que la otra mitad, y dado que medio A pesa lo mismo que (todo) el cuerpo B, el cuerpo A deberá caer tal como cae B. En consecuencia, A y B caen con la misma aceleración.

La dos hipótesis auxiliares que estamos empleando en nuestro planteo –absolutamente razonables– son 1) que cada cuerpo puede considerarse divisible (en potencia) en cuerpos más pequeños que no interactúan entre sí; 2) que todos los cuerpos son (en acto) la suma de fragmentos más pequeños que no interactúan entre sí. En términos modernos diríamos que la interacción gravitatoria entre las partículas es despreciable frente a la interacción gravitatoria con la Tierra.<sup>17</sup>

En el caso de A y B, hemos pensado que A está compuesto por dos mitades y B compuesto por una sola pieza. Podríamos haber pensado, por ejemplo, a A como compuesto por cuatro cuartos (de A) cayendo simultáneamente, y a B como compuesto por dos partes (de B); en este caso, cada una de las “nuevas” piezas de A pesaría lo mismo que cada una de las “nuevas” partes en las que hemos “dividido” a B, por lo que B –que pesa la mitad que A– caería igual que A. Y así podríamos seguir “subdividiendo” sucesivamente.

Generalizando el razonamiento: Tómense dos cuerpos A y B cualesquiera. Se puede suponer que B es divisible en un número arbitrario de componentes, entonces podemos pensar que A se divide en un número de componentes de modo tal que cada uno pesa lo mismo que los componentes con los que suponemos que hemos dividido a B. Como todos los componentes de A y B así “seleccionados” pesan lo mismo, y cada uno cae independientemente respecto de los demás, los cuerpos A y B deben caer con la misma aceleración.

El razonamiento es válido también para dos cuerpos heterogéneos, es decir, cada uno compuesto por diferentes materiales ya que cada uno puede dividirse en diferentes fragmentos que pesen lo mismo. A este experimento mental lo podemos considerar como alternativo al propuesto por Galileo en sus *Discorsi*.

### 3.3 Una consecuencia interesante de este tratamiento de la caída libre de los cuerpos en el vacío

Supongamos, por un momento, que un mismo tipo de partícula es la que conforma todos los cuerpos existentes. Supongamos, ahora, dos cuerpos A y B de igual forma y tamaño que difieren en su peso en una cantidad doble, es decir: si A pesa el doble que B sería porque A tiene el doble de partículas por unidad de volumen; esto es, A tendría un peso específico que sería el doble del de B. Debido a que cada una de las partículas debería caer como las demás, esto explicaría por qué los cuerpos A y B deberían caer a la misma velocidad. En otras palabras, si “todos los cuerpos estuvieran compuestos por el mismo tipo de partículas ( $p$ ), entonces caerían simultáneamente ( $q$ ):  $p \rightarrow q$ . La condición “igual tipo de partícula” sería *suficiente* para que todos los cuerpos en el vacío cayeran con igual

<sup>17</sup> A nivel *microscópico*, en el estado sólido las partículas se encuentran ligadas por grandes fuerzas que las mantienen unidas a distancias relativamente pequeñas. Se trata de fuerzas atómicas o moleculares y/o eléctricas.

aceleración, lo cual está experimentalmente comprobado. Sin embargo, no sería *necesario*; es decir, la recíproca no sería necesariamente cierta ya que el hecho de que todos los cuerpos caigan con igual aceleración no implica que estén compuestos del mismo tipo de partícula, en otras palabras, no implica que estén compuestos por la misma sustancia.

Sin embargo, este hecho –que todos los cuerpos caen con igual aceleración– podría haber sido considerado como evidencia a favor de la hipótesis de que todos los cuerpos estaban compuestos por una misma sustancia material o elemento. Podría haber servido de argumento para quienes asumían que toda la naturaleza estaba compuesta, por ejemplo, por “agua”. El hielo tiene la misma composición que el agua y, sin embargo, es menos denso: un pequeñísimo cubo de agua pesa más que un cubo del mismo tamaño compuesto por hielo, pero caerían igual.

#### Parte IV: ¿Por qué todos los cuerpos, en caída libre en el vacío, lo hacen con la misma aceleración?

##### 4.1 La palabra de la experiencia

Todos los cuerpos cargados caerían de la misma manera independientemente de su cantidad de carga si:

$$q_i = a \cdot m_{iI} \quad (6a)$$

$$m_{iI} = b \cdot m_{iG} = m_i \quad (6b)$$

siendo  $a$  y  $b$  dos constantes ( $a$  con unidades =  $[q]/[m]$ ) que no dependen del cuerpo. Las magnitudes  $m_I$  y  $m_G$  son la *masa inercial* y la *masa gravitatoria* respectivamente (en nuestras ecuaciones hemos tomado  $b=1$ ). Sin embargo, sabemos a través de la experimentación que este no es el caso en la naturaleza: a pesar de que (6b) es verdadera, (6a) *no* lo es. A diferencia de lo que ocurre con la masa gravitatoria, la carga no es proporcional a la masa inercial: es decir, la carga y la masa son propiedades de los cuerpos mutuamente independientes.<sup>18</sup> Tal es así que cuando unimos dos cuerpos cargados, acoplamos en la misma proporción sus masas inerciales y gravitatorias:

$$\frac{m_{[A]I} + m_{[B]I}}{m_{[A]G} + m_{[B]G}} = \frac{m_{[A]I}}{m_{[A]G}} = \frac{m_{[B]I}}{m_{[B]G}} \quad (7)$$

pero no acoplamos en idéntica proporción sus masas inerciales y sus cargas. En el caso de nuestro ejemplo de la **Parte II**:

$$\left( q_{[A]} > q_{[B]}, m_{[A]} = m_{[B]} \right): \frac{q_{[A]}}{m_{[A]}} > \frac{q_{[A]} + q_{[B]}}{m_{[A]} + m_{[B]}} > \frac{q_{[B]}}{m_{[B]}} \quad (8)$$

Dado que el peso es proporcional a la masa inercial, la aceleración de los cuerpos en caída libre en el vacío es independiente de esta cantidad, mientras que la ley de

<sup>18</sup> Es importante notar que *no* existe una “partícula de carga”, esto es, la cantidad de carga de un cuerpo es independiente de su masa y su volumen, como consecuencia de lo cual la carga total de un cuerpo con un volumen determinado no es divisible en “partículas de cargas”, como sí lo es en partículas masivas, de cuya suma obtendríamos la masa total del cuerpo.

Coulomb nos dice que la fuerza eléctrica no depende de la masa y, por tanto, la aceleración de un cuerpo cargado en presencia de un campo eléctrico, sí.<sup>19</sup>

#### 4.2 ¿Por qué los cuerpos en el vacío caen con igual aceleración?

Tanto Aristóteles como Galileo reconocieron el hecho de que en la superficie de la Tierra era más difícil mover un cuerpo más grande que uno más pequeño de la misma composición, ya fuese para elevarlo o para transportarlo. Hoy aceptamos que la "variable oculta" que interviene cuando se aplica una fuerza a un cuerpo es la masa inercial, que se opone a un cambio en su estado de movimiento.

Los cuerpos caen con igual aceleración porque, por un lado, i) la fuerza de atracción gravitacional que ejerce la Tierra sobre un cuerpo más pesado es mayor que la que ejerce la Tierra sobre uno más ligero, dado que la masa gravitatoria del primero es mayor que la del segundo; pero, a su vez, ii) esto ocurre en la misma proporción en que la Tierra tiene más "dificultad" para mover el cuerpo más pesado que el más liviano dado que el primero tiene más masa inercial -lo que se traduce en una mayor resistencia a cambiar su estado de movimiento- que el segundo. Esto equivale a asumir que la masa inercial y la gravitatoria son iguales (en realidad, proporcionales).

Precisamente, la experiencia muestra la equivalencia entre masas inerciales y gravitatorias. Esto se manifiesta en la igualdad *Fuerza = masa × aceleración*; en nuestro caso:  $m_G \cdot g = m_I \cdot a$ . Si tomamos  $m_I = m_G = m$ , entonces  $a = g$  para todos los cuerpos en caída libre en el vacío. Por un lado, se ejerce una fuerza proporcional a la magnitud  $m_G$ , y, por otro lado, el cuerpo ofrece una resistencia proporcional a  $m_I$ , como si el cuerpo tuviera dos masas que se "activaran" simultáneamente. El punto importante es que la evidencia de que la masa inercial  $m_I$  y la masa gravitatoria  $m_G$  son proporcionales fue provista por experimentos reales como los diseñados por Galileo usando péndulos o planos inclinados, o los más sofisticados de Eötvös o Dicke (Eötvös, Pekar, & Fekete, 1922; Roll, Krotkov, & Dicke, 1967) que constituyen la base para establecer el Principio de Equivalencia Débil (PED), uno de los fundamentos de la teoría de la Relatividad General de Einstein. El PED afirma que la línea de universo de una partícula de prueba en caída libre (libremente gravitante) es independiente de su composición y estructura" (Misner, Thorne, & Wheeler, 1973, p. 1050).<sup>20,21</sup>

<sup>19</sup> Todos los cuerpos –cargados o no– caerían de la misma manera si siempre fuera cierto que:  $q_{[1]} \cdot q_{[2]} / r \ll km_{[1]} \cdot m_{[2]} / r$ , pero, nuevamente, este no es el caso en la naturaleza: la constante gravitacional es tan pequeña que, por ejemplo, dos electrones en reposo se repelen (eléctricamente) con una fuerza que es  $4 \times 10^{42}$  veces la fuerza gravitacional que los atrae.

<sup>20</sup> El Principio de Equivalencia (débil) empleado por la Relatividad General –para comparar *localmente* “los sistemas inerciales” con “los libremente gravitantes” y los “sistemas uniformemente acelerados” con aquellos “sistemas en caída libre”, respectivamente– sostiene que todos los cuerpos en un campo gravitatorio uniforme caen con igual aceleración independientemente de su composición ¡tal cual lo descubierto por Galileo!, lo que da lugar a que se considere que la masa inercial y la gravitatoria de un cuerpo sean equivalentes.

<sup>21</sup> En principio, es posible distinguir *tres* tipos de masas que pueden actuar en cada interacción gravitacional relacionadas con ciertos parámetros denominados post-newtonianos: una masa inercial, una masa gravitacional activa y una masa gravitacional pasiva. Aunque en algunas teorías alternativas a la Relatividad General se asume que estas masas son diferentes, la equivalencia entre la masa inercial y las masas gravitacionales activa y pasiva es sumamente exacta, obtenida con una muy alta precisión (ver Will, 1993, p. 154).

La mejor forma de interpretar por qué el comportamiento de los cuerpos en caída libre no depende de su peso es pensar que cuando un cuerpo cae, ¡no pesa! Claramente,  $m_G$  actúa cuando el cuerpo “descansa”, por ejemplo sobre un plano horizontal. Entonces, la Tierra ejerce una fuerza sobre él que es el peso  $P = m_G \cdot g$ , donde  $g$  es la aceleración de la gravedad, y está equilibrada por la reacción, que no es otra que la “fuerza normal”  $N = m_G \cdot g$ ; aquí el fenómeno es estático. Cuando movemos un cuerpo horizontalmente (en un plano horizontal sin fricción), la fuerza necesaria para acelerarlo con una aceleración  $a$  es  $m_I \cdot a$ , y el fenómeno se torna dinámico. En el caso combinado de un plano inclinado sin fricción por el que caería el cuerpo, la fuerza aplicada en la dirección del movimiento es  $m_I \cdot g \cdot \sin \alpha$  (donde  $\alpha$  es el ángulo de inclinación del plano), mientras que la fuerza perpendicular al movimiento es  $m_I \cdot g \cdot \cos \alpha$  en la dirección en la que no hay movimiento, es decir: esta última fuerza no interviene dinámicamente y representa el peso del cuerpo en el plano inclinado.

Supongamos, ahora, que el plano inclinado es, en realidad, una balanza (“inclinada”). Si fuese  $\alpha = 0$  entonces el plano sería horizontal y la balanza registraría un peso  $m_I \cdot g$ , mayor cuanto mayor fuese  $m_I$  y no habría movimiento (horizontal); si, en cambio,  $\alpha = 90^\circ$ , entonces, el plano sería vertical y habría un movimiento vertical de caída libre, pero la balanza no registraría peso alguno.

Los cuerpos caen de forma acelerada debido a la fuerza de atracción gravitacional de la Tierra y lo hacen con la misma aceleración porque en una balanza “solidaria” con dichos cuerpos (es decir, también en caída libre) no se registraría nada: *los cuerpos en caída libre no pesan*. Esto es lo que subyace en los pasajes de los *Discorsi* que citamos anteriormente en la **Parte I**.

En este punto es importante señalar que para el propio Newton la inercia era activada solo cuando una fuerza era aplicada al cuerpo:

Debido a la inercia de la materia, un cuerpo no abandona sin dificultad su estado de reposo o movimiento. Por lo cual esa *vis insita* puede llamarse muy significativamente *vis inertiae*, fuerza de inactividad. Pero un cuerpo sólo ejerce esa fuerza cuando otra fuerza impresa en él trata de alterar su estado. (Newton, trad., 1993, p. 28)

Algo análogo ocurre con la fuerza del peso en el sentido de que el peso no se manifiesta cuando el cuerpo cae y se activa cuando tiene una resistencia, por ejemplo, en una balanza. De ahí que el PED nos indique que el movimiento de los cuerpos en caída libre en un sistema libremente gravitante es equivalente a su movimiento en un sistema inercial; ninguna balanza evitaría que cayera ya que la balanza misma caería con la misma aceleración. Dicho de otro modo: mientras algo cae no se encontraría en acto de pesar, así como algo a lo que no se le aplicó ninguna fuerza no estaría en acto de resistir para cambiar su estado de movimiento.

## Conclusiones

Podemos reunir las conclusiones en los siguientes 7 puntos:

1) El experimento mental de Galileo que discutimos en este trabajo tuvo sus antecedentes en Filoponus, Benedetti y en el propio Galileo, sobre todo en su obra *De motu*. Pero mientras que según *De motu* los cuerpos en caída libre en el vacío alcanzarían

una velocidad final, según los *Discorsi*, en el vacío, permanecerían acelerados con aceleración constante, independientemente de su peso. Galileo alcanza esta última conclusión como paso al límite en relación con los resultados obtenidos *experimentalmente* con cuerpos cayendo en medios cada vez menos densos. Ahora bien, el experimento mental expuesto en los *Discorsi* intenta demostrar que no es necesario apelar a la experiencia para establecer que todos los cuerpos independientemente de su peso deben caer empleando la misma aceleración, en contra de la hipótesis aristotélica que enunciaba que, en condiciones reales, esto es, en medios densos, los cuerpos más pesados emplearían menos tiempo en caer que los más livianos.

2) En nuestra crítica al experimento mental de Galileo mostramos, ante todo, que en su interpretación y en el uso de la hipótesis aristotélica, Galileo incurre en dos “omisiones”. En cuanto a la primera conclusión que hemos denominado (a) –“el sistema compuesto por un cuerpo A más pesado que el cuerpo B caería con una aceleración intermedia con respecto a las de A y B respectivamente”– contradice la idea aristotélica de caída natural ya que si los cuerpos interactúan, según Aristóteles, su caída sería forzada y por lo tanto antinatural.

En cuanto a la segunda conclusión que hemos denominado (b) –“el sistema compuesto sería un cuerpo más pesado que el A por lo que debería caer más rápido que éste”– sería contradictoria con la propia afirmación de Galileo de que los cuerpos A y B en la situación sugerida en (a) no caerían de manera independiente ni con la misma aceleración, esto es, sin afectarse mutuamente, ya que conformarían un único cuerpo que en una balanza pesaría la suma de los pesos de A y B. Hemos visto en el análisis de su experimento mental, que Galileo “omite” el hecho de haber descubierto que, como paso al límite de los experimentos de caída en diferentes medios (esto es sin resistencia del medio), los cuerpos en el vacío caerían con la misma aceleración, por lo que un cuerpo B ligado a un cuerpo A más pesado no influiría en su caída ya que ambas caídas serían independientes, lo que contradice (a). El sistema  $A + B$  pesa la suma del valor de los pesos de A y B cuando se los pesa en una balanza. Cuando el cuerpo cae, no pesa, algo que en los *Discorsi* es admitido por el propio Galileo. En otras palabras, algunas suposiciones asumidas por Galileo acerca de lo que debería suceder como consecuencia de la hipótesis aristotélica, contradicen los propios resultados obtenidos experimentalmente por el propio Galileo.

3) Utilizando leyes empíricas como la de Coulomb para dos cuerpos con cargas del mismo signo y ligados, se observa que en una caída libre hacia una “Tierra” con una carga grande y de signo opuesto, solo la primera de las conclusiones (a’) se extraería de una hipótesis de tipo aristotélico, esto es: los cuerpos con una carga (positiva) mayor, caerían más rápido hacia una “Tierra” cargada (negativamente), y el cuerpo “compuesto” caería con una velocidad intermedia.

4) En un experimento con un diseño equivalente al de los *Discorsi*, que consiste en imaginar qué sucedería en el caso de una pequeña esfera compacta ubicada inicialmente en el centro de otra esfera hueca, se muestra que toda vez que la hipótesis aristotélica fuera correcta, obtendríamos i) que la esfera interior debería ponerse en contacto con la esfera hueca, y ii) que la más ligera (la pequeña) frenaría a la esfera grande y hueca; y a la inversa, que la esfera más grande tendería a acelerar a la más pequeña, de forma tal

que el conjunto caería con una aceleración intermedia respecto de las que llevarían ambas esferas antes del contacto.

5) Hemos diseñado dos experimentos mentales para mostrar cómo, a partir de suponer que los cuerpos (sólidos) –se trate de cuerpos con el mismo o diferente peso específico, con una composición homogénea o no– son susceptibles de ser descompuestos en cuerpos más pequeños, se puede establecer que su aceleración de caída será la misma independientemente de su composición y peso, y sin necesidad de ningún experimento real. Las dos hipótesis auxiliares que hemos aceptado son: i) que cada cuerpo puede considerarse divisible (en potencia) en cuerpos más pequeños, algo que hemos considerado tan o tan poco arbitrario como suponer ii) que todos los cuerpos son (en acto) la suma de fragmentos más pequeños que, en el nivel *macroscópico*, no interactúan entre sí.

6) En relación con lo anterior, hemos mostrado que si todos los cuerpos estuvieran formados por la misma sustancia –es decir, por un mismo tipo de partícula–, independientemente de su densidad, deberían caer simultáneamente. Y cómo, si bien lo recíproco no es cierto, la caída simultánea de cuerpos en el vacío podría haber favorecido (históricamente) la hipótesis de que todos los cuerpos estaban compuestos de la misma sustancia (hipótesis sostenida por muchos filósofos naturales, sobre todo en la Antigüedad).

7) La razón que explica la caída simultánea de los cuerpos es la equivalencia entre la *masa inercial* y la *masa gravitatoria* que se traduce en lo siguiente: mientras que la fuerza que ejerce la Tierra sobre un cuerpo más pesado (esto es, que dispone de una mayor masa gravitatoria) es mayor que sobre un cuerpo más ligero, la resistencia (debida a la masa inercial) ofrecida por un cuerpo más pesado es mayor *en la misma proporción* que para un cuerpo más liviano. Esta equivalencia de las masas solo puede corroborarse *experimentalmente* y constituye la base del llamado Principio de Equivalencia Débil.

### Agradecimientos

A Nathalie Deruelle y Alejandro Cassini por sus respectivas lecturas críticas del manuscrito y por sus invalorable aportes para una mejor exposición de las ideas y de los resultados. El presente trabajo fue posible gracias al financiamiento del Proyecto UBACyT 20020170100124BA de la Universidad de Buenos Aires, y del Proyecto PIP 586 del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

### Referencias

- Aristóteles. (1995). *Física* (G. R. de Echandía, Trad.). Gredos.
- Aristóteles. (1996). *Acerca del cielo; Meteorológicos* (M. Candel, Trad.). Gredos.
- Benedetti, G. B. (1585). *Diversarum speculationum mathematicarum & physicarum liber* [*Diversas especulaciones matemáticas y físicas*]. Apud Haeredem Nicolai Bevilaquae.
- Brown, J. (1991). *The laboratory of the mind: Thought experiments in the natural sciences*. Routledge.
- Cohen, I. B. (1967). Galileo, Newton, and the Divine Order of the Solar System. En E. McMullin (Ed.), *Galileo, Man of Science* (pp. 207-231). Basic Books.

- Crombie, A. C. (1976). *Historia de la Ciencia de San Agustín a Galileo. Vol II*. Alianza.
- El Skaf, R. (2018). The function and limit of Galileo's falling bodies thought experiment: Absolute weight, Specific weight and the Medium's resistance. *Croatian Journal of Philosophy*, 18(52), 37-58.
- Eötvös, R., Pekár, D., & Fekete, E. (1922). Beiträge zum gesetze der proportionalität von trägheit und gravität. *Annalen der Physik*, 373(9), 11-66.
- Galilei, G. (1980). *Dialogo sobre los sistemas máximos [Dialogo sopra i due Massimi sistema del mondo]*. Aguilar. (Obra original publicada en 1632)
- Galilei, G. (2003). *Diálogo acerca de dos nuevas ciencias [Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze.]*. Losada. (Obra original publicada en 1638)
- Gendler, T. S. (1998). Galileo and the indispensability of scientific thought experiment. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 49(3), 397-424.
- Grundmann, T. (2017). Platonism and the a priori in thought experiments. En M. T. Stuart, Y. Fehige, & J. Brown (Eds.), *The Routledge companion to thought experiments* (pp. 293-308). Routledge.
- Koyré, A. (1978). El *De motu Gravium* de Galileo. En *Estudios de historia del pensamiento científico. Siglo XXI*.
- Koyré, A. (1981). *Estudios galileanos (2.ª ed.)*. Siglo XXI.
- Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. Freeman.
- Mondragón, D. (2020). *Experimentos mentales en ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Newton, I. (1993). *Principios matemáticos de la filosofía natural [Philosophiæ naturalis principia mathematica]*. Altaya. (Obra original publicada en 1687)
- Norton, J. D. (1996). Are thought experiments just what you thought? *Canadian Journal of Philosophy*, 26(3), 333-366.
- Palmieri, P. (2005). 'Spuntar lo scoglio più duro': Did Galileo ever think the most beautiful thought experiment in the history of science? *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 36(2), 223-240.
- Popper, K. (1967). *La lógica del descubrimiento científico*. Tecnos.
- Roll, P. G., Krotkov, R., & Dicke, R. H. (1964). The equivalence of inertial and passive gravitational mass. *Annals of Physics*, 26(3), 442-517.
- Will, C. M. (1993). *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. Cambridge University Press.

# ¿Epistemológica o histórica?

## La Historia y Filosofía de la Ciencia en una nueva tensión

Juan Andrés Queijo Olano<sup>1</sup>

Recibido: 26 de junio de 2020

Aceptado: 10 de junio de 2021

---

**Resumen.** Refundado desde el Instituto Max Planck, el programa conocido como Epistemología Histórica (EH) se erige como uno de los más reconocidos movimientos para el tratamiento de la vieja práctica epistemológica. Este nuevo movimiento, que pretende involucrar tanto a la Historia como a la Filosofía en el estudio de la práctica científica, ha generado un ambiente de discusión donde las críticas no demoraron en aparecer. La tensión central que provocó no es otra que la que se produce cuando, una vez más, se pone en disputa la definición de lo que la ciencia es, hace o debería hacer. Este trabajo tiene el propósito de identificar los programas filosóficos que históricamente se han dado detrás de esta etiqueta y eleva una serie de advertencias sobre la nueva epistemología histórica y el proyecto filosófico y político que parece esgrimirse desde sus silencios.

**Palabras clave:** Epistemología Histórica, Lorraine Daston, Lorenz Krüger, Historia y Filosofía de la Ciencia

**Title:** ¿Epistemological or historical? The History and Philosophy of Science through a new tension

**Abstract:** Historical Epistemology (HE) is one of the most recent recognized programs in the History and Philosophy of Science, mainly since its refoundation from the creation of the Max Planck Institute for the History of Science. This new movement, which aims to involve both History and Philosophy in the study of scientific practice, has generated an atmosphere of discussion and some philosophers have exposed their concerns about it. The central tension that it caused involves a revival of an old questions about the nature of Science and which disciplines should take care of this fundamental question. This work has the purpose of identifying the philosophical background behind the HE label, in order to raise up a series of warnings about the new HE and the philosophical and political project that seems to be shadowed in the silence about that fundamental question.

**Keywords:** Historical Epistemology, Lorraine Daston, Lorenz Krüger, History and Philosophy of Science

---

---

<sup>1</sup> Universidad de la República, Uruguay.

✉ [juan.queijo@gmail.com](mailto:juan.queijo@gmail.com) |  0000-0001-9461-8749

Queijo Olano, Juan Andrés. (2021). ¿Epistemológica o histórica? La Historia y Filosofía de la Ciencia en una nueva tensión. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6(1), 88–104.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/29177>





## 1. Introducción

En su artículo *Naming without necessity*, el filósofo canadiense Yves Gingras despliega un análisis sobre la *Epistemología Histórica* (entendiendo con este nombre al movimiento que se instaló desde el Max Planck Institute para la Historia de la Ciencia en Berlín), a partir de dos niveles diferentes de reflexión. Por un lado, desde lo que podría denominarse una *lógica publicitaria*; por el otro, mostrando cómo detrás de esa lógica nada nuevo se esconde. Así, la crítica de Gingras parece ocuparse de dos aspectos de diferente tenor: lo que llama la etiqueta académica de la nueva *Historical Epistemology*; y por el otro, la carente novedad de dicho movimiento, al cual se le pueden establecer antecedentes claros y definidos.

Gingras comienza su reflexión indagando sobre la necesidad de las etiquetas, o “marcas”, en el mundo académico, y cómo el caso de la Epistemología histórica se muestra como un ejemplo característico de este fenómeno.

Bien escogida o no, una etiqueta es también una forma de introducir una marca en el mercado de las ideas. Los promotores pueden editar dossiers especiales de revistas, organizar conferencias, escuelas de verano o coloquios avocados a la nueva etiqueta. La reciente discusión de la etiqueta “historical epistemology” nos provee de un interesante ejemplo de *branding* en el campo (anglosajón) de la historia y la filosofía de la ciencia. (Gingras, 2010, p. 441)<sup>2</sup>

La *Epistemología Histórica* sería ante todo, según Gingras, una marca que ha sabido ser promovida desde los años noventa por un grupo de historiadores de la ciencia. Esta es la primera crítica, más de forma que de contenido, que el autor hace sobre el movimiento: colocar el trabajo científico-académico de esta comunidad del Max Planck dentro de los ejercicios clásicos del marketing académico.

En el segundo tipo de crítica que ejerce sobre este movimiento, Gingras afirma que esta nueva marca, por un lado, parece olvidar en su promoción la existencia de una raíz anterior en la tradición epistemológica del siglo XX. ¿Cuál es esa raíz? Por un lado, la conocida tradición francesa, que nos remonta hasta la figura de Gaston Bachelard, y más precisamente, a la forma en la que Dominique Lecourt ha llamado a esa peculiar forma de hacer epistemología. Esta parece ser la raíz más reconocida de este nuevo movimiento, sobre todo a partir del impacto que recibieron autores como Geroges Canguilhem o Michel Foucault, quienes reconocieron explícitamente insertarse en esa tradición de epistemología francesa.

Como bien sabrá todo aquel familiarizado con la historia de la filosofía de la ciencia francesa del siglo XX, la expresión francesa “*épistémologie historique*” es una etiqueta que claramente identifica una tradición francesa en epistemología donde las reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia son hechas en estrecha relación con el análisis de casos históricos. (Gingras, 2010, p. 441)

Pero también es verdad que, por otro lado, Gingras nos advierte sobre otra herencia, menos reconocida, y que si bien mantienen su raigambre marxista (como la tradición francesa), se apropia del concepto de “historical epistemology” para referir a un

---

<sup>2</sup> Las citas de este trabajo han sido traducidas al español por el autor. Se han respetado los énfasis y puntuaciones del original en todos los casos.

tipo de trabajo académico en filosofía e historia de la ciencia. Se trata de la raíz que puede remitirnos al filósofo norteamericano Marx Wartofsky, uno de los primeros en llevar adelante una epistemología historizada en la tradición anglosajona, así como a otro filósofo marxista, el polaco Jerzy Kmita, quien editó un trabajo en 1980 que fue traducido como *Problems on Historical Epistemology*. O, aún más colateralmente, al trabajo de otro filósofo polaco llamado Leszek Nowak también pareció entender a la epistemología con bases históricas y marxistas. Y se vuelve importante remarcar el énfasis epistemológico que Gingras rescata de estas tradiciones.

Claramente aquí el argumento [refiriéndose a la epistemología promovida por Wartofsky] trata sobre un tipo de epistemología, no sobre un tipo de historia. (Gingras, 2010, p. 443)

A modo de resumen, se podría juzgar que en el análisis de Gingras lo menos relevante está en esta denuncia de una supuesta falta de novedad del nuevo movimiento. Con mayor o menor profundidad, es bastante obvio ver que esta nueva manifestación alemana no se produce de la nada. Lo que sí parece importante, me parece, es el tipo de transformación que se sucede en el terreno de la Historia y Filosofía de la Ciencia, con la entrada de la *Historical Epistemology* “alemana”. En otras palabras, y yendo al punto: si la epistemología histórica francesa, o la de Wartofsky, o la de Kmita, se desarrollan como siendo parte de los estudios filosóficos, la transformación que sobreviene con una Epistemología Histórica al modo en que es practicada en el Max Planck, obedece más a los designios del campo de la Historia.

Al igual que Lecourt y Wartofsky, Kmita usa la expresión [epistemología histórica] para caracterizar una intervención en el campo de la filosofía, no en el campo de la historia. (Gingras, 2010, p. 443)

Es claro que esta acusación contra la nueva Historical Epistemology, la de ser más histórica que filosófica, no puede ser aceptada ligeramente. ¿Es meramente histórico el trabajo de Lorraine Daston, o el de Hans-Jörg Rheinberger? ¿Es simplemente histórico el tipo trabajo de Lorenz Krüger? Claramente no. Una de las formas que caracteriza a esta nueva expresión de la investigación es su abierto y declarado carácter plural e interdisciplinario. Por eso, creo yo, más que ocuparnos de nombres y adscripciones disciplinares, deberíamos analizar otro aspecto más vital, más fundamental de la Epistemología Histórica contemporánea: el tipo de ciencia que defiende.

Este trabajo intenta eso. Desentrañar, más allá de los usos de la etiqueta, lo que ha implicado y actualmente implica asumir una *Epistemología Histórica* como forma de aproximación a la ciencia. Para eso, analizaré las fuentes marxistas de la *Epistemología Histórica* e intentaré presentar cómo estas fuentes, más que otorgarle un pasado a la etiqueta actual, significaron una forma diferente de aproximarse a la ciencia, que viene a ser transformada por esta nueva vertiente.

## 2. Las formas marxistas de la Epistemología Histórica

### 2.1. La *Épistémologie Historique* de Dominique Lecourt

Si bien Lecourt suele atribuir esta idea de una *Épistémologie Historique* a la tríada conformada por la obra de Gaston Bachelard, Georges Canguilhem y Michel Foucault, podríamos decir que es el propio Lecourt quien construye esta perspectiva

epistemológica. Fue la mirada atenta sobre ciertos aspectos de la obra de estos tres autores, tan distintos, y el reconocimiento de que existe a pesar de esa diferencia, un elemento que puede vertebrar una perspectiva, un movimiento, una tradición, lo que lo llevó a establecer la etiqueta de la *épistémologie historique*.

En su libro de 1972, *Pour une critique de l'épistémologie: Bachelard, Canguilhem, Foucault* —traducida al inglés como *Marxism and Epistemology*—, Lecourt dice que —por varias razones que enumera pero que no voy a citar aquí— “[esas] razones hacen inexacto decir, con respecto a estos autores [Bachelard, Canguilhem, Foucault], que pertenecen a una «escuela» epistemológica” (Lecourt, 1987, p. 8); pero que a pesar de estas razones, se puede constituir un rasgo común en los tres, que es “más real y profundo, [y que] constituye su punto de acuerdo y proviene de su «posición» común en filosofía”.

A partir de dos formas, una negativa y otra positiva, podemos acercarnos a esta tradición epistemológica francesa. La forma negativa, define a esta epistemología histórica como un “*no-positivismo*” radical y deliberado. Sin lugar a dudas, el anti-positivismo fue, más que una escuela, un “espíritu de época”, a veces fundado en posiciones románticas, otras más vitalistas, otras nacionalistas, etc. Es decir, en todo caso, la *Épistémologie Historique* francesa que nos presenta Lecourt sería una de las tantas reacciones que suscitó el neopositivismo. Por eso es necesario ir más profundamente y entender ¿qué implica la posición anti-positivista de la tradición francesa? Ante todo, es una crítica al idealismo que subyace en el positivismo. El supuesto filosófico “idealista” que reconoce Lecourt en la tradición positivista, permitió advertirles a los autores franceses que dicho supuesto.

oculta y revela a la vez, de manera sintomática una realidad que percibimos: el conjunto de las prácticas científicas. Con más exactitud, al atribuir a este conjunto la unidad de una totalidad, este presupuesto «readsorbe» —anula imaginariamente— la realidad de esas prácticas que residen en su *distinción* —cada una tiene su propio objeto, su teoría y sus protocolos experimentales específicos— y en su *desarrollo desigual* —cada una tiene su historia particular [... Y más abajo agrega, de forma clara y contundente:] Ahora sabemos lo que «oculta», en última instancia, el supuesto filosófico idealista del que hablamos: la historia efectiva de las ciencias. (Lecourt, 1987, p. 11)

La *forma positiva* de definir esta epistemología francesa, que va más allá de ese anti-positivismo, o mejor, ese anti-idealismo del positivismo, es que estos autores afirman una “*unión* que reconocen entre la epistemología y la práctica efectiva de la historia de las ciencias” (Lecourt, 1987, p. 14). De cierta forma esta unión, o *unidad*, es el reverso del uso que la Epistemología había hecho de la Historia de la Ciencia, un uso auxiliar, instrumental, sobre el cual se aplicaban los modelos teóricos que la Epistemología edificaba. Desde su mirada, la epistemología francesa que ejecutan Bachelard, Canguilhem o Foucault, representa una forma de entender las condiciones de posibilidad del conocimiento, pero de forma historizada. En otras palabras, la *épistémologie historique* francesa es el reconocimiento de que una forma idealizada de la ciencia oculta lo más vital, esencial y significativo de la empresa científica: su práctica misma, práctica que solo puede ser desentrañada en la Historia. Cuando Rheinberger traza el vínculo de su epistemología histórica con el pensamiento de Bachelard, acentúa en este mismo aspecto:

“La Epistemología Histórica, en este sentido, no tiene solo que ver con la historicidad de las ciencias, pero es en sí misma una empresa histórica” (Rheinberger, 2010, p. 27).

Menos clara es la lectura que Lecourt aporta sobre los vínculos de esta epistemología histórica francesa con el marxismo. Por ejemplo, al analizar la obra de Bachelard, Lecourt señala que: “Gaston Bachelard no era marxista, ni siquiera materialista; se citará, a título de mera información, determinada página del *Rationalisme appliqué* en que el materialismo aparece como una filosofía ‘chata’, ‘abstracta’ y ‘grosera’ (...)” (Lecourt: 1987, p. 19).

Aun así, Lecourt insiste en presentar los vínculos que mantiene el pensamiento de Bachelard con el materialismo. Esta insistencia reside en la idea, grosso modo, de que la negación que Bachelard hace a toda filosofía —constituyente de los obstáculos epistémicos— por obturar la posibilidad de la experiencia directa del conocimiento, se vuelve para Lecourt una nueva filosofía, una filosofía que niega a las teorías del conocimiento.

(...) hay que decir que la epistemología histórica de Gaston Bachelard sigue siendo una no filosofía en la filosofía. Lo cierto es que, por su respeto al materialismo dialéctico espontáneo de la práctica científica nos ofrece elementos preciosos para una teoría de la filosofía y de su historia y que a condición de saber leerla, revela junto con sus inconsecuencias las maneras de reconstruirla para construir una teoría materialista de la historia de las ciencias. (Lecourt, 1987, p. 33)

Respecto a Canguilhem, Lecourt de nuevo aplica el ejercicio de relectura marxista (promovido por Althusser) que en esa época cobraba vigor en el campo intelectual francés, esta vez sobre el trabajo en historia de la ciencia realizado por el autor de *Lo normal y lo patológico*.

(...) la historia de las ciencias tal como la practicaba desde hacía veinte años George Canguilhem era, sin duda alguna, la puesta en marcha más probatoria de las categorías epistemológicas cuya aplicación al materialismo histórico — la ciencia marxista de la Historia— hizo posible la conocida relectura de *El Capital*. (Lecourt, 1987, p. 59)

El análisis que hace Lecourt para ubicarlo dentro de la tradición del materialismo histórico, tiene su punto de apoyo en la obra *La arqueología del saber* (Foucault, 2003), que encuentra decisiva respecto a sus pasadas publicaciones. Este énfasis, Lecourt lo concibe a partir de un cambio en lo que son las categorías que estructuran el problema del conocimiento y el saber. Foucault, en *La arqueología*, según Lecourt, siente la necesidad de

abandonar una categoría esencial de su filosofía (...) la categoría de episteme [que] tenía profundos efectos polémicos contra toda teoría “humanista” o “atropologista” del conocimiento y la historia. (...) Foucault quiere ahora despojarse aquí de los aspectos “estructuralistas” de la episteme, sin por eso volver a cargar con las viejas vestiduras del humanismo que siempre combatió. (Lecourt, 1987, p. 91)

Esta noción de episteme sería un corset en el nuevo planteo foucaultiano, porque restringe la posibilidad de hacer una historia de las ciencias, o mejor, del saber, que trascienda lo que por ese momento se hacía desde la Historia de las Ideas. Para combatir esa historia de las ideas, Lecourt nos dice que el trabajo de Foucault apunta a los tres

elementos constitutivos de aquella disciplina: la idea de *génesis*, remitir el saber a un individuo o comunidad; la idea de continuidad, aquel origen nos muestra una *continuidad* hacia el presente; la idea de *totalización*: existe una homogeneidad en el conjunto de los saberes. Lo que ilumina Lecourt en la citada obra de Foucault, es que el tipo de historia que nos viene a presentar

(...) trata de pensar las leyes que rigen la historia diferencial de las ciencias y las no ciencias, sin referencia a un “sujeto” ni a un “objeto”, fuera de la falsa alternativa “continuidad-discontinuidad”. (Lecourt, 1987, p. 96)

Para ello introduce el concepto de “acontecimientos discursivos”

Antes de habérselas, con toda certidumbre, con una ciencia, o con unas novelas, o con unos discursos políticos, o con la obra de un autor o incluso con un libro, el material que habrá que tratar en su neutralidad primera es una multiplicidad de acontecimientos en el espacio del discurso en general. Así aparece el proyecto de una *descripción pura de los acontecimientos discursivos* como horizonte para la búsqueda de las unidades que en ellos se forman. (Foucault, 2003, p. 43)

Y el punto sustantivo, el énfasis particular que Lecourt recupera de esta noción de acontecimientos discursivos, es el de la materialidad del mismo. Un discurso, sería, ante todo, un artefacto material, con un formato y un soporte, inscrito en una red de acontecimientos discursivos con los cuales se relaciona, y que son a su vez su condición de posibilidad.

(...) problema decisivo [sería] definir “el régimen de materialidad” de lo que llama el discurso, la necesidad correlativa de elaborar una nueva categoría —materialista— de “discurso” y por último la de pensar la historia de este “discurso” en su materialidad. (Lecourt, 1987, p. 97)

Y más adelante agrega: “(...) se manifiesta la necesidad de pensar la historia de los acontecimientos discursivos como estructurada por relaciones materiales que se encarnan en instituciones” (Lecourt, 1987, p. 97).x

A este énfasis materialista del acontecimiento discursivo, se le debe agregar también su carácter *práctico*, si queremos seguir la lectura que Lecourt hace de Foucault. Son estas dos características de la categoría foucaultiana, los que sirven de apoyo para que Lecourt sostenga que el método de la arqueología perfectamente podría haber seguido los designios del materialismo histórico.

Foucault reconoce una dificultad real, cuyos términos y solución pertenecen en principio —y de hecho— al materialismo histórico, y propone un determinado número de conceptos homólogos, aunque desplazados. (Lecourt, 1987, p. 106)

El debate *internalismo/externalismo* en la Historia, propio de las primeras décadas del siglo XX, promovieron revisiones marxistas del pasado, y el trabajo de Lecourt parece inscribirse en esta tradición. Las mismas buscaban ir contra la idealización positivista, lo que supone, como contracara, estar a favor de la epistemología que actúa en la Historia, o como dice Lecourt: “militar por un acercamiento entre la reflexión filosófica y la ciencia tal como se hace” (Lecourt, 2009, p. 74). Es en estos principios de la *épistémologie historique* donde Lecourt pretende sustentar las lecturas de estos autores bajo la lupa del materialismo histórico. Ahora bien, pese a todo esto, Lecourt reconoce que estos intentos

de unión dialécticos entre teoría e historia de la ciencia han fracasado. Y este fracaso, «sin duda inevitable», se debe a que esa tradición francesa no ha reconocido abiertamente —e incluso ha negado— la teoría de donde surge esa nueva epistemología, a saber, el materialismo histórico, «la ciencia marxista de la historia» (Lecourt, 1987, p. 15). Sin querer esgrimir una posición frente a esta lectura que Lecourt hace de autores que manifiestamente no se han colocado bajo la lectura canónica del marxismo, lo que sí se pretende es resaltar aquellos elementos que sirvieron de base para que Lecourt edificara una tradición francesa de la Epistemología Histórica, situada en lo que entendió era la tradición de la ciencia de la historia marxista.

## 2.2. Epistemología Histórica en Estados Unidos

En 1994 se publica un libro de homenaje a Marx Wartofsky, a propósito de sus 65 años. Wartofsky, profesor de City University of New York, es otro de los posibles antecedentes de la Epistemología Histórica de nuestros días. Ya en 1994, Carol C. Gould, filósofa feminista y pareja de Wartofsky decía lo siguiente:

Lo que quizás no ha sido suficientemente remarcado sobre el pensamiento de Marx es el grado en el cual anticipó muchas de las recientes tendencias en filosofía, muchos años antes de que se pusiesen de moda. Por ejemplo, su temprana e innovadora atención con la epistemología histórica y con aproximaciones históricas de la filosofía de la ciencia ha sido imitado recientemente y su análisis de las representaciones y artefactos han sido también reiterados en discusiones actuales. (Gould, 1994, p. x)

Efectivamente, como es puntualizado por Carol C. Gould primero, y luego por Gingras, el uso de la etiqueta “Epistemología histórica” puede encontrar su manifestación en la corta obra de Marx Wartofsky. ¿Quién era este profesor de filosofía? Probablemente lo más reconocido de su obra esté relacionado con la publicación que coordinó durante tanto tiempo junto a Robert S. Cohen, y que tantos números dedicados a lo más actual de la filosofía reunió: la reconocida *Boston Studies in the Philosophy of Science*. Es en esa Universidad donde desarrolla su mayor obra filosófica, pero donde además, si nos guiamos por la “autobiografía académica” del historiador Fritz Ringer, ejerce una importante tarea en la creación del sindicato de profesores, en tiempos donde la autonomía académica se veía constantemente puesta en riesgo por los *Board Trustees* que dirigían las Ivy League. Es decir, cuando nos enfrentamos a la propuesta filosófica de Wartofsky, se trata del pensamiento filosófico de alguien que, además, militó por una práctica académica de reivindicación laboral en contextos extremadamente anti-progresistas.

La epistemología histórica defendida por Wartofsky pretende colocar en un sentido histórico una teoría cognitiva del conocimiento. Grosso modo, se parte del supuesto de que los procesos cognitivos mediante los cuales los seres humanos perciben, son procesos también historizables. Nos dice:

(...) mi idea va más allá, al argumentar que lo que las especies involucran en la percepción, como producto de su evolución biológica, es solo el punto de partida para una epistemología histórica; y que la transformación y el desarrollo de esa herencia genética es una función cambiante históricamente de esa *praxis*; en resumen, que la percepción tiene una historia. (Wartofsky, 1979, p. 191)

¿Cómo es que tiene *historia* un proceso biológico como el de la percepción? ¿No es que siempre se ha percibido de la misma forma? Para Wartofsky la percepción no puede ser concebida en base a un dualismo clásico que separa tajantemente mundo y mente. Para él, la percepción es uno de los “*instrumentales*” del hombre para actuar en la realidad, es un “*modo de acción*”. No es el paso previo a la acción; percibir ya es en sí mismo un modo de acción, y por eso Wartofsky le otorga el status de *praxis*.

Defiendo que en la especie humana, los modos de percepción, o las formas de actividad perceptiva no están únicamente ligados al aparato biológico que ha evolucionado en el curso de la evolución de la especie. Más bien, la propia forma de la actividad perceptiva está ahora moldeada, y ayuda a moldear el entorno creado por la conciencia humana misma. (Wartofsky, 1979, p. 195)

Nucleada en esta epistemología historizada de la percepción, subyace lo que Wartofsky define como *ciencia*, porque *ciencia* es una forma de actividad práctica del individuo en su entorno. Esto se resume en un texto de 1977, que es producto de varios trabajos y críticas del más afamado ambiente filosófico de la época, en los que incluye, sobre todo, a los discípulos de Karl Popper: John Watkins e Imre Lakatos. El título, todo un tópico para la época, es *The Relation Between Philosophy of Science and History of Science*, y significa uno de los trabajos con más marcada impronta política de Wartofsky. Allí no solo se posiciona sobre todo un tema que por ese entonces dividía aguas en el campo, traza los lineamientos generales de su Epistemología Histórica.

La ciencia para Wartofsky es una actividad, un tipo de acción humana que no es otra cosa que el proceso cognitivo (un proceso que se distingue como adquisición de conocimiento, y como la actividad de búsqueda de la verdad). Ese proceso evoluciona históricamente, y esto lo vuelve, por tanto, en una actividad teleológica. Esta forma de acción teleológica, en el caso de la ciencia, es esencialmente teórica, y esto le permite su singularidad respecto de otras formas de *praxis* humanas. O sea: ciencia es *praxis* cognitiva que evoluciona históricamente, es teleológica, y distintivamente teórica.

La epistemología de Wartofsky, que se entiende bajo la tradición de una teoría del conocimiento, puede inscribirse por un lado dentro de los estudios cognitivistas que desde los años sesenta cobraban fuerza entre los estudios académicos, pero por otro lado, ubicándose heredera de la tradición decimonónica marxista:

Mi argumento es por lo tanto parte de un programa más amplio que llamaré Epistemología Histórica, y que debe ser diferenciado de algunos otros programas que se le asemejan, recientemente emergentes en la filosofía e historia de la ciencia —llámese “epistemología naturalista (Dewey, Quine, Campbell) o “epistemología evolutiva” (Piaget, Herrick, Toulmin, Shimony, Yilmaz y de alguna forma Popper y Feyerabend). En términos generales, pero en un sentido aún no especificado, la epistemología histórica es Marxista en su orientación, y precisa ser mejor caracterizada, especialmente respecto a otras miradas contemporáneas que parecen similares —por ejemplo aquella de G. Bachelard, Althusser, Foucault y D. Lecourt, que representan alguna de las discusiones actuales en estos temas que se dan en Francia. (Wartofsky, 1979, p. 121)

El marxismo, en la propuesta de Epistemología histórica de Wartofsky, se cuela —pese a su condición teórica— cuando la adquisición de conocimiento y la búsqueda de la verdad de la ciencia se manifiestan mancomunadas en una *praxis*. Esa *praxis* es la que

contiene la semilla marxista de la transformación histórica. La condición metateórica de una Epistemología Histórica, como la de Wartofsky, es la que permite una crítica y un análisis de las teorías de la percepción, y cómo éstas evolucionan y se relacionan en la Historia de las Ciencias. Pero lo crucial, para los efectos de este trabajo, está en mostrar que, bajo la misma etiqueta de Epistemología Histórica, se había desarrollado ya (en los Estados Unidos), una propuesta que difiere sustantivamente respecto al programa que unas décadas más tarde se desarrollará en Berlín.

## 2.2. Epistemología Histórica en Polonia

La última propuesta de Epistemología Histórica a la que haré referencia es la del filósofo polaco Jerzy Kmita. Cuando Steve Fuller hace una reseña de su libro *Essays on the Theory of Scientific Cognition*, presenta el proyecto de Kmita como el

original intento de un filósofo analítico de tomarse seriamente la idea (atribuida a Marx y Engels) de que todo conocimiento sistemático —ciencia— en un amplio sentido— es social e históricamente fundado. (Fuller, 1992, p. 373)

Si bien las estrategias de fundamentación distan mucho de lo que, por ejemplo, cuentan como bases en la *épistémologie historique* francesa, también es claro que se trató de un nuevo intento de posguerra de ir contra el idealismo del positivismo lógico. Se trata, como el propio Kmita establece, de caminar en los rumbos que oficialmente se han dado en la filosofía de la ciencia a partir de la segunda mitad del siglo XX, donde el historicismo parece ser la condición necesaria de cualquier enfoque. Entonces lo que parece querer hacer Kmita es ver cómo ciertos procesos cognitivos —que en Wartofsky son individuales— pueden entenderse socialmente (obedeciendo así ciertas reglas del materialismo histórico). La filosofía marxista, hacia finales de los ochenta, representa para Kmita el único proyecto que puede aspirar a la tarea de defender un historicismo teorético de la ciencia.

El punto en cuestión es intentar ver cómo poder fundamentar esa suerte de contradicción intrínseca entre un *historicismo* y la función *teorética* de la filosofía. Cómo pensar la ciencia desde sus características más abstractas y, al mismo tiempo, desde su historicidad más práctica. Para enfrentarse a este *gap*, Kmita reflexiona sobre las formas del *historicismo* y pretende, de forma poco usual, hacer un uso de esta expresión que restrinja la posibilidad abierta a un relativismo radical. En tal sentido, cuando Kmita refiere al *historicismo* se trata de un *historicismo gnoseológico*, esto es, una forma de conocimiento historizada. El historicismo puede ser usado como un marco conceptual, o de forma muy concreta. Es lo que el autor reconoce como una diferencia entre un *historicismo teorético* y un *historicismo factográfico*, o mejor, como las formas más generales y conceptuales de definir una serie de normas y directrices metodológicas que están ancladas a hechos históricamente constatables. Esta distinción entre lo teorético y lo factográfico se vuelve relevante en tanto que defiende

la tesis de que la teoría del conocimiento científico es una disciplina histórica, [y] tiene consecuencias solo cuando es acompañada por preceptos adicionales que establecen con mayor precisión la actitud de defensa del historicismo en general, y de un historicismo de un tipo particular. (Kmita, 1988, p. 4)



Una versión radicalizada de este tipo factográfico de historicismo establecería, por ejemplo, la sola imposibilidad de poder formular cualquier tipo de leyes para describir un fenómeno científico. Ante esto, Kmita supone tanto la necesidad de tener un *historicismo* con fuerte raigambre empírica, *factográfica*, pero con la posibilidad también de trazar algunos vuelos teóricos, que permitan hacer descripciones un tanto más generales y universales de las que suelen ser restringidas por un historicismo radicalizado. [dice]

Desde que la ciencia, sin mirar si es entendida como un tipo especial de praxis social o como una forma de conciencia social funcionalmente relacionada con la práctica, ciertamente pertenece a la esfera de los fenómenos sociales, la teoría de los conocimientos científicos está sujeta a las normas del historicismo teórico, y por lo tanto debe asumir un materialismo histórico. (Kmita, 1988, p. 9)

Los intentos de Kmita son los de establecer analíticamente la forma por la cual podemos fundar una epistemología socialmente cognitiva, apoyada en la historia, superando así las preocupaciones del psicologismo. Por eso, una y otra vez, propone que la Epistemología Histórica tiene una base social, y la mejor forma de reconocer la base social de la Historia ha sido el materialismo histórico. Quitarle el peso al individuo y depositarlo en lo social: ese es el tono historicismo que se plantea, teniendo como referencia las bases “factográficas” del conocimiento científico.

Epistemología cognitiva marxista es cognición teórica-historicista. (Kmita, 1988, p. 9)

### 3. La nueva Epistemología Histórica

Recorrido someramente el pensamiento de estos autores, que son tres claros antecedentes del uso de la etiqueta *Epistemología Histórica*, resta volver a las dos preocupaciones iniciales y filosóficamente más sustantivas: ¿existe en estos antecedentes una raíz que nos remita al actual movimiento de la *Historical Epistemology* alemana? ¿Dónde cabría ubicar a esta nueva forma de epistemología histórica: es una disciplina en el campo de la Filosofía de la Ciencia o de la Historia de la Ciencia? Intentemos ordenar las respuestas:

i) La Epistemología Histórica ha sido una respuesta de época, ubicada en los albores de la posguerra, y que sobre todo se erige como alternativa contra la filosofía neopositivista de la ciencia. Este parece ser uno de los pocos elementos que pueden aunar estas tres expresiones epistemológicas que, pese a usar el mismo sello, tienen en su contenido propuestas bastante diferentes entre sí. Pero lo que sí es común en estas tres miradas, es su rechazo a lo que puede denominarse una manifestación *idealizada de la ciencia* que es generalmente asociada con la filosofía neopositivista y los preceptos del Círculo de Viena. Aun considerando sus más evidentes divergencias, tanto el propósito de Lecourt como “creador” de la tradición francesa, así como en el caso de Wartofsky y de Kmita, los postulados ven en la posibilidad de historizar los estudios de la ciencia una forma de rechazo a la idealización de los programas de la *received view*.

ii) Si nos atenemos a la ruta histórica presentada, no cabe duda alguna de que la Epistemología Histórica ha sido, sobre todo, una forma de trabajo en el campo de la Filosofía. En todos los autores que se han analizado, así como en otros donde el

pensamiento va por estos mismos caminos, pero sin hacer uso del término *historical epistemology* (pienso en otro polaco, como Lezlek Nowak, 1980), la discusión sobre la posibilidad de una epistemología histórica se enmarca en una serie de discusiones propias del campo filosófico. De forma más concreta, este antipositivismo se asoció a posturas sobre ciertos problemas propios de la Filosofía de la Ciencia de comienzos de siglo, como por ejemplo: la relación de las verdades particulares (históricas) con las leyes en Ciencia (teoreticismo), la relación conceptual entre Historia de la Ciencia y Filosofía de la Ciencia, el papel de la Historia en la construcción del conocimiento humano, etc.

iii) Finalmente, la *Epistemología Histórica*, en las diferentes vertientes y manifestaciones que hemos revisto, ha sido explícitamente presentada como heredera del marxismo, en tanto pretende atender especialmente cómo influye la construcción material (históricamente condicionada) en la producción de conocimiento. El materialismo histórico, como ciencia de la historia, sirve de base para cada una de estas tradiciones en al menos dos sentidos claros: un apego a la *materialidad* de lo que constituye la ciencia, y un énfasis acentuado en la condición *práctica* de la ciencia.

¿Cumple alguno de estos requisitos la actual Epistemología Histórica del Max Planck Institute? Si comenzamos con el último de ellos, parece ser claramente discutible el vínculo que pueda unir a la Epistemología Histórica más reciente con una perspectiva de corte marxista. Ni sus autores, ni los estudios por ellos realizados han manifestado tal lectura.

Respecto al segundo punto, relativo a la relación con la concepción heredada de ciencia, la respuesta también parece ser inequívoca. Si bien el programa berlinés ya no precisa —como sí lo precisaban las propuestas anteriores— referir su propuesta como una respuesta directa a los preceptos normativos del positivismo lógico, tampoco parece erigirse como una respuesta a este o como una continuidad del mismo. Más propicio sería indicar que la Epistemología Histórica más reciente parece querer fundarse como un programa de integración de diferentes disciplinas, y en tal sentido su diálogo directo parece haber estado indicado por las discusiones con propuestas como la de los *Science Studies*.<sup>3</sup>

Menos claro parece ser el primer punto, porque la nueva Epistemología Histórica, que se establece y se da a conocer como un programa cohesionado, muestra importantes diferencias a este respecto en su interior. Si seguimos la producción de Lorraine Daston, es claro que el acento enfático de su producción yace en la *Historia*. Los estudios conceptuales sobre *la objetividad, la prueba, la evidencia, la probabilidad*, característicos de esta nueva propuesta historiográfica, remiten a la idea de que estos conceptos, aunque muestran cambios a lo largo del tiempo, se sostienen a través del devenir largo de la historia de la ciencia. De cierta forma, al remitirlos como conceptos que van estructurando la actividad científica y que continúan —hasta nuestros días— como *conceptos organizadores*, los mismos deben entenderse en un nivel de abstracción más elevado y constante que cualquier práctica científica. Quizás no sea tan claro este énfasis en un autor menos divulgado, como fue Lorenz Krüger. En mucha de su producción, si

---

<sup>3</sup> En 2009 Lorraine Daston publica un duro artículo sobre el papel de los *Science Studies* en la historia de la ciencia (Daston, 2009), que merece una atenta respuesta de Peter Dear y Sheila Jasanoff (Dear & Jasanoff, 2010).

bien la historia conceptual de la ciencia aparece como una herramienta sustantiva del trabajo, el mismo reviste siempre de elementos filosóficos (sobre todo compromisos ontológicos), que no parecen tan claros en la obra de Daston.<sup>4</sup> Este matiz, no menor, lo acerca más a autores como Ian Hacking, quien siempre ha querido evitar quedar dentro del rótulo de la Epistemología Histórica, diciendo que esta forma de trabajo es una meta-epistemología histórica, y categorizando su propio trabajo como una *Historical Ontology*.

Finalmente le cabe a la Epistemología Histórica de nuevo cuño la pregunta sobre en qué campo disciplinar se puede inscribir. Es claro que sus proyectos marcan una nueva agenda, una agenda que no continúa con las interrogantes de la Historia y la Filosofía de la Ciencia. Aunque en un análisis más fino, podremos ver que, si bien esta nueva práctica de Epistemología Histórica no tiene que ver con las viejas prácticas que se encerraban bajo la misma etiqueta, sí tendrá que ver con el pensamiento que se instala en el giro historicista de la Filosofía de la Ciencia, continuando de forma acentuada los postulados que dejó Kuhn en su obra más emblemática. En otras palabras, la construcción de la nueva Epistemología Histórica es, ante todo, una apuesta hacia la Historia de la Ciencia. Daston ha definido su forma de trabajo en un párrafo bastante reconocido:

Aquello que entiendo por Epistemología Histórica es una historia de las categorías que estructuran nuestro pensamiento, que modelan nuestra concepción de la argumentación y de la prueba, que organizan nuestras prácticas, que validan nuestras formas de explicación y que dotan cada una de esas actividades de un significado simbólico y de un valor afectivo. Esa epistemología histórica puede (y, de hecho, ella debe) remitir a la historia de las ideas y de las prácticas como también a la historia de los significados y los valores que constituyen la economía moral de las ciencias. (Daston, 2017 p. 71)

Indudablemente, el término que abunda y redundante es *historia*. La nueva Epistemología Histórica parece ser más histórica que epistemológica. En la preocupación kuhniana sobre la relación entre Historia y Filosofía de la Ciencia, el legado que toma Daston es decididamente por la reivindicación histórica. La historia de los conceptos, tal como ha sido establecida en trabajos como los reconocidos sobre la *probabilidad*<sup>5</sup> o la *objetividad*<sup>6</sup>, asombran por su inmensa capacidad de reunir fuentes documentales de cada periodo, para sustentar los cambios a los que dichos conceptos son sometidos, mostrando así tanto su permanencia como sus transformaciones, pero nada dicen sobre qué condiciones generales son posibles para dichas transformaciones así como para sus llamadas “emergencias”. Lograr explicaciones que superen los contextos de época requiere algún tipo de compromiso metafísico que no parece ser de interés en el trabajo de Daston. Krüger parece menos reticente en este punto, y en tal sentido también lo ha sido Hacking (siendo que ambos no han sido los nombres de referencia de la nueva Epistemología Histórica).

<sup>4</sup> Krüger ha preferido el uso de la expresión *ontological history* para definir el tipo de relación que la historia puede fundar con el conocimiento científico. (Krüger, 1978/2005)

<sup>5</sup> (Krüger, Daston, & Heidelberger, 1987).

<sup>6</sup> (Daston, & Galison, 2007) Para ahondar en el debate sobre la epistemologización histórica del concepto de objetividad se sugiere la lectura de la reseña *Objectivity in historical perspective* (Dear, Hacking, & Jones, 2012)

Quisiera, llegado a este punto, mostrar brevemente un punto en común en las propuestas de Krüger y Daston: su continuidad del proyecto historicista kuhniano. Con motivo de los cincuenta años de la *Estructura de las revoluciones científicas*, se editó un libro donde varios autores reflexionaron sobre el impacto de la obra más importante en el campo de la Filosofía de la Ciencia. Allí, Lorraine Daston, una de las compiladoras, escribe un artículo llamado *Structure* que se propone discutir

(...) tres tesis: primero, que el historicismo ha triunfado sobre las estructuras de forma tan rotunda que la historia de la ciencia pronto verá disolver su propio objeto de estudio; segundo, que abandonar la estructura también significa abandonar los fuertes lazos con la filosofía y la sociología de la ciencia, al menos en el corto plazo; y tercero, que sin embargo hay un considerable potencial en al menos una de las estructuras de Kuhn que reconecten completamente una historizada historia de la ciencia con esos campos que una vez fueron tan familiares. Pero esto conlleva el costo de repensar lo que es una estructura. (Daston, 2016, p. 118)

Para los propósitos de la mirada que intento sostener aquí, me parece suficientemente significativo que Daston acompañe el historicismo anunciado por Kuhn, como la forma en la que el propio concepto de *Estructura* se va deflacionando, y junto con él, la filosofía y la sociología de la ciencia. En este sentido, el triunfo kuhniano sería el triunfo de una Historia de la Ciencia que reside en los Departamentos de Historia (no ya en los de Filosofía), que atiende con mayor rigurosidad a los hechos, datos y archivos de las ciencias; que aborda a las ciencias en su pluralidad y abandona toda idea de unidad, y que, finalmente, agranda sus alcance y poderío en la medida en que la filosofía y la sociología de la ciencia van perdiendo el suyo. En todo caso, la resolución de la clásica tensión esencial entre filosofía de la ciencia e historia de la ciencia, por la vía de los hechos va viendo extinguir la primera en favor de la segunda. La nueva Epistemología Histórica sería —para Daston— el proyecto que atiende a esa nueva forma de repensar la estructura, esto es, otorgarles a los conceptos, a los objetos epistémicos, el carácter más trascendental que permita combatir la atomización de narrativas históricas inconexas.

Lo mismo puede pensarse en la perspectiva de quien precediera brevemente a Daston en este nuevo impulso académico: Lorenz Krüger. En el ensayo ya citado, Krüger retomaba una de las tensiones que había dejado “sueltas” Kuhn y que obedecen a la herencia que tanto él como Daston deciden recoger. En este artículo aparecía el siguiente dilema:

“Estamos enfrentando el siguiente dilema: primero, la ciencia se dice ser un fenómeno esencialmente histórico, por lo tanto, para *entenderla* adecuadamente requiere del conocimiento de su (verdadera) historia. Pero segundo, hacer ciencia adecuadamente requiere actuar como si no fuera esencialmente histórica, donde “no ser esencialmente histórica” quiere decir que la tradición formativa de la investigación y la teoría pueden ser destruidas, una nueva tradición establecida y así *justificada en sus propios términos* (...) Ambas premisas parecen ser igualmente verdaderas. (Krüger, 1978/2005, p. 222)

Si uno intentase analizar análogamente cómo tanto Krüger como Daston interpretan esta tensión kuhniana, podríamos fácilmente decir lo siguiente: lo que en Daston se llama *Estructura* y que remite a las formas fijas en las que perdura la ciencia,

está asociado en Krüger a ese hacer de la ciencia que esencialmente es no-histórico. Sin embargo, a eso se contraponen, en ambos autores, la tensión historicista que pretende explicar la ciencia por medio de situarla en sus contextos y épocas. Krüger rápidamente coloca una respuesta ante tal dilema: la salida será que la visión de la ciencia como un fenómeno histórico debe ser la misma para el científico, para el historiador y para el filósofo de la ciencia. Esto puede decirse de otra forma: será el historicismo, la Historia de la Ciencia, la que deba remitir el verdadero relato de lo que la Ciencia es, tanto para historiadores como para filósofos y los propios científicos. El relato de la ciencia es parte de la Historia de la Ciencia.

#### 4. Advertencia final

¿Por qué, entonces, reflexionar sobre la *Epistemología Histórica* contemporánea? ¿Qué tiene de importante, además de su extremado reconocimiento mundial? ¿Cuánto importa, finalmente, si esta epistemología se funda más en la Historia que en la Filosofía? Probablemente muy poco. El “éxito” y reconocimiento del trabajo de esta nueva forma de epistemología histórica se ha debido, en gran parte, a mantenerse alejada de las típicas disputas académicas sobre etiquetas y movimientos filosóficos, con las conocidas acusaciones cruzadas que suelen caracterizar, *grosso modo*, la forma bajo la cual se ha desarrollado el campo de la Filosofía de la Ciencia. Por el contrario, podría decirse que la nueva Epistemología Histórica no discute filosóficamente, sino más bien hace históricamente, es decir, alimenta los argumentos de su programa en base a nuevas investigaciones históricas que sirven de base para el sostén teórico del marco filosófico general.

Ahora bien, del hecho que no se presenten argumentos filosóficos para su defensa, y se recurra más a trabajos históricos como una herramienta de justificación, no se debería concluir que la posibilidad de poder analizar el trabajo que allí se está realizando ha quedado inhibida. Muy por el contrario, permitírnos el análisis y solicitar argumentos —si bien no nos conducirá a una discusión filosófica— sí nos permitirá, al menos, estar *advertidos*.

¿“*Advertidos*”? ¿De qué? Se me ocurren, al menos, dos razones sobre las cuales estar atentos respecto a este movimiento que parece estar transformando el campo de la filosofía de la ciencia. La primera, que se desprende de lo que ya se ha dicho, es la advertencia sobre el papel que la filosofía ocupa en este nuevo movimiento académico de estudios sobre la ciencia. Partiendo de la idea de que se desarrollan interdisciplinariamente, con metodologías plurales, fuertemente basados en el poder de los archivos, la nueva *Epistemología Histórica* muestra las grietas de su programa cuando uno le coloca las preguntas propias de la filosofía de la ciencia. Esto no quiere decir que la filosofía quede relegada al costado del camino en este nuevo movimiento. Muy por el contrario, suelen brindarse explícitas manifestaciones de aprobación sobre la importancia de la filosofía en este nuevo movimiento, y más aún, vemos que la supuesta unidad en la Epistemología histórica berlinesa suele resquebrajarse en este punto, cuando algunos autores se permiten indagar en ontologías historizadas (Küger, 1984; Hacking, 2010), en metafísicas historizadas (Daston, 2000) o epistemologías historizadas ya citadas. Esta atomización de posturas nos muestra que el factor unificador de la etiqueta está en su carácter historicista. Los filósofos de la ciencia pueden aportar al

trabajo interdisciplinario que se despliega en la epistemología histórica actual, pero lo que sí parece haber quedado olvidado es el tipo de problemas que la filosofía tradicionalmente ofrecía. De cierta forma, la filosofía que defiende la nueva epistemología histórica está fuertemente devaluada en sus pretensiones, que no son más que las de acompañar al conjunto de disciplinas que nos pueden permitir conocer más sobre la historia de la ciencia. Es decir, no parece tener más sentido preguntarse por los criterios de demarcación, por las definiciones de lo que se considera ciencia, por la tensión entre la producción de conocimiento en ciencias naturales, sociales y humanas. La nueva Epistemología histórica justifica sus criterios en sus trabajos, en la forma decididamente histórica de explicar la construcción de conocimiento, sin preocuparse por pronunciarse sobre el valor del conocimiento producido. En otras palabras, no hay pronunciamiento filosófico sobre el conocimiento, ni la filosofía ocupa el espacio de quien nos garantizaría tal posibilidad.

Esto último nos acerca a la segunda cuestión, más política, de la cual deberíamos estar advertidos. Creo que para indicar mejor en qué consiste esta segunda cuestión, se puede recurrir a lo que Wartofsky señala —en el texto ya mencionado—, sobre las relaciones entre historia de la ciencia y la filosofía de la Ciencia. Allí dice Wartofsky, como en una sentencia:

la concepción de la ciencia, y la actividad de la ciencia —si se quiere, la ontología de la ciencia, lo que la ciencia es—, eso es lo que está en cuestión; y esa concepción debe ser cuestionada (Wartofsky, 1979, p. 199)

Como en un *déja vú* las inquietudes de Wartofsky resuenan como preguntas que alguna vez creímos haber oído, pero no podemos reconocer ni cuándo, ni de quién, ni cómo. De lo que se trata en última instancia —podríamos continuar el pensamiento del filósofo norteamericano—, es determinar lo que entendemos por ciencia, lo que la ciencia es y hace. Todo estudio sobre la ciencia debiera tener presente esta cuestión central, primera y articuladora.

Al obviar todo tipo de discusión filosófica sobre criterios, valoraciones, y juicios sobre lo que es y debe ser la ciencia, la nueva Epistemología histórica permanece ausente en estos asuntos. ¿Esto implica necesariamente que no hay posición sobre estas preguntas? Explícitamente o no, todo estudio sobre la ciencia implica una posición sobre *lo que es la ciencia*, y esta máxima le cabe a la nueva Epistemología histórica. Siempre hay una definición de ciencia detrás de todo programa histórico y filosófico de la ciencia. Y en este caso, podemos estar advertidos que, al quitar del medio a la filosofía, lo que se quita del medio con ella es también toda forma de cuestionamiento a la actividad científica, en sus diferentes niveles: social, cognitivo, político, etc. De forma más directa y clara, al quitar a la filosofía del medio se está, sobre todo, abandonando la capacidad crítica sobre lo que entendemos por ciencia y conocimiento científico, dejando que esas definiciones queden exclusivamente en manos de quienes hacen ciencia y aquellos que reconstruyen esas narrativas a partir de la historia. Si alguna disciplina podía discutirle a la ciencia lo que ella era o hacía, ahora esa discusión parece ser innecesaria. Si la Epistemología histórica alemana, como programa, no tiene nada para decir al respecto, podemos al menos estar seguros de algo: la ciencia actual no está encontrando voces que la cuestionen.

## Referencias

- Dear, P., & Jasanoff, S. (2010). Dismantling boundaries in science and technology studies. *Isis*, 101(4), 759-774.
- Dear, P., Hacking, I., Jones, M. L., Daston, L., Galison, P. (2012). Objectivity in historical perspective. *Metascience*, 21, 11–39.
- Daston, L. (2000). Introduction. The coming into being of scientific objects. En *Biographies of scientific objects* (pp. 1-14). Univ. of Chicago Press.
- Daston, L. (2009). Science studies and the history of science. *Critical inquiry*, 35(4), 798-813.
- Daston, L. (2017). *Historicidade e objetividade*. Liber Ars.
- Daston, L., & Galison, P. (2007). *Objectivity*. Princeton University Press.
- Foucault, M. (2003). *La arqueología del saber*. Siglo XXI.
- Fuller, S. (1992). Reviewed Work(s): Essays on the Theory of Scientific Cognition by Jerzy Kmita and Jacek Holówka. *Isis*, 83(2), 373.
- Gingras, Y. (2010). Naming without necessity. *Revue de synthèse*, tome 131, 6e série, n° 3, 439-454.
- Gould, C. C., Cohen, R. S., (Eds.). (1994). *Artifacts, Representations and Social Practice. Essays for Marx Wartofsky*. Springer.
- Hacking, I. (1999). Historical meta-epistemology. *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Philologisch-historische Klasse*, (231), 53-77.
- Hacking, I. (2002). Historical ontology. En *In the scope of logic, methodology and philosophy of science* (pp. 583-600). Springer.
- Kmita, J. (1991). *Essays on the theory of scientific cognition*. PWN-Polish Scientific Publishers.
- Kmita, J. (1998). *Problems in Historical Epistemology*. PWN-Polish Scientific Publishers.
- Krüger, L. (1978/2005). Does a Science need Knowledge of its History? En T. Sturm, W. Karl, & L. Daston. (2005). *Why Does History Matter to Philosophy and the Sciences? Selected Essays of Lorenz Krüger* (pp. 221-231). Walter de Gruyter.
- Krüger, L. (1984). Why do we study. *Philosophy in History: Essays in the Historiography of Philosophy*, (1), 77.
- Krüger, L., Daston, L., & Heidelberger, M. E. (1987). *The probabilistic revolution, Vol. 1: Ideas in history; Vol. 2: Ideas in the sciences*. The MIT Press.
- Lecourt, D. (1987). *Para una crítica de la epistemología*. Siglo XXI.
- Lecourt, D. (2009). *Georges Canguilhem*. Nueva Visión.
- Nowak, L. (1980). The Structure of idealization. Towards a systematic interpretation of the Marxian idea of science. *Synthese Library* 139. Springer.
- Rheinberger, H. (2010). *On Historizing epistemology. An essay*. Stanford University Press.

Richardson, R. J., Daston L., (2016). *Kuhn's Structure of Scientific Revolutions at Fifty. Reflections on a Science classic*. University of Chicago Press.

Wartofsky, M. (1979). *Models, Representations and the Scientific Understanding*. D. Reidel Publishing Company.



# Orígenes de la trigonometría griega

## La composición de la tabla de cuerdas de Ptolomeo

Gonzalo Luis Recio<sup>1</sup>

Recibido: 23 de febrero de 2021

Aceptado: 22 de mayo de 2021

---

**Resumen.** El artículo explica detalladamente los algoritmos propuestos por Ptolomeo en su *Almagesto* para la composición de la tabla de cuerdas. Esta tabla es la más antigua tabla trigonométrica que ha llegado hasta nosotros.

**Palabras clave:** Ptolomeo, *Almagesto*, trigonometría griega, historia de la astronomía.

**Title:** Origins of Greek trigonometry: The composition of Ptolemy's table of chords

**Abstract:** The article explains in full detail the algorithms proposed by Ptolemy in his *Almagest* for the composition of the table of chords. This table is the most ancient trigonometric table available in our times.

**Keywords:** Ptolemy, *Almagest*, Greek trigonometry, history of astronomy.

---

### 1. Introducción

En su tratado *Acerca de los tamaños y las distancias del Sol y de la Luna*, Aristarco de Samos calcula la proporción entre las distancias desde la Tierra a la Luna, y al Sol. Para ello supone que en los momentos de cuadratura, cuando la Luna se encuentra iluminada en la mitad de su cara visible para un observador terrestre, los tres cuerpos forman un triángulo rectángulo, con la Luna funcionando como vértice del ángulo recto. Si a eso se le incorpora el valor observado del ángulo con vértice en la Tierra, se tienen todos los datos para conocer la proporción entre los lados. Es decir, toda esa sección de la obra, que constituye la mitad del tratado, no es otra cosa que un único cálculo trigonométrico. En la edición crítica castellana, sin embargo, el desarrollo supone 45 páginas.<sup>2</sup> ¿Por qué Aristarco tuvo que llevar adelante un cálculo tan largo para llegar a un resultado que nos parece tan sencillo? La respuesta es simple: no poseía la herramienta de una trigonometría robusta. Si Aristarco hubiera trabajado un siglo y medio después en Alejandría, luego de la composición de las tablas trigonométricas de Hiparco, toda esa sección de su obra hubiera ocupado no más de unas pocas líneas. En lugar de llevar adelante un procedimiento *ad hoc* para la situación de su problema geométrico particular, sólo hubiera tenido que consultar una tabla trigonométrica, y buscar el valor de la cuerda para el ángulo cuyo valor había obtenido por observación.

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) | CONICET. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Aristarco (trad. 2020, pp. 154-199). La edición es a doble columna, una en el original griego, la otra en castellano.

✉ [gonzalorecio@hotmail.com](mailto:gonzalorecio@hotmail.com) |  [0000-0002-9633-0009](https://orcid.org/0000-0002-9633-0009)

Recio, Gonzalo Luis (2021). Orígenes de la trigonometría griega: La composición de la tabla de cuerdas de Ptolomeo. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6(1), 105–138..

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/32258>



La incorporación de las tablas trigonométricas al acervo de herramientas que un matemático antiguo tenía a su disposición supuso, entonces, un adelanto radical en las posibilidades que tenía para entender matemáticamente la realidad natural. La facilidad con la que cualquiera podía aprovechar su utilidad está testimoniada por el hecho de que se siguieron usando sin modificaciones sustanciales hasta la llegada de la calculadora portátil hace pocas décadas. La astronomía, como una de las ciencias matematizadas por excelencia en el mundo antiguo, encontró allí un potencial de desarrollo notable. El *Almagesto* es un clarísimo ejemplo: si Ptolomeo hubiera tenido que llevar adelante sus cálculos trigonométricos con las herramientas que tenía Hiparco, el *Almagesto* sería una obra que ocuparía una biblioteca entera. Ptolomeo, por su parte, hubiera debido vivir algunas décadas más para poder llevar a cabo todos los cálculos necesarios. Es decir, la astronomía helenística, y su enorme influencia en la ciencia medieval y moderna, no hubiera sido posible sin la existencia de las tablas trigonométricas que estudiaremos en el presente artículo.

La tabla trigonométrica que encontramos en el *Almagesto* de Ptolomeo es la más antigua que ha llegado hasta nosotros. Si bien Hiparco de Nicea había compuesto una tabla más rudimentaria unos tres siglos antes, ésta no ha llegado hasta nosotros. En el décimo capítulo del libro primero de la obra ptolemaica nos encontramos con dos secciones diversas e íntimamente conectadas: en primer lugar, una explicación sucinta – y por momento fragmentaria – de los algoritmos que se deben seguir para obtener los valores de las cuerdas buscadas para diversos arcos, y en segundo lugar una tabla completa, el invaluable resultado de innumerables y repetitivas ejecuciones de esos algoritmos.

En la primera sección del artículo hago una breve explicación de la noción de cuerda, que es la función trigonométrica utilizada por Ptolomeo en el *Almagesto*. La segunda sección explica la estructura de la tabla de cuerdas que Ptolomeo presenta en la obra. La tercera sección, que es la parte central, consiste en la explicación detallada de los algoritmos que Ptolomeo propone la composición de una tabla de cuerdas. Dado que el cálculo de la mayoría de los valores de la tabla está apoyado en al menos un valor obtenido anteriormente, la tercera sección está subdividida en seis subsecciones: la primera indica cómo obtener los primeros valores conocidos de la tabla, la segunda obtiene nuevos valores a partir de los anteriores, y así.

La comprensión de la composición y funcionamiento de la tabla de cuerdas de Ptolomeo no sólo constituye un interesantísimo capítulo en la historia de los orígenes de la trigonometría, sino que también supone un paso necesario para entender las particularidades técnicas que encontramos en el propio desarrollo de las teorías astronómicas de Ptolomeo y sus sucesores.

El tema fue tratado en algunas obras de categoría. La obra más moderna donde encuentro un tratamiento del tema es (Van Brummelen, 2009, pp. 68-77). Allí podemos encontrar un tratamiento profundo y contextualizado de la trigonometría ptolemaica. La exposición, sin embargo, es sumamente resumida, y está “traducida” para un lector habituado a las matemáticas modernas. Algo similar se puede decir de (Pedersen, 2010, pp. 56-65), aunque allí la explicación es un poco más técnica. Si bien su manera de exponer el tema tiene la ventaja de mostrar con total claridad la relación entre la trigonometría de Ptolomeo y nuestras modernas funciones, en el camino es pierde mucho

del sabor de los métodos originales del astrónomo. El lector puede incluso dirigirse a (Neugebauer, 1975, pp. 20-30). La exposición es sumamente técnica, y evita el seguimiento paso a paso del argumento ptolemaico. Cuenta, sin embargo, con la ventaja de mostrar con claridad algunas aplicaciones prácticas en el desarrollo teórico del *Almagesto*.

Este artículo consiste en la explicación detallada de cada uno de los algoritmos propuestos de manera más o menos clara por Ptolomeo. En ese sentido, no realiza un aporte original a la literatura sobre matemática antigua. Es mi esperanza, sin embargo, que sirva como recurso a futuros estudiantes de historia de las ciencias matemáticas, para una mejor y más sencilla comprensión de este texto absolutamente fundamental en la historia de la disciplina. Éste es, hasta donde llega mi conocimiento, el único texto en lengua castellana que aborda la cuestión de manera minuciosa.

El texto no supone ningún conocimiento particularmente profundo en geometría. Como se verá, se hace frecuente referencia a los *Elementos* (Euclides, 1991). En ese sentido, aunque la mayoría de las referencias a esa obra pueden obviarse, en algunas ocasiones puede ser de ayuda consultarla para tener una mejor comprensión del argumento. En general he optado por no simplificar las expresiones algebraicas, para que de ese modo quede más clara la conexión entre los diversos pasos en la explicación. Tal decisión está fundada en la previsión de que un lector más alejado de las áreas matemáticas puede encontrar que no comprende la conexión entre dos pasos del cálculo, simplemente porque una simplificación de la expresión ha sido realizada sin ninguna clase de advertencia. Un lector entrenado, sin embargo, aunque puede encontrar esta modalidad un tanto incómoda, será capaz de simplificar las expresiones con facilidad.

## 2. La noción de cuerda

Cuando Ptolomeo habla del valor de la cuerda de un arco, se refiere a la longitud del segmento determinado por la intersección de los dos segmentos que determinan a ese arco con una circunferencia cuyo centro es el vértice de ese arco.

Ver Figura 1. En este caso, si tomamos arc  $BGC$  como el arco cuya cuerda queremos obtener. Dicho arco está determinado por los lados  $CG$  y  $BG$ . Si el vértice  $G$  es

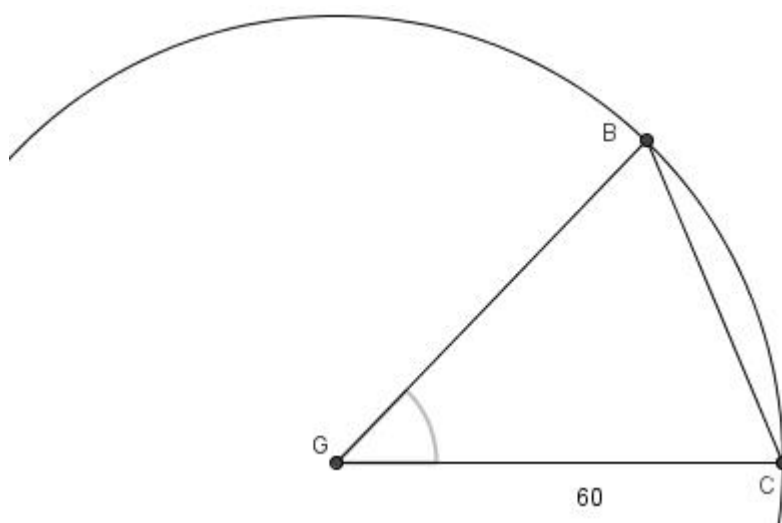


Figura 1. Relación de la cuerda con su arco correspondiente

el centro de una circunferencia, ésta interseca ambos lados en los puntos  $C$  y  $B$ , respectivamente. La cuerda de arc  $BGC$  queda así definida como el segmento  $BC$ . El valor de la misma dependerá de a) el valor de arc  $BGC$  y b) el valor del radio de la circunferencia, que es por definición igual a  $GB$  y  $GC$ . En sus tablas, y por una cuestión de practicidad para el cómputo, Ptolomeo asume un valor de 120 partes para el diámetro de la circunferencia, o 60 para el radio.

La composición de una tabla de cuerdas consiste, entonces, en determinar el valor de la cuerda correspondiente a diversos valores del arco con vértice en el centro de la circunferencia, dado un radio arbitrario. En (Recio, 2018, pp. 36-39) puede verse la manera en que Ptolomeo utiliza la tabla de cuerdas en la resolución de triángulos rectángulos, y a través de ellos, de problemas geométricos ligados a sus modelos.

En la siguiente sección, entonces, veremos cuál es la estructura general de la tabla de cuerdas ptolemaica.

### 3. La estructura de la tabla de cuerdas

La tabla de cuerdas es el instrumento matemático más utilizado en todo el *Almagesto*. Ptolomeo reduce los problemas de los movimientos de los objetos celestes a problemas geométricos. En esa tarea, en prácticamente cada página de la obra aparecen problemas ligados a cálculo de arcos y lados de triángulos rectángulos. Dada la omnipresencia de esta clase de argumentos, Ptolomeo indica, al inicio mismo del *Almagesto*, que construirá una tabla de cuerdas con intervalos de  $\frac{1}{2}^\circ$  (I, 10; H1 31; 48).<sup>3</sup>

La tabla ptolemaica está calculada sobre una base de 120, notada en sistema sexagesimal, y consta de tres columnas. En la primera anota el valor del arco para el cual se calcula la cuerda. Como dije, este valor está tabulado con intervalos de  $\frac{1}{2}^\circ$ . La segunda columna anota el valor de la cuerda para el arco correspondiente. La tercera columna indica “[...] la treinteava parte del incremento en la cuerda para cada intervalo” (I, 10; H1 47; 56). Este último valor está anotado omitiendo las partes enteras, ya que en todos los casos ésta es igual a 0.

Por ejemplo, en la primera fila de la tabla del *Almagesto*, vemos<sup>4</sup>

$\frac{1}{2}^\circ$	0;31,25	1,2,50
---------------------	---------	--------

Esto significa que para un arco de  $\frac{1}{2}^\circ$  el valor de la cuerda correspondiente es 0;31,25, en las mismas unidades del diámetro. Luego, por cada minuto de incremento al arco de la fila anterior hasta el arco de la correspondiente fila, debe incrementarse el valor de la cuerda por 0;1,2,50. Este último valor, como Ptolomeo dice, es el correspondiente a la treintava parte del incremento en la cuerda para el arco considerado. Dado que el valor de una cuerda para el valor de arco anterior, esto es,  $0^\circ$ , es naturalmente igual a 0, entonces el valor del incremento es calculado como  $\frac{0;31,25-0}{30} = \frac{0;31,25}{30} = 0;1,2,50$ . Si incorporamos la segunda fila, veremos

<sup>3</sup> Las citas al *Almagesto* seguirán la siguiente notación: el número romano designa el número de libro, el siguiente arábigo, el número de capítulo en el libro. Luego indico el tomo y la página en la edición crítica de Heiberg, y por último la página en la traducción al inglés de Toomer. En este caso se refiere al libro primero, capítulo décimo; al tomo primero, página 31 de Heiberg; y a la página 48 en la traducción de Toomer.

<sup>4</sup> La notación de la segunda y tercera columnas indica la parte entera antes del “;”, y separa las posiciones sexagesimales con una “,”.

$\frac{1}{2}^\circ$	0;31,25	1,2,50
1	1;2,50	1,2,50

Aquí las primeras dos columnas tienen el mismo significado, y la tercera indica que, por cada minuto de incremento en el valor del arco, la cuerda debe incrementarse en 0; 1,2,50. Aquí, nuevamente, el valor está calculado como  $\frac{1;2,50-0;31,25}{30} = 0; 1,2,50$ . Si bien en las dos primeras filas el valor de incremento proporcional es idéntico, esto es únicamente por el redondeo que Ptolomeo realiza.

Además, el lector atento habrá notado quizá que, de hecho, el valor de incremento por cada minuto adicionado al arco debe variar no cada 30 minutos como la tabla indica, sino que se trata de un cambio continuo. Ptolomeo, por supuesto, es consciente de ello, y advierte que este modo de calcular sólo nos indica el valor promedio de incremento por minuto en cada intervalo de  $\frac{1}{2}^\circ$ . Un resultado final así calculado, no obstante, “[...] no será sensiblemente distinto al incremento verdadero” (I, 10; H1 47; 56).

La próxima sección, que es el corazón del artículo, consiste en la explicación detallada de los algoritmos que Ptolomeo propone para la construcción de su tabla de cuerdas.

#### 4. La composición de la tabla de cuerdas

La construcción de una tabla de cuerdas implica una tarea compleja. A continuación veremos, paso a paso, los argumentos geométricos a través de los cuales Ptolomeo fue capaz de calcular el valor de una cuerda determinada a partir de un arco determinado. Esto quiere decir que en esta sección, con alguna excepción, no vamos a calcular los valores de las cuerdas, sino sólo mostrar los algoritmos que permitieron a Ptolomeo y sus contemporáneos hacerlo.

##### Primer nivel de valores.

Más allá de los valores triviales de  $crd^5(0^\circ) = 0$  y  $crd(180^\circ) = 2R$ , la obtención de valores de cuerdas no es siempre sencillo. No obstante ello, a partir de algunos teoremas de los *Elementos* de Euclides es posible conocer con cierta facilidad los valores de algunas cuerdas.

##### Crd (36°)

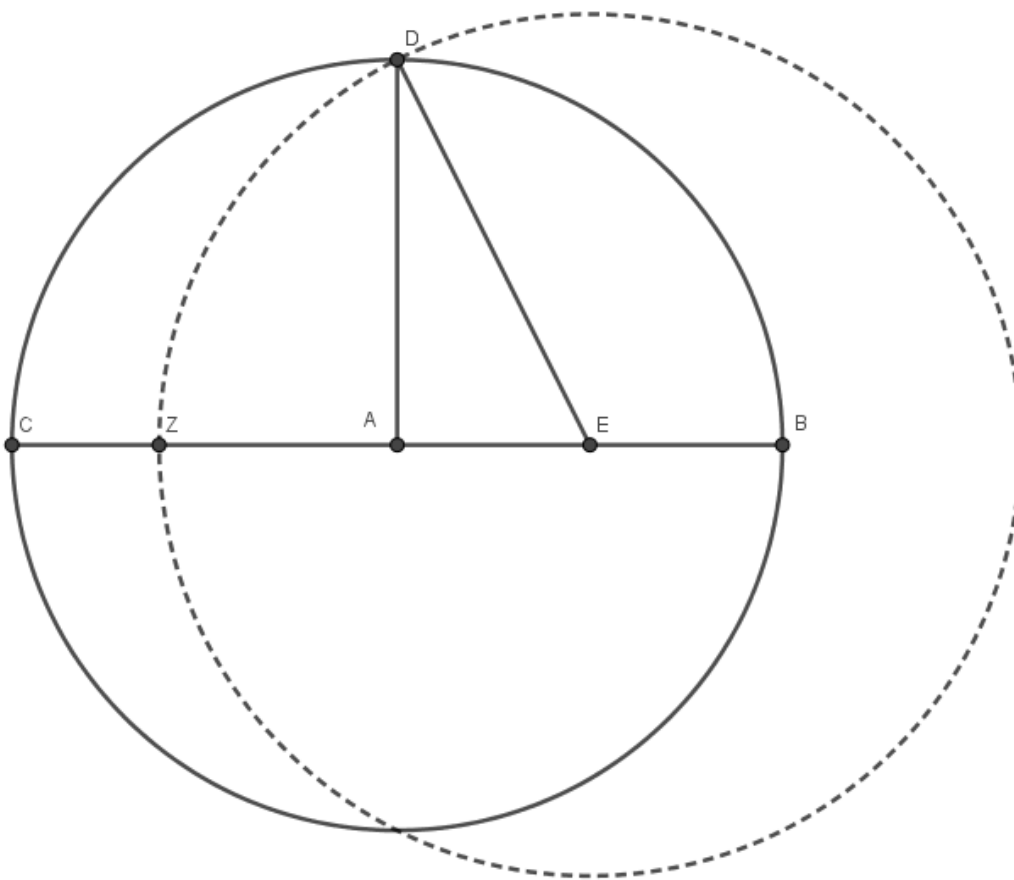
Ver Figura 2. Construir un círculo de radio R con centro en A, determinar el diámetro CB. Luego bisectar el radio AB con el punto E. A continuación determinar el radio AD, que debe ser perpendicular a CB. Determinar un círculo con centro en E y radio ED. Finalmente determinar el punto Z en la intersección entre el círculo con centro en E y el diámetro CB. Por último, unir DE.

Dada esta construcción, es posible calcular el valor de  $crd(36^\circ)$  del siguiente modo:

gracias a *Elem.* II 6 sabemos que

$$(1) \quad BZ \times AZ + AE^2 = EZ^2$$

<sup>5</sup> Notación para “cuerda”.



**Figura 2.** Construcción para iniciar el cálculo del primer nivel de cuerdas.

pero por construcción sabemos que

$$(2) \quad EZ = ED$$

por lo tanto, por (1) y (2) sabemos que

$$(3) \quad BZ \times AZ + AE^2 = ED^2.$$

Por construcción sabemos que el triángulo EDA es un triángulo rectángulo. Por lo tanto, gracias a *Elem.* I 47 sabemos que

$$(4) \quad ED^2 = AE^2 + AD^2.$$

Además, por construcción sabemos que

$$(5) \quad AD = AB.$$

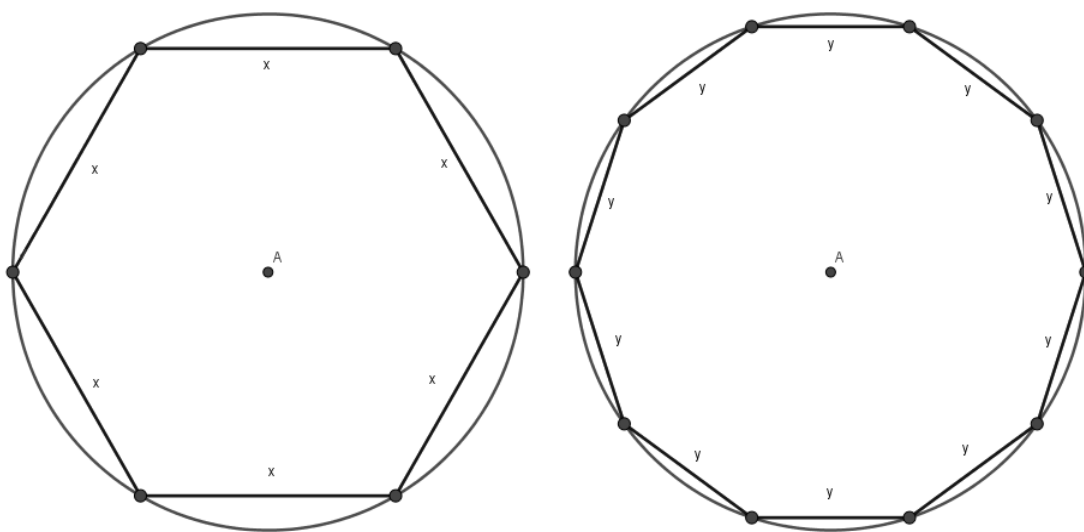
Entonces, por (4) y (5) obtenemos que

$$(6) \quad ED^2 = AE^2 + AB^2$$

y por (3) y (6) obtenemos que

$$(7) \quad BZ \times AZ + AE^2 = AE^2 + AB^2$$

desde donde llegamos a



**Figura 3.** Hexágono y decágono regulares. Ptolomeo utiliza dos teoremas de los Elementos que se refieren a estas figuras para continuar el cálculo del primer nivel de cuerdas.

$$(8) \quad BZ \times AZ = AB^2 = AB \times AB.$$

De aquí se deduce que

$$(9) \quad \frac{AB}{ZB} = \frac{ZA}{AB}$$

Por *Elem.* VI def. 3 esto significa que

$$(10) \quad \text{el segmento } ZB \text{ ha sido cortado en sus razones medias y extremas, donde } AB \text{ es media, y } ZB \text{ y } ZA \text{ son las extremas.}^6$$

Pero por construcción sabemos que

$$(11) \quad ZB = ZA + AB.$$

Por lo tanto, por (9) y (11) obtenemos que

$$(12) \quad \frac{AB}{ZA+AB} = \frac{ZA}{AB}$$

Ahora hace falta recurrir a dos nuevos teoremas de los *Elementos*. Por construcción sabemos que

$$(13) \quad \text{el radio del círculo con centro en } A \text{ es } AB.$$

Por lo tanto, gracias a *Elem.* IV 15 sabemos que

$$(14) \quad \text{los lados de un hexágono regular inscrito en el círculo con centro en } A \text{ son iguales a } AB.$$

Para continuar adoptaremos la siguiente notación, para exponer otro teorema de los *Elementos*. Ver Figura 3. Denotaremos con  $x$  el valor de los lados de un hexágono

<sup>6</sup> Es decir, que entre los segmentos  $ZB$ ,  $AB$  y  $AZ$  se da la proporción áurea.

regular inscrito en un círculo dado, y con  $y$  el valor de los lados de un decágono regular inscrito en el mismo círculo dado.

Aceptada esta notación, por *Elem.* XIII 9 sabemos que, para cualquier círculo dado, se da que

$$(15) \quad \frac{x}{y+x} = \frac{y}{x}.$$

Ahora bien, si suponemos que el círculo dado es nuestro círculo con centro en  $A$ , entonces es claro, por (14), que

$$(16) \quad x = AB$$

de donde se deduce, por (15) y (16), que

$$(17) \quad \frac{AB}{y+AB} = \frac{y}{AB}.$$

Luego, por (12) y (17) obtenemos que

$$(18) \quad y = ZA.$$

Pero por construcción sabemos que

$$(19) \quad y \text{ es igual a los lados de un decágono regular inscrito en el círculo con centro en } A.$$

Por lo tanto, por (18) y (19) obtenemos que

$$(20) \quad ZA \text{ es igual a los lados de un decágono regular inscrito en el círculo con centro en } A.$$

Por construcción sabemos que

$$(21) \quad ZA = EZ - AE$$

y por (2) y (21) obtenemos que

$$(22) \quad ZA = ED - AE.$$

Luego, por (22),(21) y gracias a *Elem.* I 47, obtenemos que

$$(23) \quad ZA = \sqrt{AE^2 + AD^2} - AE.$$

Pero por construcción sabemos que

$$(24) \quad AD \text{ es igual al radio del círculo con centro en } A$$

y que

$$(25) \quad AE \text{ es igual a la mitad del radio con centro en } A.$$

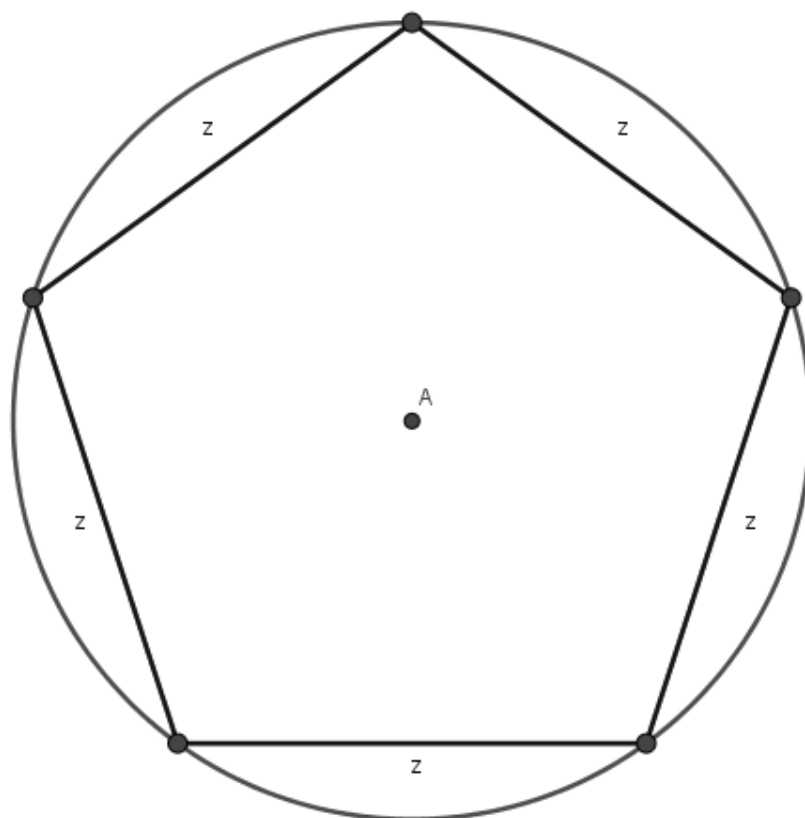
Por lo tanto, por (23), (24) y (25), obtenemos que

$$(26) \quad ZA = \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2} - \frac{R}{2}.$$

---

<sup>7</sup> Es útil, para entender este paso, comparar el texto de los *Elementos* para este teorema con la proposición (10) de este artículo.





**Figura 3.** Pentágono regular que Ptolomeo utiliza para el cálculo del primer nivel de cuerdas. Además, sabemos que

- (27) los lados de un polígono regular de  $n$  lados inscrito en un círculo son iguales a la cuerda del arco  $\frac{360^\circ}{n}$  en ese círculo.<sup>8</sup>

Por (20) y (27) obtenemos que

- (28)  $ZA$  es igual a la cuerda de un arco  $\frac{360^\circ}{10}$  del círculo con centro en  $A$ .

Por último, a partir de (26) y (28) finalmente obtenemos que

$$(29) \quad \text{crd}(36^\circ) = \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2} - \frac{R}{2}.$$

### **Crd (72°)**

Construir un círculo con centro en  $A$ , que inscriba a un pentágono regular con lados de valor  $z$ .

<sup>8</sup> Esto puede demostrarse fácilmente: primero, determinar el círculo en el cual el polígono está inscrito. Si se unen los vértices del polígono con su centro, entonces todos los triángulos determinados son necesariamente congruentes, ya que, dado que el polígono es regular, entonces todos tienen bases iguales, y además los restantes lados son también iguales, ya que todos son radios del círculo en el cual el polígono está inscrito. Si todos los triángulos son congruentes, entonces sus arcos correspondientes serán iguales. Por último, dado que a cada ángulo con vértice en el centro del polígono (que es también centro del círculo en el cual ese polígono está inscrito) le corresponde un lado del polígono, entonces el valor de los arcos con vértice en el centro del polígono puede obtenerse como  $360^\circ/\text{cantidad de lados del polígono}$ .

Ver Figura 4. Siguiendo con la notación utilizada en (15), y añadiendo la variable  $z$  como valor del lado de un pentágono regular inscrito en un círculo dado, entonces por *Elem.* XIII 10 sabemos que

$$(30) \quad z^2 = x^2 + y^2.$$

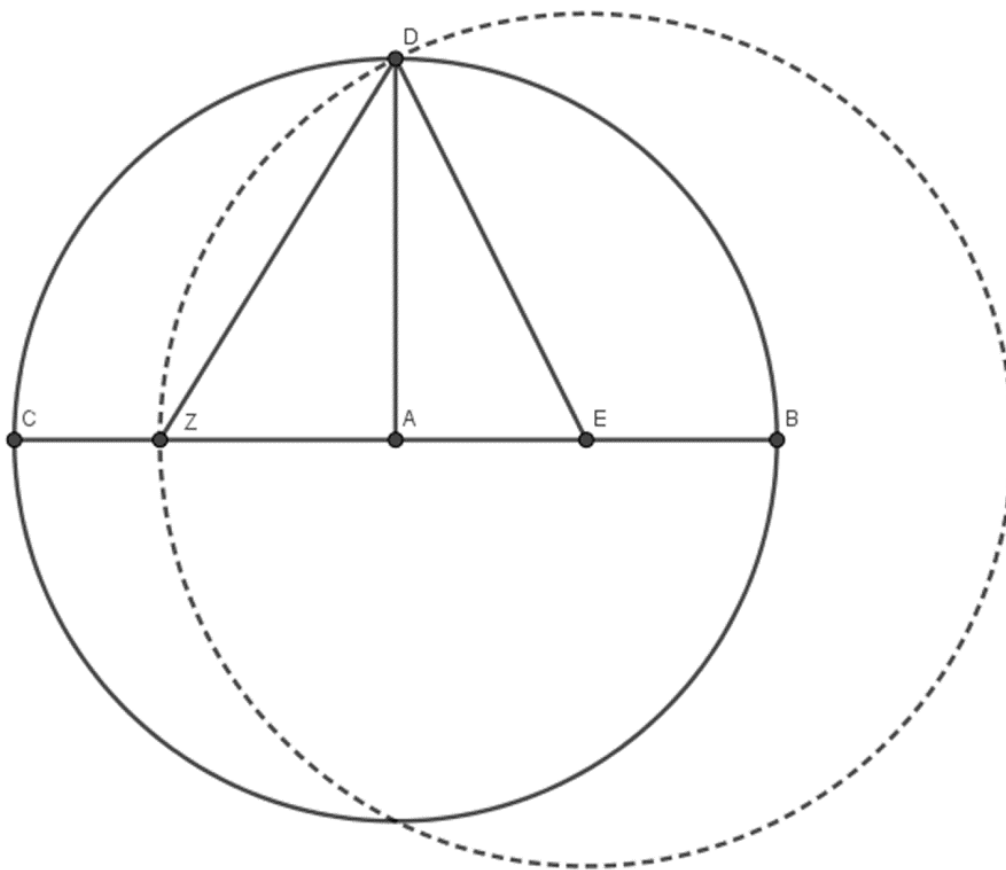
A partir de esto sabemos, por *Elem.* I 47, que los segmentos  $z$ ,  $x$ , e  $y$  forman un triángulo rectángulo, donde  $z$  es la hipotenusa, y  $x$  e  $y$  son los catetos. Entonces, si asumimos nuevamente que el círculo dado es el círculo con centro en  $A$ , por (5), (16), (18) y (30) obtenemos que

$$(31) \quad z^2 = AB^2 + ZA^2$$

y por (5) y (31) llegamos a

$$(32) \quad z^2 = AD^2 + ZA^2.$$

Por lo tanto, para completar el triángulo rectángulo, hay que determinar el segmento  $DZ$  en la Figura 5, en la cual  $z$  es igual a  $DZ$ .<sup>9</sup>



**Figura 4.** Desarrollo de la Figura 2 para finalizar el cálculo del primer nivel de la tabla.

<sup>9</sup> Por supuesto, para obtener el resultado buscado no es necesario construir el triángulo rectángulo, sino que sólo basta con considerar a  $z$  como una incógnita igual a la suma de los cuadrados de dos valores conocidos. Este modo de presentarlo busca, únicamente, mantener el espíritu geométrico de los antiguos griegos.

Ver Figura 5. Sabemos que

$$(33) \quad DZ \text{ es igual a los lados de un pentágono regular inscrito en el círculo con centro en } A$$

y también que

$$(34) \quad DZ = \sqrt{AD^2 + ZA^2}.$$

Entonces, por (24), (26) y (34) obtenemos que

$$(35) \quad DZ = \sqrt{R^2 + \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2} - \frac{R}{2} \right)^2}.$$

Luego, por (27) y (33) sabemos que

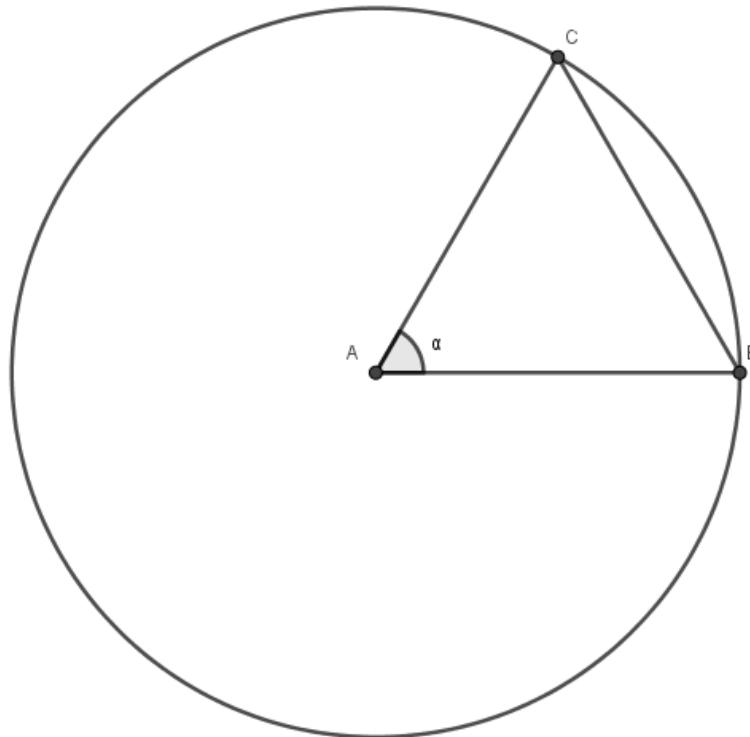
$$(36) \quad DZ \text{ es igual a la cuerda de un arco } \frac{360^\circ}{5} \text{ del círculo con centro en } A.$$

Por último, a partir de (35) y (36) obtenemos que

$$(37) \quad \text{crd}(72^\circ) = \sqrt{R^2 + \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2} - \frac{R}{2} \right)^2}.$$

### **Crd (60°)**

Ver Figura 6. Dado un círculo de radio  $R$ , y un arco  $\alpha$  de  $60^\circ$  determinado por el vértice  $A$  y los puntos  $B$  y  $C$  sobre la circunferencia. Entonces es posible calcular el valor de  $\text{crd}(60^\circ)$  del siguiente modo:



**Figura 5.** Diagrama para hallar la cuerda de  $60^\circ$

Por construcción sabemos que

$$(38) \quad \alpha = 60^\circ.$$

Por lo tanto, por construcción se da que

$$(39) \quad \text{crd}(60^\circ) = CB.$$

Además, por (27) sabemos que

$$(40) \quad \text{los lados de un hexágono regular son iguales a } \text{crd}(60^\circ) \text{ en el círculo que lo inscribe.}$$

Entonces, por (39) y (40) obtenemos que

$$(41) \quad CB \text{ es igual a los lados de un hexágono regular del círculo con centro en } A.$$

Así, por (41) y gracias a *Elem.* IV 15 obtenemos que

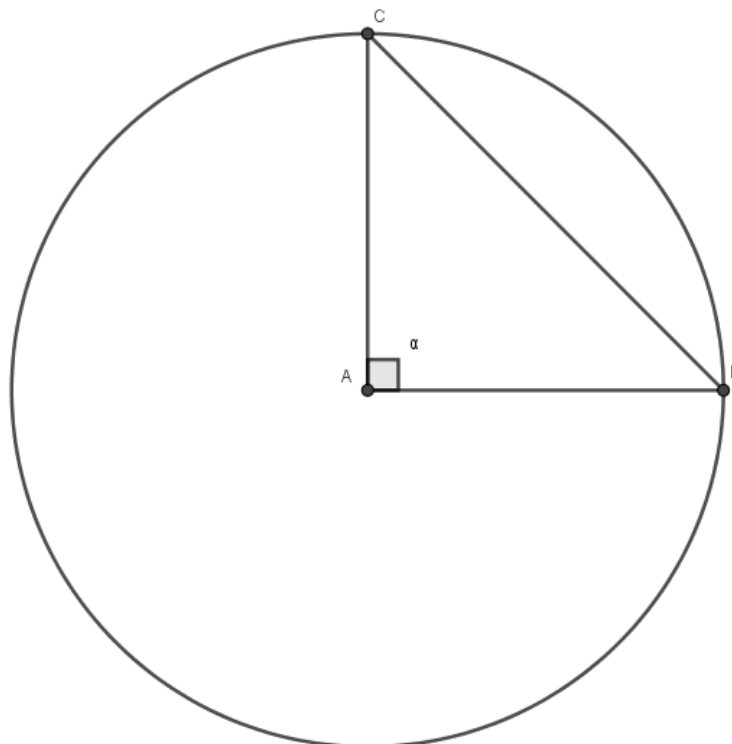
$$(42) \quad CB = R.$$

Finalmente, por (39) y (42) obtenemos que

$$(43) \quad \text{crd}(60^\circ) = R.$$

### **Crd(90°).**

Ver Figura 7. Dado un círculo de radio  $R$ , y un arco  $\alpha$  de  $90^\circ$  determinado por el vértice  $A$  y los puntos  $B$  y  $C$  sobre la circunferencia. Entonces es posible calcular el valor de  $\text{crd}(90^\circ)$  del siguiente modo:



**Figura 6.** Diagrama para hallar la cuerda de  $90^\circ$ .

por construcción sabemos que

$$(44) \quad \alpha = 90^\circ$$

por lo que el triángulo ABC es un triángulo rectángulo. Además, por construcción sabemos que

$$(45) \quad AB = AC = R.$$

Entonces, por (45), y aplicando *Elem. I 47*, obtenemos que

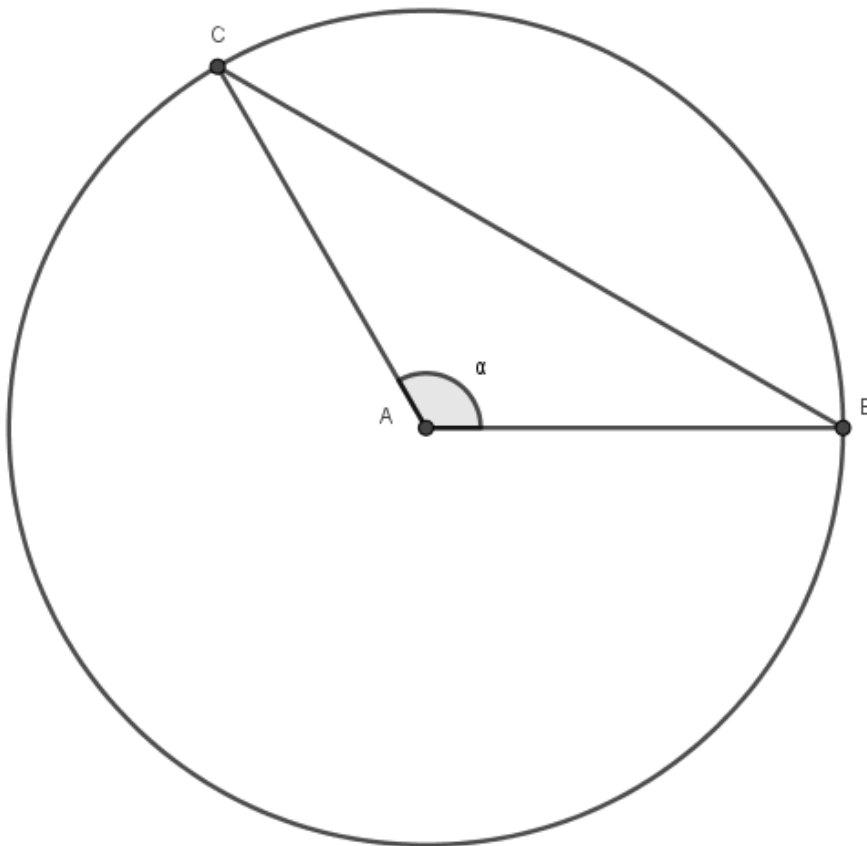
$$(46) \quad BC = \sqrt{R^2 + R^2}.$$

Entonces, por (46), obtenemos finalmente que

$$(47) \quad \text{crd}(90^\circ) = \sqrt{2(R^2)}.$$

### **Crd (120°)**

La solución al problema de hallar la cuerda de 120° es similar al caso de la cuerda de 60°. Ver Figura 8. Construir un círculo con centro en A, y un arco  $\alpha$  de 120° determinado por el vértice A y los puntos B y C sobre la circunferencia. Entonces es posible calcular el valor de  $\text{crd}(120^\circ)$  del siguiente modo: por construcción sabemos que



**Figura 7.** Diagrama para hallar la cuerda de 120°.

$$(48) \quad \alpha = 120^\circ.$$

Por lo tanto, por construcción se da que

$$(49) \quad \text{crd}(120^\circ) = CB.$$

Además, por (27) sabemos que

$$(50) \quad \text{los lados de un triángulo equilátero son iguales a } \text{crd}(120^\circ) \text{ en el círculo que lo inscribe.}$$

Entonces, por (49) y (50) obtenemos que

$$(51) \quad CB \text{ es igual a los lados de un triángulo equilátero inscrito en el círculo con centro en A.}$$

Así, por (51) y gracias a *Elem.* XIII 12 obtenemos que

$$(52) \quad CB^2 = 3R^2$$

y por lo tanto

$$(53) \quad CB = \sqrt{3R^2}.$$

Finalmente, por (49) y (53) obtenemos que

$$(54) \quad \text{crd}(120^\circ) = \sqrt{3R^2}.$$

### Segundo nivel de valores

A partir de los valores de  $\text{crd}(36^\circ)$ , y  $\text{crd}(72^\circ)$  es posible, a través de una ingeniosa aplicación de *Elem.* I 47, conocer los valores de las cuerdas para dos arcos más.

Ver Figura 9. Construir un círculo de radio  $R$  con centro en  $A$ . Luego determina el diámetro  $CB$ , y un punto  $D$  sobre la circunferencia. Luego unir  $CD$ ,  $DB$  y  $AD$ . Gracias a *Elem.* III 31 sabemos que el triángulo  $CBD$  es un triángulo rectángulo, donde  $CB$  es la hipotenusa, y  $CD$  y  $BD$  son los catetos. Por lo tanto, por *Elem.* I 47 sabemos que

$$(55) \quad CB^2 = CD^2 + DB^2.$$

Por construcción sabemos que

$$(56) \quad CB = 2R.$$

Es claro que

$$(57) \quad \text{el cateto } CD \text{ es la cuerda del arco } \beta$$

y que

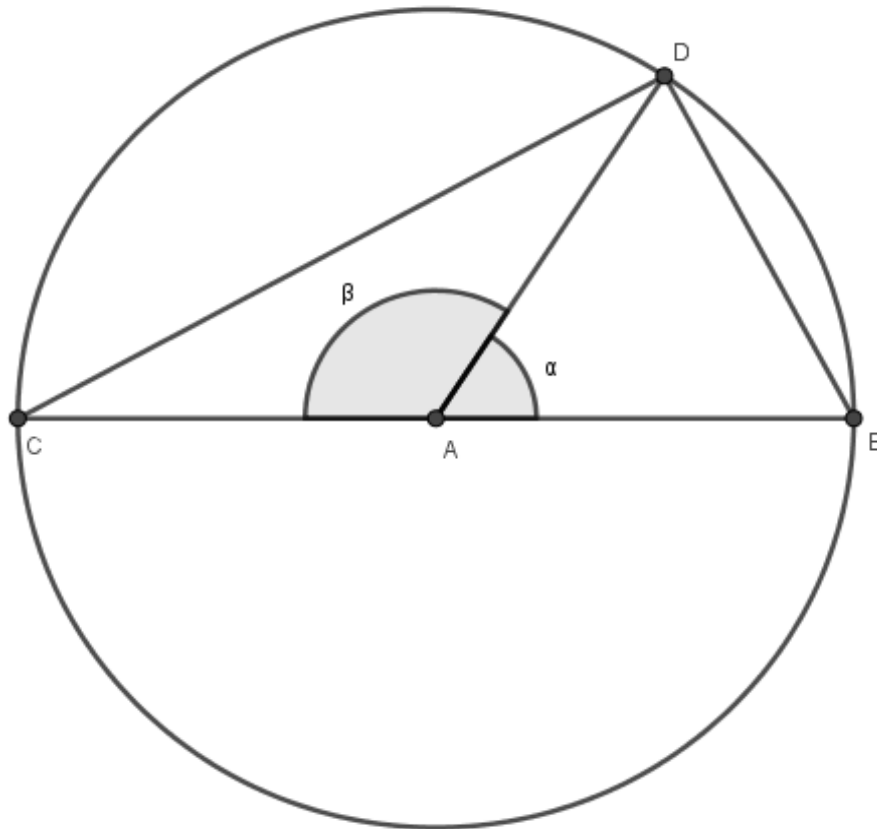
$$(58) \quad \text{el cateto } DB \text{ es la cuerda del arco } \alpha$$

y que

$$(59) \quad \beta \text{ es el arco suplementario de } \alpha.$$

Entonces, por (55), (56), (57) y (58) obtenemos que

$$(60) \quad (2R)^2 = \text{crd}(\beta)^2 + \text{crd}(\alpha)^2.$$



**Figura 8.** Diagrama para hallar las cuerdas de  $108^\circ$  y  $144^\circ$ .

**Crd ( $108^\circ$ )**

Supongamos, en primer lugar, que

$$(61) \quad \beta = 108^\circ.$$

En ese caso, por (59), obtenemos que

$$(62) \quad \alpha = 72^\circ.$$

Así, por (60), (61) y (62) llegamos a

$$(63) \quad (2R)^2 = \text{crd}(108^\circ)^2 + \text{crd}(72^\circ)^2$$

o lo que es lo mismo,

$$(64) \quad \text{crd}(108^\circ)^2 = (2R)^2 - \text{crd}(72^\circ)^2.$$

Por último, por (37) y (64) obtenemos que

$$(65) \quad \text{crd}(108^\circ)^2 = (2R)^2 - \left( \sqrt{R^2 + \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2 - \frac{R}{2}} \right)^2} \right)^2$$

para llegar finalmente a

$$(66) \quad \text{crd}(108^\circ) = \sqrt{(2R)^2 - \left( \sqrt{R^2 + \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2 - \frac{R}{2}} \right)^2} \right)^2}.$$

**Crd (144°)**

De manera similar, supongamos, en segundo lugar, que

$$(67) \quad \beta = 144^\circ.$$

En ese caso, por (59), obtenemos que

$$(68) \quad \alpha = 36^\circ.$$

Así, por (60), (67) y (68) llegamos a

$$(69) \quad (2R)^2 = \text{crd}(144^\circ)^2 + \text{crd}(36^\circ)^2$$

o lo que es lo mismo,

$$(70) \quad \text{crd}(144^\circ)^2 = (2R)^2 - \text{crd}(36^\circ)^2.$$

Por último, por (29) y (70) obtenemos que

$$(71) \quad \text{crd}(144^\circ)^2 = (2R)^2 - \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2 - \frac{R}{2}} \right)^2$$

para llegar finalmente a

$$(72) \quad \text{crd}(144^\circ) = \sqrt{(2R)^2 - \left( \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + R^2 - \frac{R}{2}} \right)^2}.$$

Claramente este método podría ser aplicado partiendo de cualquier cuerda ya conocida. Dado que, por el momento, sólo puede partir de las cuerdas para  $36^\circ$  y  $72^\circ$ , las únicas aplicaciones posibles son las dos indicadas.

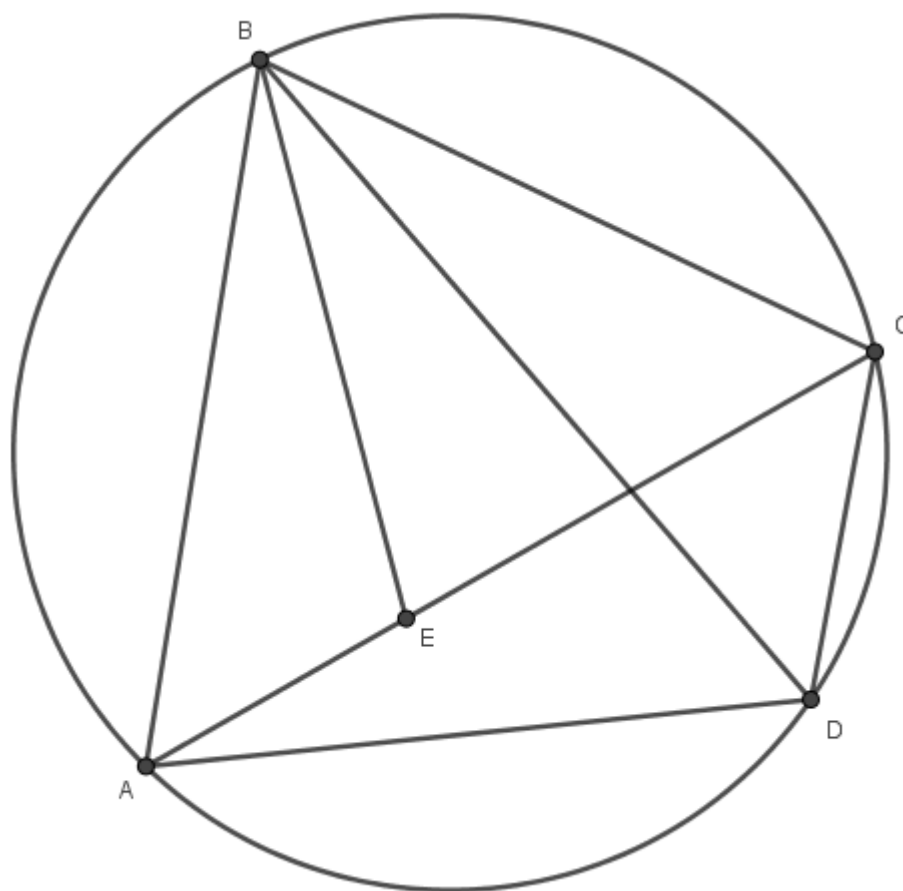
**Tercer nivel de valores**

El siguiente paso en la construcción de la tabla es demostrar un teorema –llamado luego *teorema de Ptolomeo*– que permite obtener la cuerda de un arco que es la diferencia entre dos arcos cuyas cuerdas ya son conocidas. Es decir, este teorema permite hallar el valor de la cuerda de  $\alpha$ , siempre que  $\alpha = \beta - \gamma$ , y  $\text{crd}(\beta)$  y  $\text{crd}(\gamma)$  sean conocidas.

A primera vista, este teorema no permite una gran cantidad de resultados nuevos. De hecho, dadas las pocas cuerdas ya conocidas en los dos primeros niveles, sólo pueden obtenerse unos pocos valores nuevos. Lo interesante, sin embargo, es que los nuevos valores obtenidos pueden a su vez pasar por el mismo procedimiento, otorgando más resultados con valores nuevos. Nótese que, dado que en los dos primeros niveles sólo se han obtenido algunas cuerdas de arcos con valores pares, entonces a través de este método sólo es posible obtener nuevas cuerdas para arcos con valores también pares.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Obviamente, porque las restas entre números pares necesariamente dan resultados pares.





**Figura 9.** Primer diagrama para la demostración del teorema de Ptolomeo.

Esto ya muestra que el teorema de Ptolomeo no va a ser suficiente para completar la tabla de cuerdas.

Ver Figura 10. Ptolomeo plantea el problema indicando que va a demostrar que “[...] si dos arcos y las cuerdas correspondientes son dadas, entonces la cuerda de la diferencia entre los dos arcos también es dada” (I 10; H1 38; 51). Para demostrar esto, determinar un círculo con un cuadrilátero arbitrario ABGD inscrito en él. Luego unir AG y BD.

En primer lugar, utilizando el procedimiento indicado en *Elem.* I 23, hay que determinar el punto E sobre el segmento AG, de tal modo que

$$(73) \quad \text{arc}ABE = \text{arc}DBG$$

a partir de lo cual se deriva que

$$(74) \quad \text{arc}ABE + \text{arc}EBD = \text{arc}DBG + \text{arc}EBD.$$

Pero por construcción se da que

$$(75) \quad \text{arc}ABE + \text{arc}EBD = \text{arc}ABD$$

y que

$$(76) \quad \text{arc}DBG + \text{arc}EBD = \text{arc}EBG.$$

Por lo tanto, por (74), (75) y (76) obtenemos que

$$(77) \quad \text{arc}ABD = \text{arc}EBG.$$

Ahora bien, gracias a *Elem.* III 27 sabemos que

$$(78) \quad \text{arc}BGA = \text{arc}BDA,$$

pero por construcción se da que

$$(79) \quad \text{arc}BGE = \text{arc}BGA.$$

Por lo tanto, por (78) y (79) obtenemos que

$$(80) \quad \text{arc}BGE = \text{arc}BDA.$$

El siguiente paso es mostrar que los triángulos ABD y BGE son semejantes. Esto es fácil: a partir de (77) y (80) obtenemos dos pares de arcos correspondientes iguales, y por *Elem.* I 32 se deduce también que

$$(81) \quad \text{arc}BAD = \text{arc}BEG.$$

Entonces, por *Elem.* VI 4 sea deduce que

$$(82) \quad \text{los triángulos ABD y BGE son semejantes}$$

y que

$$(83) \quad \frac{BG}{GE} = \frac{BD}{DA}.$$

Por lo tanto

$$(84) \quad BG \times DA = BD \times GE.$$

También es posible mostrar que los triángulos ABE y BGD son semejantes, pues por (73) ya hay un par de arcos iguales, y gracias a *Elem.* III 27 sabemos que

$$(85) \quad \text{arc}BAG = \text{arc}BDG,$$

pero por construcción se da que

$$(86) \quad \text{arc}BAG = \text{arc}BAE.$$

Por lo tanto, por (85) y (86) obtenemos que

$$(87) \quad \text{arc}BAE = \text{arc}BDG$$

con lo cual ya se tiene el segundo par de arcos iguales. Con ese resultado, y gracias a *Elem.* I, 32 se obtiene que

$$(88) \quad \text{arc}BEA = \text{arc}BGD,$$

por lo cual, gracias a *Elem.* IV 4 obtenemos que

$$(89) \quad \text{los triángulos ABE y BGD son semejantes.}$$

y que

$$(90) \quad \frac{BA}{AE} = \frac{BD}{DG}.$$

Por lo tanto

$$(91) \quad BA \times DG = BD \times AE.$$

Entonces, por (84) y (91) obtenemos que

$$(92) \quad BG \times DA + BA \times DG = BD \times GE + BD \times AE$$

a partir de lo cual se llega a

$$(93) \quad BG \times DA + BA \times DG = BD \times (GE + AE)$$

y luego

$$(94) \quad BG \times DA + BA \times DG = BD \times GA.$$

Esto puede traducirse como el siguiente teorema:

- (95) para todo cuadrilátero inscrito en un círculo, se da que el producto de sus diagonales es igual a la suma de los productos de sus lados opuestos.

Ver Figura 11. Una vez que se obtuvo este teorema preliminar, Ptolomeo pide (I 10; H1 37; 51), construir un semicírculo con diámetro AD, y determinar sobre la semicircunferencia los puntos B y G. Luego unir AB, AG, DB, DG y BG. De esa manera queda constituido el cuadrilátero ABGD en el semicírculo.

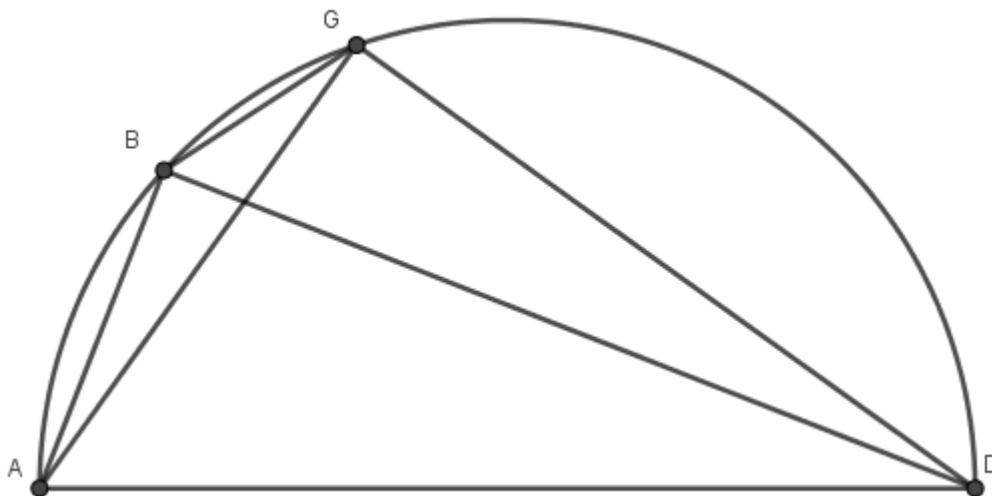
Lo que Ptolomeo quiere demostrar aquí, recordémoslo, es que dados los valores de dos cuerdas correspondientes a dos arcos, entonces también está dado el valor de la cuerda correspondiente a la diferencia entre esos dos arcos. Para ello, supone que en la figura las cuerdas AB y AG ya son conocidas. Además, gracias a *Elem.* III 31 sabemos que

- (96) los triángulos ABD y AGD son triángulos rectángulos.

Suponiendo un valor

$$(97) \quad AD = 2R,$$

y



**Figura 10.** Segundo diagrama para la demostración del teorema de Ptolomeo.

(98) dados los valores de AB y AG en radios,

entonces, gracias a *Elem.* I 47, también están

(99) dados los valores de BD y GD en radios.<sup>11</sup>

Ahora bien, como dijimos, ABGD es un cuadrilátero inscrito en una circunferencia, cuyas diagonales son BD y AG. Por lo tanto, por (95) sabemos que

$$(100) \quad BG \times DA + BA \times DG = BD \times GA.$$

Por lo tanto se da que

$$(101) \quad BG = \frac{BD \times GA - BA \times DG}{DA}$$

En esta igualdad conocemos, por (97), (98) y (99), los valores de las incógnitas del segundo miembro, por lo tanto se da que también

(102) el valor de BG está dado en radios.

Si se considera a BA como  $\text{crd}(\beta)$ , y a GA como  $\text{crd}(\alpha)$ , entonces reemplazando los segmentos el resultado puede expresarse como

$$(103) \quad \text{si } \gamma = \alpha - \beta, \text{ entonces } \text{crd}(\gamma) = \frac{\sqrt{(2R)^2 - \text{crd}(\beta)^2} \times \text{crd}(\alpha) - \text{crd}(\beta) \times \sqrt{(2R)^2 - \text{crd}(\alpha)^2}}{2R}$$

Utilizando el teorema de Ptolomeo, y partiendo de las cuerdas obtenidas en los dos primeros niveles, es posible obtener los valores para las cuerdas de los arcos listados a continuación. En la tabla se indica, además, en qué iteración del método es posible obtener el resultado respectivo.

Valores base	1 <sup>era</sup> ronda de restas	2 <sup>da</sup> ronda de restas	3 <sup>era</sup> ronda de restas
36°	12°	6°	138°
60°	18°	42°	174°
72°	24°	66°	
90°	30°	78°	
108°	48°	96°	
120°	54°	102°	
144°	84°	114°	
180°		126°	
		132°	

<sup>11</sup> De hecho, este es exactamente el procedimiento seguido para alcanzar el segundo nivel de valores, el cual aquí ha sido repetido sólo en vistas de la claridad expositiva. Ptolomeo lo refiere explícitamente, diciendo que si se conocen las cuerdas AB y AG entonces se conocen las cuerdas BD y GD, pues “[...] son las cuerdas de los suplementarios.” (I, 10; H1 38; 58).

		150°	
		156°	
		162°	
		168°	

Si se observa con atención, la tabla muestra que, hasta el tercer nivel de valores, sólo es posible hallar las cuerdas de arcos que sean múltiplo de 6°. De hecho, permite hallar todas las cuerdas de arcos múltiplos de 6°, hasta 180°. ¡Eso significa que hasta ahora sólo tenemos treinta de los trescientos sesenta valores buscados!

#### Cuarto nivel de valores

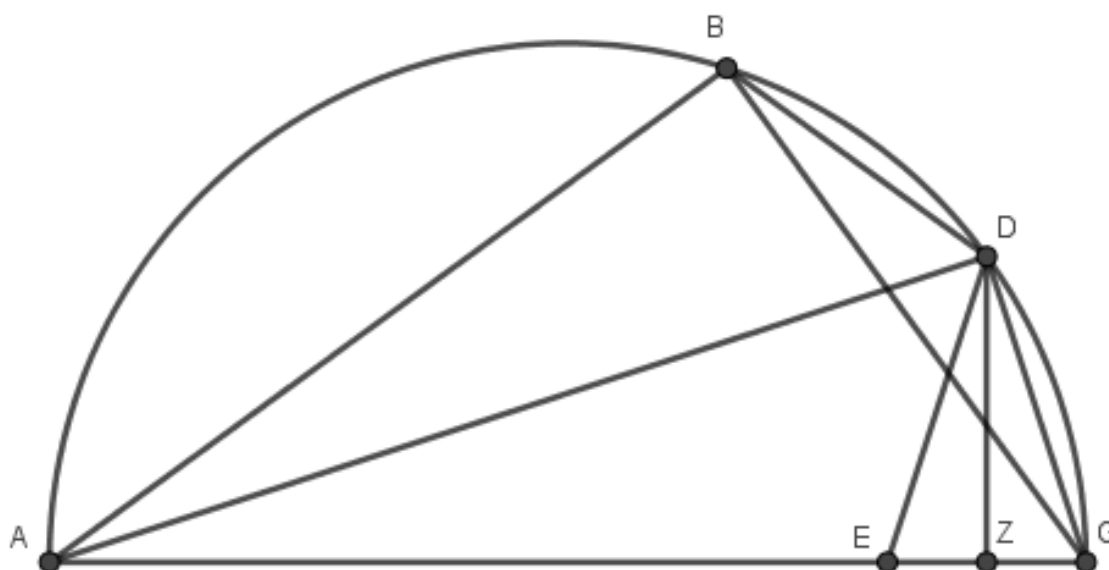
Luego de la demostración del teorema de Ptolomeo, se expone un procedimiento que tiene sus raíces en el propio Arquímedes, y que permite conocer la cuerda correspondiente a un arco que sea la mitad de otro arco cuya cuerda ya es conocida. Para ello, trazar un semicírculo con diámetro AG, y luego determinar una cuerda BG, cuyo valor se supondrá conocido (ver Figura 12). Después bisecar el arco GB en el punto D. Unir AD, DB y DG, y trazar un segmento DZ que sea perpendicular a AG. Por último, determinar el punto E sobre AG de tal manera que AE sea igual a AB. Unir DE.

Lo que Ptolomeo busca es encontrar la relación entre la cuerda conocida BG y la cuerda desconocida DG. Para lograrlo, aplica un teorema que se remonta al propio Arquímedes.

En primer lugar, hay que recordar que, por construcción,

$$(104) \quad AB = AE$$

y que



**Figura 11.** Diagrama para la demostración del teorema de Arquímedes para cuerdas.

$$(105) \quad \text{arc}BAD = \text{arc}DAE.^{12}$$

Además, es obvio que

$$(106) \quad \text{los triángulos ABD y ADE comparten el lado AD.}$$

Por lo tanto, por (104), (105) y (106), y gracias a *Elem.* I 4 obtenemos que

$$(107) \quad BD = DE.$$

Pero, por construcción sabemos que

$$(108) \quad BD = DG.$$

Por lo tanto, por (107) y (108) obtenemos que

$$(109) \quad DG = DE.$$

Por (109) obtenemos que

$$(110) \quad \text{el triángulo EDG es isósceles}$$

y dado que DZ es, por construcción, perpendicular a EG, entonces

$$(111) \quad \text{el segmento DZ bisecta el segmento EG}$$

y

$$(112) \quad EZ = ZG.$$

Pero se da, por construcción, que

$$(113) \quad EG = AG - AE$$

Y que

$$(114) \quad AE = AB.$$

Por lo tanto, por (113) y (114) obtenemos que

$$(115) \quad EG = AG - AB.$$

Además, por (111) sabemos que

$$(116) \quad ZG = \frac{1}{2}EG.$$

Entonces, por (115) y (116) obtenemos que

$$(117) \quad ZG = \frac{1}{2}(AG - AB).$$

Si, como dijimos al inicio, la cuerda BG es conocida, y dado que por *Elem.* III 31 el triángulo AGB es un triángulo rectángulo, entonces por *Elem.* I 47 es posible llevar adelante un

---

<sup>12</sup> Esta proposición, que era casi evidente para un antiguo a partir de la construcción hecha, necesita quizá de alguna justificación para un lector moderno. La demostración es fácil: puesto que los arcos subtendidos desde el centro por las cuerdas BD y DG son, por construcción, iguales, entonces gracias a *Elem.* III 20 también lo son desde cualquier punto sobre la circunferencia, incluido el punto A sobre el diámetro determinado.

procedimiento idéntico al indicado en el segundo nivel de valores (pág. 118) y obtener la cuerda AB.

Si suponemos que

$$(118) \quad AG = 2R,$$

entonces podemos obtener el valor de ZG como

$$(119) \quad ZG = \frac{1}{2} \left( 2R - \sqrt{(2R)^2 - BG^2} \right).$$

Además, dado que ADG es un triángulo rectángulo, y que el segmento DZ parte del ángulo recto hacia la hipotenusa del triángulo, entonces por *Elem.* VI 8 obtenemos que

$$(120) \quad \text{los triángulos ADG y DZG son semejantes.}$$

Entonces, por (120) sabemos que

$$(121) \quad \frac{AG}{GD} = \frac{GD}{GZ}$$

y por lo tanto

$$(122) \quad AG \cdot GZ = GD^2$$

de donde se deriva

$$(123) \quad \sqrt{AG \cdot GZ} = GD$$

Así, gracias a (118), (119) y (123) obtenemos que

$$(124) \quad \sqrt{2R \cdot \frac{1}{2} \left( 2R - \sqrt{(2R)^2 - BG^2} \right)} = GD.$$

Así se obtiene la cuerda de arcDG, que es la mitad de arcBG, cuya cuerda es conocida desde el inicio. Como dice Ptolomeo (I, 10; H1 40-41; 53), este procedimiento permite obtener una gran cantidad de cuerdas nuevas. De especial interés son, según Ptolomeo, las cuerdas obtenidas para  $6^\circ$ ,<sup>13</sup>  $3^\circ$ ,  $1\frac{1}{2}^\circ$  y  $\frac{3}{4}^\circ$ .

De hecho, con las cuerdas obtenidas hasta el tercer nivel, y estos tres –o cuatro, si contamos el de  $6^\circ$ – resultados nuevos, es posible obtener todas las cuerdas con intervalos de  $1\frac{1}{2}^\circ$ . Para alcanzar estos resultados, Ptolomeo indica un nuevo procedimiento, con el cual es posible obtener la cuerda de un arco que sea la suma de dos arcos cuyas cuerdas ya son conocidas.

### Quinto nivel de valores

Para demostrar el teorema que permite llevar adelante el procedimiento, Ptolomeo pide (I, 10; H1 41; 53) construir un círculo con centro en Z y diámetro AD (ver Figura 13). Luego determinar dos arcos sucesivos AB y AG. Después, determinar el diámetro BE y, por último, unir AB, AG, AD, BG, BD, GD, GE y DE.

Por *Elem.* III 31 sabemos que

<sup>13</sup> Es extraño que Ptolomeo indique esto explícitamente, ya que, como vimos, podía obtener la cuerda de  $6^\circ$  a través del procedimiento del tercer nivel.

(125) el triángulo BGE es un triángulo rectángulo

y, por construcción

$$(126) \quad BE = 2R.$$

Entonces, a través del procedimiento indicado en el segundo nivel, dada la cuerda BG se puede obtener la cuerda GE, por *Elem. I 47*. Así queda la siguiente igualdad:

$$(127) \quad GE = \sqrt{(2R)^2 - BG^2}.$$

Además sabemos, por construcción, que

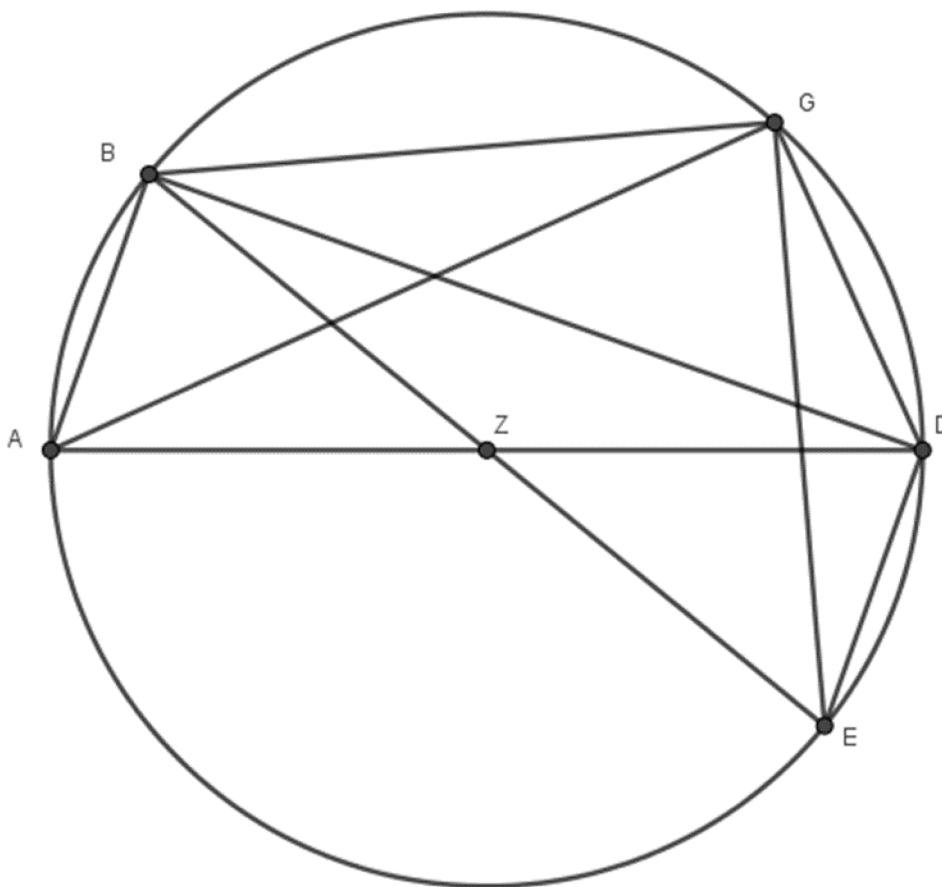
$$(128) \quad AD = 2R.$$

Ahora bien, el triángulo ADB también es un triángulo rectángulo y, por *Elem. I 47*, es posible obtener, dado AB, el valor de BD, de tal modo que

$$(129) \quad BD = \sqrt{(2R)^2 - AB^2}.$$

Por último, el triángulo BED es también un triángulo rectángulo. Del mismo modo, dado BD, es posible obtener DE, de tal modo que

$$(130) \quad DE = \sqrt{(2R)^2 - BD^2}.$$



**Figura 12.** Diagrama para la demostración del teorema que permite obtener la cuerda de un arco que sea la suma de dos arcos cuyas cuerdas ya son conocidas.



Entonces, por (129) y (130) obtenemos que

$$(131) \quad DE = \sqrt{(2R)^2 - \left(\sqrt{(2R)^2 - AB^2}\right)^2}.$$

Además, por el teorema de Ptolomeo (95)– sabemos que, para el cuadrilátero BGDE inscrito en el círculo con centro en Z, se da que

$$(132) \quad BD \cdot GE = BG \cdot DE + GD \cdot BE.$$

Así, por (126), (127), (129), (131) obtenemos que

$$(133) \quad \sqrt{(2R)^2 - AB^2} \cdot \sqrt{(2R)^2 - BG^2} = BG \cdot \sqrt{(2R)^2 - \left(\sqrt{(2R)^2 - AB^2}\right)^2} + GD \cdot 2R.$$

y por lo tanto

$$(134) \quad \frac{\sqrt{(2R)^2 - AB^2} \cdot \sqrt{(2R)^2 - BG^2} - BG \cdot \sqrt{(2R)^2 - \left(\sqrt{(2R)^2 - AB^2}\right)^2}}{2R} = GD.$$

Por lo tanto

$$(135) \quad \text{dados AB y BG, está dado también GD.}$$

Pero el triángulo ADG es un triángulo rectángulo. Entonces, por *Elem.* I 47 obtenemos que

$$(136) \quad GA = \sqrt{(2R)^2 - GD^2}.$$

Entonces sabemos que

$$(137) \quad \text{dado GD, están dado también GA,}$$

de tal modo que

$$(138) \quad GA = \sqrt{(2R)^2 - \left(\frac{\sqrt{(2R)^2 - AB^2} \cdot \sqrt{(2R)^2 - BG^2} - BG \cdot \sqrt{(2R)^2 - \left(\sqrt{(2R)^2 - AB^2}\right)^2}}{2R}\right)^2}.$$

Así se obtiene GA, que es la cuerda del arco AG, el cual es la suma de los arcos AB y BG, cuyas cuerdas son las conocidas desde el inicio.

Así Ptolomeo obtiene todos los valores de las cuerdas con intervalos de  $1\frac{1}{2}^\circ$ .

### Sexto nivel de valores

Para completar la tabla de cuerdas, Ptolomeo calcula la cuerda de  $1^\circ$  y, a partir de ella, calcula la de  $\frac{1}{2}^\circ$  a través del procedimiento indicado en el cuarto nivel –pág. 125–. Para obtener el valor de la cuerda de  $1^\circ$ , Ptolomeo aplica un método que permite obtener valores de cuerdas aproximando al nivel de precisión que se desee. En ese sentido, el método supone una novedad en la construcción de la tabla. Como dice Ptolomeo (I, 10; H1 43; 54), dado que el valor de la cuerda buscada es muy pequeño, este teorema es útil para

el caso en cuestión. Para demostrarlo necesita, en primer lugar, de la demostración de un teorema previo.

Para hacerlo, es necesario construir una figura relativamente compleja.

Ver Figura 14. Determinar un círculo y una cuerda AG. Luego determinar el punto B de tal modo que queden trazadas dos cuerdas desiguales: AB más pequeña y BG más grande. Por *Elem.* VI 3 sabemos cómo es posible bisectar un arco. De ese modo, bisectar el arco arcABG con el segmento BED, de tal modo que E se halle sobre AG, y D sobre la circunferencia. Luego trazar una línea DZ perpendicular a AG, de tal modo que Z se encuentre sobre AG. Unir AD y GD. Luego, trazar un círculo con centro en D, y radio DE. Por último, determinar los puntos H y  $\Theta$  sobre el círculo con centro en D, de tal modo que H se encuentre sobre AD y  $\Theta$  sobre la prolongación de DZ.

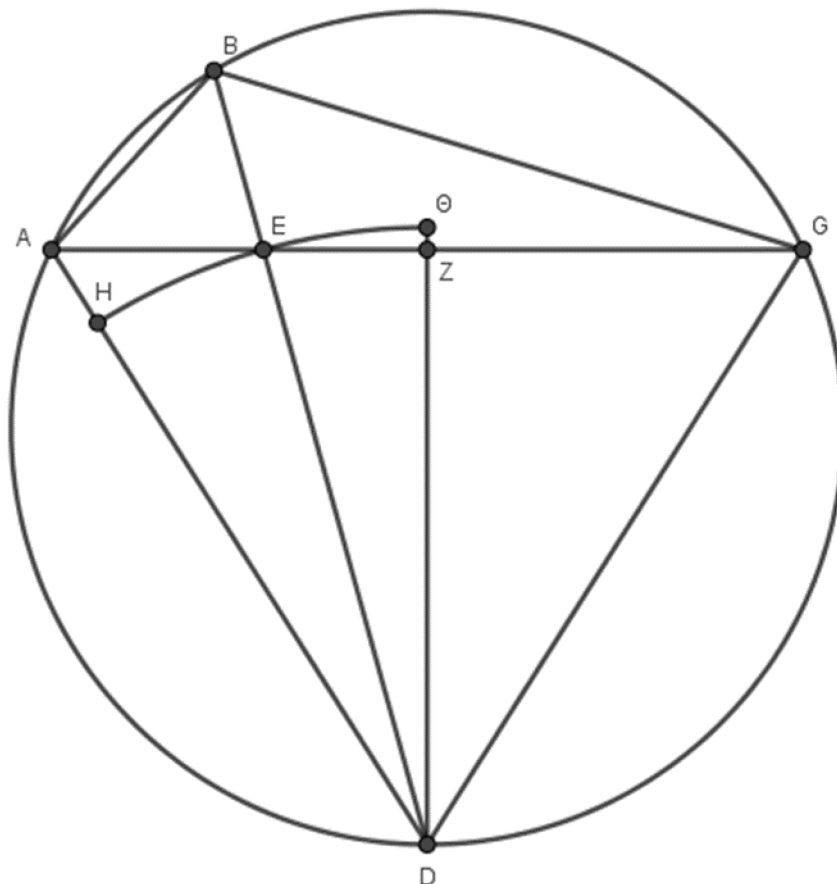
Ahora bien, por *Elem.* III 27 obtenemos que

$$(139) \quad \text{arc}ABD = \text{arc}AGD$$

y que

$$(140) \quad \text{arc}GBD = \text{arc}GAD$$

Por construcción sabemos que



**Figura 13.** Primer diagrama para hallar la cuerda de  $1^\circ$ .

$$(141) \quad \text{arc}ABD = \text{arc}GBD.$$

Por lo tanto, por (139), (140) y (141) obtenemos que

$$(142) \quad \text{arc}AGD = \text{arc}GAD.$$

Entonces, por (142) y gracias a *Elem. I 6* sabemos que, en el triángulo AGD

$$(143) \quad AD = GD.$$

Ahora bien, por construcción se da que

$$(144) \quad AB < BG.$$

Además, sabemos que

$$(145) \quad \text{el segmento BE bisecta el arco arcABG que pertenece al triángulo ABD.}$$

Por lo tanto, por *Elem. VI 3* obtenemos que

$$(146) \quad AE < GE.$$

Además, por *Elem. I 32* obtenemos que en el triángulo ABE

$$(147) \quad \text{arc}BEA + \text{arc}EBA + \text{arc}BAE = 180^\circ.$$

Pero por construcción sabemos que arcDEA es el arco suplementario de arcBEA, por lo tanto

$$(148) \quad \text{arc}BEA + \text{arc}DEA = 180^\circ.$$

Entonces, por (147) y (148) obtenemos que

$$(149) \quad \text{arc}DEA = \text{arc}EBA + \text{arc}BAE$$

Pero por (139) y (142) obtenemos que

$$(150) \quad \text{arc}ABD = \text{arc}GAD$$

Y por construcción sabemos que

$$(151) \quad \text{arc}ABD = \text{arc}EBA.$$

Por lo tanto, por (150) y (151) obtenemos que

$$(152) \quad \text{arc}EBA = \text{arc}GAD.$$

Por construcción sabemos que

$$(153) \quad \text{arc}GAD = \text{arc}EAD$$

por lo tanto, por (152) y (153) obtenemos que

$$(154) \quad \text{arc}EBA = \text{arc}EAD.$$

Así, por (149) y (154) llegamos a

$$(155) \quad \text{arc}DEA = \text{arc}EAD + \text{arc}BAE.$$

Por lo tanto sabemos que

$$(156) \quad \text{arc}DEA > \text{arc}EAD.$$

Entonces, por (156) y gracias a *Elem.* I 18 obtenemos que en el triángulo EAD

$$(157) \quad AD > ED.$$

Además, en el triángulo rectángulo EZD, ED es la hipotenusa, y ZD un cateto, por lo tanto

$$(158) \quad ED > ZD.$$

Así, por (157) y (158) obtenemos que

$$(159) \quad AD > ED > ZD.$$

Por lo tanto, como dice Ptolomeo (I, 10; H1 44; 55), se da que

$$(160) \quad \text{“[...] un círculo trazado con centro en D y radio DE intersecará a AD, y pasará más allá de DZ.”}$$

A partir de (160) se deduce que

$$(161) \quad \text{sector } DE\theta > \text{triángulo } DEZ$$

y que

$$(162) \quad \text{triángulo } DEA > \text{sector } DEH.$$

Por lo tanto, por (161) y (162) se obtiene que

$$(163) \quad \frac{\text{triángulo } DEZ}{\text{triángulo } DEA} < \frac{\text{sector } DE\theta}{\text{sector } DEH}.$$

Gracias a *Elem.* VI 1 sabemos que

$$(164) \quad \frac{\text{triángulo } DEZ}{\text{triángulo } DEA} = \frac{EZ}{EA}$$

Por lo tanto, por (163) y (164) obtenemos que

$$(165) \quad \frac{EZ}{EA} < \frac{\text{sector } DE\theta}{\text{sector } DEH}.$$

Además, en el círculo con centro en D, se da que

$$(166) \quad \frac{\text{sector } DE\theta}{\text{sector } DEH} = \frac{\text{arc}\theta DE}{\text{arc}EDH}.$$

Pero por construcción sabemos que

$$(167) \quad \text{arc}\theta DE = \text{arc}ZDE$$

y que

$$(168) \quad \text{arc}EDH = \text{arc}EDA.$$

Por lo tanto, por (166), (167) y (168) obtenemos que

$$(169) \quad \frac{\text{sector } DE\theta}{\text{sector } DEH} = \frac{\text{arc}ZDE}{\text{arc}EDA}.$$

Entonces por (165) y (169) obtenemos que

$$(170) \quad \frac{EZ}{EA} < \frac{\text{arc}ZDE}{\text{arc}EDA}.$$

Si aplicamos *componendo* a (170) obtenemos que

$$(171) \quad \frac{EZ+EA}{EA} < \frac{\text{arc}ZDE+\text{arc}EDA}{\text{arc}EDA}.$$

Además, por construcción sabemos que

$$(172) \quad EZ + EA = AZ.$$

y que

$$(173) \quad \text{arc}ZDE + \text{arc}EDA = \text{arc}ZDA.$$

Por lo tanto, por (171), (172) y (173) obtenemos que

$$(174) \quad \frac{AZ}{EA} < \frac{\text{arc}ZDA}{\text{arc}EDA}.$$

A partir de (174) se llega a

$$(175) \quad \frac{2 \cdot AZ}{EA} < \frac{2 \cdot \text{arc}ZDA}{\text{arc}EDA}.$$

Además, por construcción sabemos que

$$(176) \quad \text{los triángulos AZD y GZD son triángulos rectángulos}$$

y que

$$(177) \quad \text{comparten el cateto ZD.}$$

Por lo tanto, por (143), (176) y (177) obtenemos que

$$(178) \quad \text{los triángulos rectángulos AZD y GZD tienen un cateto y la hipotenusa iguales, por lo que sus catetos restantes son iguales.}$$

Por lo tanto,

$$(179) \quad AZ = GZ.$$

Además, a partir de (178) se obtiene que los dos triángulos tienen los tres lados iguales, por lo que sus arcos correspondientes también son iguales. Entonces,

$$(180) \quad \text{arc}ZDA = \text{arc}ZDG.$$

Además por construcción sabemos que

$$(181) \quad AZ + GZ = AG$$

y que

$$(182) \quad \text{arc}ZDA + \text{arc}ZDG = \text{arc}ADG.$$

Entonces por (179) y (181) obtenemos que

$$(183) \quad AZ + AZ = AG$$

y por (180) y (182) obtenemos que

$$(184) \quad \text{arc}ZDA + \text{arc}ZDA = \text{arc}ADG.$$

Entonces por (175), (183) y (184) obtenemos que

$$(185) \quad \frac{AG}{EA} < \frac{\text{arc}ADG}{\text{arc}EDA}.$$

Luego, si se aplica *dividendo* a (185) obtenemos que

$$(186) \quad \frac{AG-EA}{EA} < \frac{\text{arc}ADG-\text{arc}EDA}{\text{arc}EDA}.$$

Pero, por construcción, sabemos que

$$(187) \quad AG-EA = GE$$

y que

$$(188) \quad \text{arc}ADG-\text{arc}EDA = \text{arc}EDG.$$

Entonces, por (186), (187) y (188) obtenemos que

$$(189) \quad \frac{GE}{EA} < \frac{\text{arc}EDG}{\text{arc}EDA}.$$

Pero, por *Elem.* VI 3, sabemos que

$$(190) \quad \frac{GE}{EA} = \frac{GB}{BA}.$$

Además, por construcción sabemos que

$$(191) \quad \text{arc}GDE = \text{arc}GDB$$

y que

$$(192) \quad \text{arc}EDA = \text{arc}BDA.$$

También sabemos que

$$(193) \quad \frac{\text{arc}GDB}{\text{arc}BDA} = \frac{\text{arc}GB}{\text{arc}BA}.$$

Por (189), (191) y (192) obtenemos que

$$(194) \quad \frac{GE}{EA} < \frac{\text{arc}BDG}{\text{arc}BDA}.$$

Entonces, por (193) y (194) obtenemos que

$$(195) \quad \frac{GE}{EA} < \frac{\text{arc}GB}{\text{arc}BA}.$$

Una vez que queda demostrado (195), Ptolomeo pide (I, 10; H1 45; 55) construir un círculo, sobre el cual se hallan los puntos A, B y G, de tal modo que la cuerda AB sea menor a la cuerda AG (ver Figura 15).<sup>14</sup>

Por construcción sabemos que

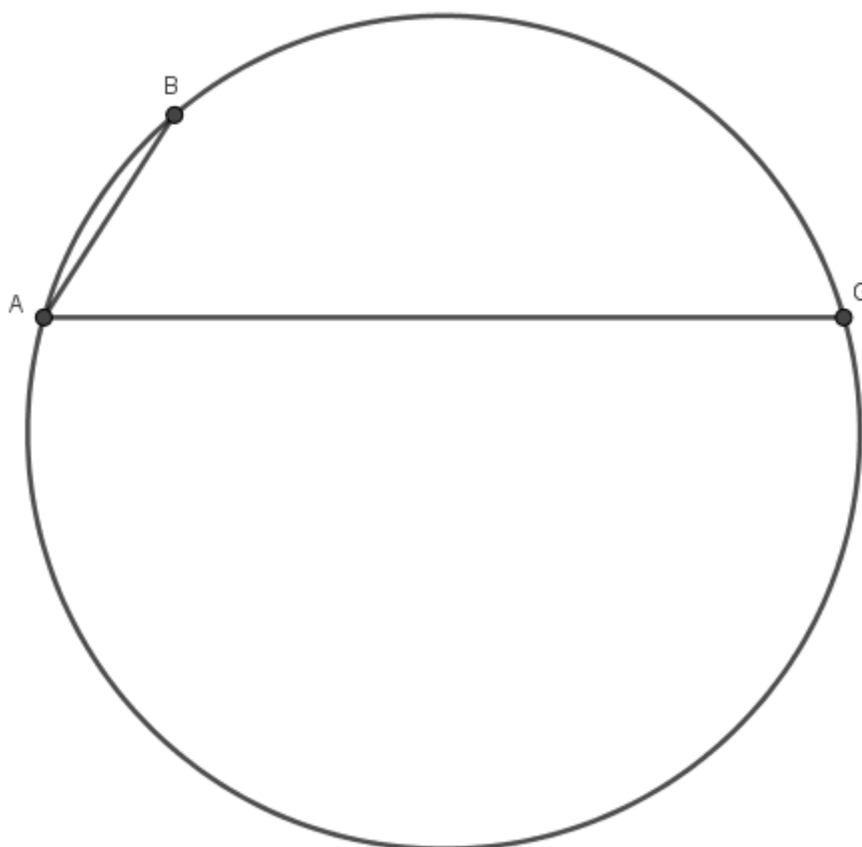
$$(196) \quad \frac{AG}{BA} = \frac{\text{arc}AG}{\text{arc}AB}.$$

Ahora bien, supongamos que

$$(197) \quad AG = \text{crd}(1^\circ)$$

---

<sup>14</sup> En realidad, la nueva figura pedida es la anterior, excepto que se ha simplificado para que queden sólo los elementos necesarios para la última parte de la prueba.



**Figura 14.** Segundo diagrama para hallar la cuerda de  $1^\circ$ .

y que

$$(198) \quad AB = \text{crd}\left(\frac{3}{4}^\circ\right).$$

Entonces se da que

$$(199) \quad \text{arc}AG = \frac{4}{3} \cdot \text{arc}AB.$$

A partir de (199) Ptolomeo deduce que

$$(200) \quad AG < \frac{4}{3} \cdot AB.$$

El paso de (199) a (200) es realizado en el *Almagesto* sin explicación alguna. La justificación, sin embargo, se halla en la conclusión a la que toda la demostración previa apunta –(195)–: a medida que un arco crece, la cuerda correspondiente también crece, aunque a un ritmo menor. Esto significa que si tengo una cuerda  $x$  que es menor a una cuerda  $y$ , y quiero igualarlas, siempre va a ser necesario multiplicar la cuerda  $x$  por un múltiplo menor que el necesario para igualar al arco  $x$  correspondiente con el arco  $y$ . En el caso de que utilice el mismo múltiplo que el usado para igualar las cuerdas, entonces la relación final no va a ser de igualdad, sino de desigualdad. En el caso de los pasos (199) y (200), se multiplica al arco  $AB$  y a la cuerda  $AB$  por el mismo múltiplo, a saber,  $\frac{4}{3}$ . En el caso del arco, esto significa que va a llegarse a una igualdad con el arco  $AG$ , dado que  $\text{arc}AG$  representa  $1^\circ$ , y  $\text{arc}AB$  representa  $\frac{3}{4}^\circ$ . Pero en el caso de la cuerda, la diferencia

entre las cuerdas correspondientes no es tan grande como aquélla que hay entre los arcos, por lo que si se multiplica a AB por el mismo número se va a llegar a una desigualdad en la que el miembro que contiene a AB va a ser mayor que el que contiene a AG.

Entonces, por (197), (198) y (200) obtenemos que

$$(201) \quad \text{crd}(1^\circ) < \frac{4}{3} \text{crd}\left(\frac{3}{4}^\circ\right).$$

Ahora bien, en el cuarto nivel Ptolomeo había obtenido el valor de la cuerda de  $\frac{3}{4}^\circ$  la cual es, dado un radio de 60 partes para el círculo, 0;47,8 partes. Por lo cual

$$(202) \quad \text{crd}(1^\circ) < \frac{4}{3} \cdot 0;47,8^p$$

a partir de lo cual se obtiene que, con aproximación

$$(203) \quad \text{crd}(1^\circ) < 1;2,50^p.$$

Luego Ptolomeo lleva adelante el mismo procedimiento, sólo que ahora suponiendo que

$$(204) \quad AG = \text{crd}\left(1\frac{1}{2}^\circ\right)$$

y que

$$(205) \quad AB = \text{crd}(1^\circ).$$

Si esto es así, llegamos a una relación entre AG y AB tal que

$$(206) \quad \text{crd}\left(1\frac{1}{2}^\circ\right) < \frac{3}{2} \text{crd}(1^\circ)$$

y por lo tanto

$$(207) \quad \frac{2}{3} \text{crd}\left(1\frac{1}{2}^\circ\right) < \text{crd}(1^\circ).$$

Ptolomeo había obtenido, también entre los resultados del cuarto nivel, el valor de la cuerda de  $1\frac{1}{2}^\circ$ , de tal modo que para un radio de 60<sup>p</sup> en el círculo, el valor de la cuerda es 1;34,15<sup>p</sup>. Por lo cual

$$(208) \quad \frac{2}{3} \cdot 1;34,15^p < \text{crd}(1^\circ)$$

A partir de lo cual se obtiene

$$(209) \quad 1;2,50^p < \text{crd}(1^\circ).$$

En (203) y (209) encontramos que  $\text{crd}(1^\circ)$  es menor y mayor que 1;2,50<sup>p</sup>, para un círculo con radio 60<sup>p</sup>. Esto es posible, por supuesto, sólo porque Ptolomeo ha anotado hasta la segunda posición sexagesimal. De hecho,  $\frac{4}{3} \cdot 0;47,8^p = 1;2,50,39,59,59$ , mientras que  $\frac{2}{3} \cdot 1;34,15^p = 1;2,50,0,0$ . Esos son, pues, los dos valores límite para  $\text{crd}(1^\circ)$ . Ptolomeo, como vimos, simplifica la expresión, y dice que “[...] dado que se ha mostrado que la cuerda de  $1^\circ$  es tanto mayor como menor que la misma cantidad, podemos establecerla como, aproximadamente, 1;2,50<sup>p</sup>, donde el diámetro es 120<sup>p</sup>.” (I, 10; H1 46; 56).



Luego, conociendo  $\text{crd}(1^\circ)$ , Ptolomeo es capaz de calcular el valor de la cuerda de  $\frac{1}{2}^\circ$ , a través del procedimiento del cuarto nivel de valores, esto es, calcular la cuerda de un arco que es la mitad de otro arco cuya cuerda ya es conocida.

Dado que Ptolomeo ya conocía los valores de todas las cuerdas con intervalos de  $1\frac{1}{2}^\circ$ , este conocimiento adicional de la cuerda de  $\frac{1}{2}^\circ$  es todo lo que necesita para completar toda la tabla que ha diseñado. Esto es porque así tiene los procedimientos indicados en el tercero y quinto nivel de valores, con los cuales puede obtener las cuerdas de arcos que sean el resultado de sumar o restar dos arcos cuyas cuerdas ya se conocen. Lo único que debe hacer es ir aplicando estos procedimientos sumando o restando  $\frac{1}{2}^\circ$  a los arcos cuyas cuerdas ya se conocen.

## 5. Conclusión

La composición de la tabla de cuerdas en el *Almagesto* era, presumiblemente, un trabajo que Ptolomeo no esperaba que se repitiera en cada ocasión en la que una obra con argumentos geométricos lo requiriese. En ese sentido, la sección en la que explica los algoritmos que hay que seguir para calcular los diversos valores de la tabla puede parecer, inicialmente, una parte innecesaria en lo que, después de todo, es una obra astronómica. Es posible, entonces, que la intención de Ptolomeo haya sido meramente la de justificar su propia tabla, dando la posibilidad a los lectores más entrenados de revisar los valores que él daba. O tal vez la inclusión de la sección argumentativa en este capítulo trigonométrico era un lugar común en las obras astronómicas de la época. Dado el éxito del *Almagesto*, las obras contemporáneas dejaron de ser copiadas, y por tanto no llegaron a nosotros. Sea cual sea la intención original que tuvo Ptolomeo al incluir la sección en la obra, es para nosotros una ventana privilegiada para asomarnos a los orígenes de la trigonometría griega. Es mi esperanza que este trabajo técnico sea una introducción a la misma, y un texto que ayude a enfrentarse de una manera más amable con la fuente original.

## Referencias

- Aristarco de Samos. (2020). *Acerca de los tamaños y las distancias del Sol y la Luna*. (R. Buzón, & C. Carman, Trans.) Barcelona: Universitat de Barcelona Edicions.
- Euclides. (1991). *Elementos*. (M. L. Puerta Castaños, Trad.) Madrid: Gredos.
- Neugebauer, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (Vol. I). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Pedersen, O. (2010). *A Survey of the Almagest: with annotation and new commentary by Alexander Jones*. (A. Jones, Ed.) New York: Springer.
- Ptolemy, C. (1984). *Almagest*. En G. Toomer, *Ptolemy's Almagest* (G. Toomer, Trad., pp. 27-659). Princeton: Princeton University Press.
- Ptolomeo, C. (1898-1903). *Syntaxis Mathematica* (J. L. Heiberg, Ed.). Leipzig: Teubner.
- Recio, G. L. (2018). La longitud lunar en el *Almagesto* de Ptolomeo: el primer modelo. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 3(1), 32-60.

Van Brummelen, G. (2009). *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

# El cambio teórico según Kuhn y las teorías del cambio conceptual en el aprendizaje de la ciencia

## Una mirada crítica de sus relaciones

Alicia Mabel Zamudio<sup>1</sup>  
José Antonio Castorina<sup>2</sup>

Recibido: 16 de septiembre de 2020

Aceptado: 31 de agosto de 2021

---

**Resumen:** El denominado “giro historicista” en la filosofía de la ciencia de los años 60 abrió la discusión epistemológica sobre el cambio teórico en la historia de la ciencia, introduciendo el problema de la discontinuidad entre las teorías y otorgando relevancia a los procesos sociales y cognitivos que contribuían a explicar la permanencia y el cambio en diferentes campos del conocimiento. Esta perspectiva resultó atractiva para muchos investigadores en la enseñanza de las ciencias y psicólogos interesados en los cambios conceptuales involucrados en los procesos de aprendizaje de las disciplinas científicas. A tal punto que adoptaron algunas categorías relativas al cambio teórico propias de la nueva filosofía de la ciencia, y en particular de la perspectiva de Kuhn, para caracterizar procesos de cambio conceptual de los sujetos en el desarrollo y el aprendizaje. En este trabajo nos proponemos analizar algunos de los problemas que podrían resultar del uso de esas categorías, específicamente de la noción de inconmensurabilidad, si se consideran las diferencias del sujeto del cambio conceptual en la historia de la ciencia y en los procesos de aprendizaje de conceptos científicos y las condiciones específicas de sus transformaciones. Argumentaremos que la especificidad de los procesos de cambio conceptual en el aprendizaje plantea dificultades epistemológicas para que éste pueda ser explicado a partir de algunas categorías kuhnianas relativas al cambio teórico en el desarrollo de una ciencia madura, tal como lo han intentado algunos investigadores. Entendemos que este proceso de asimilación categorial constituye una forma de *aplicacionismo*. Sin embargo, reconocemos el innegable valor heurístico de la reflexión cruzada entre disciplinas.

**Palabras clave:** Teorías del cambio conceptual; inconmensurabilidad local; aplicacionismo; reflexión cruzada.

**Title:** Theoretical change in Kuhn and conceptual change theories in science learning: A critical approach to their relationships.

**Abstract:** The so-called “historical turn” in the philosophy of science from the sixties opened the epistemological discussion on theoretical change in the history of science and

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Lanús | Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires | CONICET, Buenos Aires, Argentina.

✉ [aliciazamudio62@yahoo.com.ar](mailto:aliciazamudio62@yahoo.com.ar) |  [0000-0002-3674-4445](https://orcid.org/0000-0002-3674-4445)

Zamudio, Alicia Mabel, & Castorina, José Antonio. (2021). El cambio teórico según Kuhn y las teorías del cambio conceptual en el aprendizaje de la ciencia: Una mirada crítica de sus relaciones. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, (2021), 6(1), 139–157.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/30265/>



introduced the issue of discontinuity among theories, giving relevance to social and cognitive processes that contributed to explain permanence and change in different fields of knowledge. These perspectives became attractive to many researchers in science education and psychologists, interested in conceptual change involved in learning processes of scientific disciplines. In such a way, that they adopted categories related to theoretical change from the “new philosophy of science”, particularly from Kuhn’s perspective, to characterize processes of conceptual change in development and learning. We will discuss the epistemological difficulties that emerge when theorists of conceptual change in science learning try to explain this process with Kuhnian categories related to theoretical change in the development of a mature science. We understand that this assimilation of categories constitutes a form of *applicationism*. However, we recognize the undeniable heuristic value of cross-disciplinary reflection.

**Keywords:** Conceptual change theories; incommensurability; applicationism; cross-reflection.

**Agradecimientos:** a quienes han evaluado este artículo, ya que con su atenta y cuidadosa lectura, sus comentarios y preguntas contribuyeron a la mejora de nuestro trabajo.

---

## 1. Introducción

El cambio conceptual (en adelante, CC) ha sido entendido por algunos psicólogos del desarrollo y especialistas en enseñanza de las ciencias como un tipo de aprendizaje que implica cambios fundamentales en el contenido y organización del conocimiento disponible, con su consecuente reestructuración, así como la adquisición de nuevos conceptos relativos a dominios específicos de conocimiento. La investigación sobre el CC intenta, principalmente, explicar las dificultades de los estudiantes para aprender los conceptos más avanzados y contraintuitivos de áreas específicas de las ciencias, para luego intentar dar cuenta de la reorganización de sus conocimientos. Este tema ha dado lugar a un conjunto diverso y heterogéneo de investigaciones.

Es posible distinguir una línea de indagación centrada en caracterizar la naturaleza del conocimiento disponible, ideas ingenuas o saberes cotidianos –que parte de la literatura identifica como concepciones erróneas (*misconceptions*)<sup>3</sup>–, y su papel respecto del aprendizaje de conceptos científicos. Estas concepciones ingenuas se asimilan a una variedad de categorías epistémicas que suponen diferentes niveles de organización y sistematicidad: teorías en sentido débil (Carey, 2000; 1991; 1985; Gopnick & Wellman, 2002); conjuntos de conocimientos fragmentados no consistentes (Di Sessa, 2013; 2017); ecologías conceptuales (Strike & Posner, 1992); teorías específicas y teorías marco (Vosniadou, Skopeliti & Ikospentaski, 2005; Vosniadou, 2013). Di Sessa (2013; 2017) destaca la falta de consenso en torno a la naturaleza de las ideas ingenuas (*naive*

---

<sup>3</sup> Halldén, Scheja & Haglund (2013) identifican el acento puesto en la falibilidad y la dificultad como un racionalismo negativo en el que el saber disponible es identificado en términos de obstáculo en relación con la posibilidad del CC. Al respecto refieren a las diferencias con los estudios de Piaget cuyo objetivo consistía en identificar los rasgos del pensamiento infantil y no sus “deficiencias”. Más bien, estos rasgos constituían las bases de una explicación psicogenética del conocimiento como fundamento de una epistemología naturalizada.

*ideas*) y entiende que la oposición entre fragmentación y coherencia es epistemológica y empíricamente fundamental<sup>4</sup>.

Asimismo, las teorías se proponen explicar los mecanismos del CC, que no son independientes de los modos en que se caracteriza el conocimiento previo disponible. Por ejemplo, la teoría del *bootstrapping* de Carey (2004; 1999), que desarrollaremos en próximos apartados, representa uno de los intentos más sistemáticos de explicación de este fenómeno, especialmente en los dominios biológico y matemático. Sus indagaciones se centran en las concepciones espontáneas de los niños y no en las situaciones del aprendizaje escolar, reconociendo cierto rol al lenguaje y la cultura en ese proceso constructivo. Por su parte, la perspectiva denominada de las *teorías marco* de Vosniadou (2013) indaga especialmente el dominio de la física y la astronomía infantiles, e interpreta que el aprendizaje de la ciencia supone cambios fundamentales que no se restringen al contenido específico de las teorías ingenuas de un dominio determinado, sino que involucra cambios imprescindibles, con diferente grado de complejidad, de los compromisos ontológicos y epistemológicos de los sujetos. Señala, por ejemplo, en sus clásicas investigaciones sobre las concepciones infantiles acerca de la forma de la Tierra, que la comprensión del concepto científico requiere recategorizar la Tierra ontológicamente de un objeto físico a un objeto físico astronómico. Refiere también que el conocimiento epistemológico necesario para dar sentido a la teoría atómica de la materia incluye la naturaleza de los modelos científicos y sus relaciones con los objetos observados (Vosniadou, 2013).

Las investigaciones sobre CC abordan así la cuestión de la novedad cognitiva en los sujetos de aprendizaje e intentan explicar el surgimiento de un conocimiento a partir de otro disponible, pero, a su vez, irreductible a éste. Gran parte de estas investigaciones se proponen también fundamentar posibles intervenciones didácticas capaces de favorecer estos procesos de cambio. Algunos investigadores han postulado posibles analogías entre los procesos de CC a nivel subjetivo –en el marco del desarrollo espontáneo o del aprendizaje bajo condiciones artificialmente construidas en situaciones de enseñanza escolar de las ciencias– y el CC en la historia de la ciencia, según ha sido explicado y entendido por las epistemologías historizadas que han abordado la cuestión del cambio cognoscitivo. Como veremos más en detalle en próximos apartados, han sostenido esta analogía desde las investigaciones del CC, entre otros, Strike y Posner y, especialmente Carey, una de las más destacadas investigadoras actuales al respecto.

---

<sup>4</sup> Di Sessa (2013) ha tematizado específicamente la cuestión. Las posiciones enfrentadas en el debate son las que sostienen que las ideas previas o ingenuas constituyen fragmentos variados e independientes entre sí –Knowledge in Pieces (KIP)–, por un lado, y las que las identifican con totalidades coherentes relativas a un cierto dominio de conocimiento, asimilables a la categoría de teoría, por otro. La objeción planteada por Di Sessa a la versión coherentista se centra en la falta de claridad respecto de los requisitos que debe reunir una descripción de material empírico para poder predicar coherencia global, ya que a partir de un conjunto muy limitado de afirmaciones de los sujetos en un lenguaje natural se infiere una estructura. Sin embargo, los datos no resultan suficientes para analizar el tipo de relaciones que se establecen entre los elementos. Se requiere, por lo tanto, una especificación del tipo de relaciones que caracterizarían la estructura que, según el autor, está ausente en las investigaciones y carece de definiciones. Propone indagar el tipo de relaciones que caracterizan el conocimiento ingenuo y no predicar de este –casi a priori–, el tipo de relaciones que se establecen en la estructura relacional de los conceptos científicos. Desde la perspectiva KIP, la idea de coherencia global de las ideas previas puede resultar obstaculizadora para comprender el CC por lo que se considera necesario apuntar al nivel subconceptual y parcial

En lo que sigue nos proponemos analizar el problema de la asimilación de categorías surgidas en el seno de la filosofía de la ciencia de Kuhn, específicamente de la noción kuhniana de inconmensurabilidad, por ciertas investigaciones del CC en el aprendizaje para dar cuenta de este último. La tesis que sostenemos es que la pretensión de explicar el CC en el aprendizaje desde conceptualizaciones surgidas de la filosofía de la ciencia para dar cuenta del cambio teórico en la historia resulta problemática. Se requiere una revisión crítica de lo que consideramos una forma de *aplicacionismo*, al tiempo que sostendremos el valor de la reflexión cruzada entre las investigaciones del CC y la filosofía y la historia de la ciencia

## 2. Las investigaciones del cambio conceptual

Como lo hemos anticipado, la investigación sobre CC ofrece un panorama muy heterogéneo en múltiples aspectos relacionados con sus marcos interpretativos y sus supuestos epistemológicos. Es posible identificar entre los investigadores a psicólogos del desarrollo, enrolados en diferentes vertientes de la psicología cognitiva, y también a profesores de ciencias preocupados por las dificultades en el aprendizaje de conceptos científicos en diferentes dominios<sup>5</sup> (particularmente física, química, biología y, en menor medida, matemática y ciencias sociales). En ambos grupos es posible identificar autores que buscan en la filosofía de la ciencia de la segunda mitad del siglo XX, especialmente en Kuhn, una fuente capaz de proporcionar algunas categorías explicativas del proceso de CC en el sujeto que aprende. Interpretamos a estos ensayos como formas de aplicacionismo; es decir, de utilización con fines explicativos de categorías originadas en un cierto campo a otro campo diferente, sin considerar sus rasgos propios, para dar cuenta de los fenómenos de este último. En este sentido el *aplicacionismo* supone establecer analogías entre los fenómenos que se explican a través de las mismas categorías, y muchas veces homologías. Para ciertos psicólogos (Gellatly, 1997), atribuir al pensamiento infantil propiedades del conocimiento que producen las comunidades científicas, aun en un sentido debilitado, es un error o una falacia categorial en el sentido definido por Ryle en *The Concept of Mind*. Esto es, cuándo se introducen en una conjunción (o una disyunción) términos que pertenecen a distintas categorías (Ryle, 1967), lo que es semejante a la “transposición de géneros” caracterizada por Aristóteles. Los teóricos caerían en tal falacia al interpretar el desarrollo cognitivo de un individuo en los términos del desarrollo histórico de la ciencia, es decir, al suponer que un cambio de ideas individuales es equivalente a un cambio de teorías en la historia de una ciencia madura.

Posner y colaboradores (1982), desde la enseñanza de las ciencias, en un trabajo pionero, formularon su pregunta relativa al CC en los siguientes términos: ¿cómo pasan

---

<sup>5</sup> A qué refieren las teorías del CC cuando aluden a diferentes dominios de conocimiento resulta una cuestión problemática, ya que las distinciones que parecen adoptarse, más cercanas a las distinciones entre campos disciplinares, no se corresponden estrictamente con los dominios que configuran el conocimiento espontáneo del sujeto. Pozo (2003) reconoce una multiplicidad de taxonomías al respecto. Propone tres clases o tipos: el dominio psicológico, que corresponde a dominios nucleares o universales cognitivos del conocimiento humano, por ejemplo, el físico y el social; dominios epistemológicos, que responden al sistema de disciplinas en el que se clasifica el conocimiento en una sociedad y en un momento histórico dados; por último, dominios instruccionales que se corresponden con las disciplinas que se enseñan en la escuela

los estudiantes de una concepción C1 a una concepción C2?, entendiendo por “concepción” a un objeto cognitivamente complejo en el que se interrelacionan un conjunto de elementos. Según los autores, la mera identificación de las denominadas concepciones erróneas o marcos alternativos no constituye un aporte suficiente para comprender la relación entre las concepciones de los estudiantes y los nuevos conocimientos, que resultan incompatibles entre sí. Entienden que una mejor y más adecuada fuente de hipótesis para explicar el CC se encuentra en la filosofía de la ciencia que ha considerado como cuestión central “cómo los conceptos cambian ante el impacto de nuevas ideas” (Posner et al., 1982, p. 211). Se proponen construir así un modelo general del CC derivado de la filosofía de la ciencia que ilumine el problema del aprendizaje. Parten de considerar que el aprendizaje es una actividad racional, es decir, que “el aprendizaje concierne a las ideas, su estructura y la evidencia disponible para sostenerlas. No se trata simplemente de la adquisición de un conjunto de respuestas correctas, comportamientos o repertorio verbal” (Strike et al., 1982, p. 212). Sostienen así que existe un patrón común de CC en el aprendizaje y en la ciencia. Entendemos que el supuesto en este caso es el de una homología. Los propios términos de la teoría del CC que sostienen los autores se identifican con la concepción de Kuhn del cambio teórico en la historia. De este modo consideraron el CC en el aprendizaje como el reemplazo de viejas concepciones por otras nuevas, al modo del paso de un paradigma a otro en un proceso de revolución científica. Asimilaron la resistencia al cambio de un paradigma con la persistencia de las denominadas concepciones erróneas. Según los autores, el CC es radical y discontinuo y requiere que haya disconformidad con las concepciones existentes (como en los períodos de crisis en el desarrollo de una ciencia madura), que exista una concepción alternativa que sea inteligible, que la nueva concepción resulte plausible y sea fructífera (Strike et al., 1982). Los autores transfieren así las categorías asimilando los sujetos de aprendizaje a las comunidades científicas y las condiciones creadas en los procesos de enseñanza con las condiciones históricas del desarrollo de las ciencias. En este marco el conflicto cognitivo adquiere un papel central en el reemplazo de ideas anteriores por otras nuevas en los sujetos del aprendizaje en las explicaciones del CC. Sin embargo, las investigaciones empíricas han mostrado que el conflicto cognitivo no siempre produce esos cambios. Las ideas preexistentes rara vez son completamente eliminadas, sino que conviven como parte del sistema de creencias del sujeto y son utilizadas en distintos contextos para la explicación de fenómenos análogos. Éstas, a su vez, parecen bastante consistentes en contextos o subdominios concretos, aunque carezcan de consistencia global (Gómez Crespo & Pozo, 2014). Strike y Posner (1992) publicaron un artículo crítico a su propuesta original en el que consideraron necesarias algunas revisiones, a saber: la necesidad de considerar un espectro más amplio de factores para describir lo que denominarán *ecología conceptual*<sup>6</sup> de un estudiante, incluyendo motivos y objetivos, así como las fuentes institucionales y sociales; entender que las concepciones científicas y las concepciones erróneas pueden

---

<sup>6</sup> La noción de ecología se adopta metafóricamente para referirse a la interdependencia entre los elementos de un cierto sistema o conjunto sin suponer una perspectiva biológica del problema en cuestión. Subyace el supuesto de que el sistema conceptual del sujeto puede entenderse al modo de un sistema ecológico, en el sentido de que todos sus componentes se vinculan entre sí y que las variaciones en una parte tienen implicaciones en la totalidad del sistema.

coexistir con diferentes modalidades de representación y diferentes grados de articulación y que se requiere una perspectiva del desarrollo así como una perspectiva interaccionista acerca de las ecologías conceptuales. De este modo esta nueva versión debilita la idea de una sustitución radical como mecanismo de CC aceptando la convivencia de marcos alternativos, así como la necesidad de atender al nivel sub-conceptual. Asimismo, introduce en los procesos de cambio aspectos relacionados con los marcos institucionales y sociales en los que interactúan los sujetos, así como aspectos motivacionales no incluidos en la versión centrada exclusivamente en los sistemas de ideas relativas a un cierto dominio. Cabría aclarar que, si bien la versión original de Strike y colaboradores intentaba ser fiel a la perspectiva kuhniana del cambio teórico en la ciencia, ignoró aquellos aspectos que el propio Kuhn vinculó con las prácticas de las comunidades científicas en tanto este incluyó con carácter sustantivo el papel de las instituciones y la formación de los científicos en los procesos de aceptación y rechazo de paradigmas.

Por su parte, Carey (1991; 1999; 2000; 2004) estudió los rasgos de la transformación en el conocimiento cotidiano o intuitivo de los niños desde una perspectiva del desarrollo evolutivo –a diferencia de Strike y Posner cuyas indagaciones se originan en los problemas relativos al aprendizaje de conceptos científicos en el marco de la enseñanza escolar– y sostuvo también la tesis de la analogía entre CC en la historia de la ciencia y en el aprendizaje. La autora considera que los conocimientos ingenuos o intuitivos –en particular sobre el mundo biológico que es el dominio que aborda específicamente– constituyen teorías coherentes y sistemáticas. Pueden considerarse *teorías* ya que, si bien no han sido formuladas explícitamente como las de la ciencia, no se limitan a los fenómenos observables, permiten predecir ciertos fenómenos del dominio en cuestión, incluyen principios explicativos y son modificadas por la experiencia. Son *teorías en sentido débil*. El cambio de estas teorías a lo largo del desarrollo espontáneo de los niños adopta ciertas formas que son interpretadas explícitamente por Carey como semejantes a los cambios identificados por los historiadores de la ciencia en relación con el cambio científico (Castorina, 2006). Por ejemplo, en el dominio biológico, las investigaciones empíricas dan cuenta de que las nociones que para los niños más pequeños permanecen indiferenciadas en la noción de lo vivo como vivo, real, existente o activo en una teoría T1, se diferencian en T2 convirtiéndose en el concepto biológico intuitivo de *vida* que introduce diferenciaciones sustantivas respecto de la indiferenciación entre lo vivo y lo existente o real propia de T1. También el concepto de no vivo, que en T1 no es distinguible de lo irreal, lo no existente o lo ausente, se diferencia del concepto de *muerte* como propiedad de lo vivo en T2. Estas nociones son así reestructuradas progresivamente dentro de una biología del ciclo vital, superándose la perspectiva animista. La autora señala que es posible identificar procesos de diferenciación análogos en la historia de la ciencia. Refiere, por ejemplo, que en la historia de la química Black distinguió el concepto de calor y el de temperatura del concepto indiferenciado de grado de calor (Wiser & Carey, 1983). También es posible identificar cómo conceptos que pertenecían a categorías ontológicas nítidamente distinguibles en T1 se subsumen en una única categoría en T2. Por ejemplo, mientras a los cuatro años los niños distinguen con claridad entre plantas y animales, a los diez años los integran en el concepto superordinado de ser vivo. Este tipo de recategorización ontológica puede



identificarse en la historia de la ciencia en procesos de revolución científica. Carey menciona como ejemplo, en varios trabajos, el abandono que hace Galileo de la distinción ontológica entre movimiento natural y violento, propia de la física aristotélica, a partir de un nuevo concepto de movimiento que no admite tal distinción. Sin embargo, cabe señalar que la fuerte similitud propuesta por la autora entre estos ejemplos y el CC en el aprendizaje y el desarrollo es cuestionable. Por ejemplo, Thagard (1992) ha mostrado cambios dramáticos en las revoluciones científicas que no tienen parangón en la reestructuración de los conocimientos cotidianos. Darwin no reclasificó solamente a los seres humanos y los incluyó entre los animales, sino que transformó profundamente el significado del concepto de especie. Se ha reorganizado el principio mismo de la clasificación. No se encuentra algo parecido en el CC del conocimiento infantil.

La novedad es, para Carey, equivalente al surgimiento de un concepto no contenido en el anterior, por la vía de su relativización, indiferenciación-diferenciación e integración. Una vez que han elaborado T1 los sujetos han procedido a tirar (“*bootstrap*”) de dicha teoría para producir T2 por un movimiento interno que ha reestructurado las partes de T1, mediante un proceso de resignificación e interconexión de las ideas. Así, logran relativizar, diferenciar e integrar los conceptos de T1 en una nueva teoría T2.

La figura del *bootstrapping* fue utilizada por Quine (1960) para poner de relieve que una nueva teoría se elabora, al menos parcialmente, sin ser interpretada en los términos de algún concepto antecedente válido. Carey (2001) cita a Quine para emplear la metáfora y explicar con ella el cambio cognoscitivo cuyo punto de llegada (T2) trasciende el punto de partida (T1) (Castorina, 2006). Si bien la autora es consciente de la dificultad de interpretar el significado de la imagen, esto es, el verse a sí mismo tironeando de los propios saberes (por *bootstrapping*), decide sostener el término aludiendo “a sus credenciales históricas y porque busca explicar casos de aprendizaje que muchos han sostenido que son imposibles” (Carey, 2004: 59).

La autora introduce en su explicación del CC la idea kuhiana de inconmensurabilidad local. Según Carey hay *inconmensurabilidad parcial* (local) entre T1 y T2 ya que ciertos conceptos de T2 no se pueden formular en los términos de los conceptos de T1 o no es posible intertraducir los significados de los conceptos de ambas teorías. Así, un niño de ideas más avanzadas no podría explicar la muerte como lo hacía en términos de sus concepciones previas. Pero no todos los conceptos de T2 son inconmensurables con los de T1 ya que, de lo contrario, no habría posibilidad de plantear un mecanismo de cambio. Esto es, debe haber un saber continuo como, por ejemplo, respecto de la idea de *lo vivo*, que plantas y animales se desarrollan aumentando su tamaño o que requieren de alimentos, lo que conduce a los niños a buscar semejanzas entre los organismos. Se requieren conceptos que no se modifiquen de T1 a T2 para poder funcionar como materiales para la construcción conceptual (Carey, 1999; 2000). Con ciertas salvedades no menores relacionadas, entre otros aspectos, con los sujetos de conocimiento y la configuración epistémica de lo que se reconoce como teoría en cada caso, podrían aceptarse las comparaciones de ciertos rasgos del proceso cognitivo en el aprendizaje con los ejemplos aludidos en la historia de la ciencia. Más complejo resulta transferir la idea de *inconmensurabilidad local*. A este tema dedicaremos el próximo apartado.

### 3. Incommensurabilidad y cambio conceptual

Como sostienen Arabatzis y Kindi (2013), el CC no fue una preocupación central para la filosofía estándar de la ciencia dominada por las formulaciones del positivismo lógico para las que el cambio, e inclusive el abandono de teorías descansa sobre el terreno neutral de los términos observacionales y en las relaciones de deducibilidad del edificio teórico, en virtud de precisas reglas de correspondencia. El significado de cualquier concepto relativo a cualquier rama de la ciencia debe poder establecerse mediante una reducción gradual a otros conceptos, hasta llegar a los conceptos del nivel referido directamente a lo dado (Carnap, Hahn & Neurath, 2002). Por supuesto que la filosofía estándar no negó que en el desarrollo científico haya cambios e incluso abandono de teorías anteriores. Tampoco negó que nuevas teorías introduzcan nuevos términos teóricos. Lo que sí niega, al menos implícitamente, es que el desarrollo suponga una radical discontinuidad e interfiera en el significado de los términos que se conservan. La confianza en el lenguaje observacional y fisicalista sobre el que descansan las teorías garantiza la continuidad y permanencia del significado de los términos y, desde allí, la posibilidad de validación intersubjetiva. Justamente la novedad que introduce Kuhn, y también Feyerabend, es la idea de una *discontinuidad radical* en el desarrollo de la ciencia. El cambio teórico interfiere en el significado de los términos que pasan de una teoría a otra. Aunque propongan diferentes ideas del significado, ambos filósofos son herederos de Wittgenstein quien

rechazó la idea del significado como una entidad, ya sea en términos de una imagen mental, de un referente en el mundo de los objetos o de cierta clase de forma abstracta en el sentido platónico. El significado de una palabra está dado por su uso en el marco de un cierto lenguaje. Conocer el significado de un término o, lo que es equivalente, disponer del concepto correspondiente supone ser capaz de usarlo apropiadamente, pero ese uso no está dado por una definición que debe disponerse *a priori* sino por el uso apropiado aprendido en las prácticas en las que los usuarios de un lenguaje son expuestos a ejemplos concretos de sus aplicaciones (Arabatzis & Kindi, 2013, pp. 345–346).

Para Kuhn, al menos en su versión inicial del desarrollo científico, nuestros conceptos acerca del mundo estructuran nuestra experiencia y nuestra percepción. Esos conceptos cambian de significado de paradigma en paradigma a lo largo de la historia sin una convergencia en un paradigma común. Estas características del cambio teórico están en el centro de su polémica idea de la *incommensurabilidad* entre paradigmas. La incommensurabilidad supone la ausencia de un patrón común o criterio por fuera de los paradigmas en disputa, que sustente la decisión entre paradigmas rivales. Según la versión de 1962, nuestra percepción del mundo es función del significado de los términos y conceptos científicos relativos a la teoría en la que aparecen. Galileo al observar el cuerpo que se balanceaba vio un péndulo, un cuerpo que casi lograba repetir el mismo movimiento una y otra vez hasta el infinito y no un cuerpo cayendo con dificultad hasta llegar a un estado de reposo natural como veían los aristotélicos. Este cambio de visión no puede residir en una observación más exacta y objetiva del cuerpo oscilante porque desde el punto de vista descriptivo ambas son igualmente exactas (Kuhn, 2006).

La idea de inconmensurabilidad ha sido central en la perspectiva kuhniana del cambio teórico y se convirtió en el blanco de tempranas críticas a su obra. Entre las múltiples objeciones que fueron planteadas merece especial atención, a los fines de nuestro análisis, la planteada por Achinstein (1968) que alude, precisamente, al problema del aprendizaje de una teoría: si el significado de los términos es teórico-dependiente nadie podría aprender una teoría si esta fuera explicada con términos cuyo significado haya sido comprendido antes de aprenderla. El problema concierne especialmente a la relación entre cambio de teorías y cambio de significado de los términos.

En la *Posdata* de 1969 Kuhn señalará que la elección de teorías no responde a una prueba lógico-matemática en la que queden estipuladas desde el principio premisas y reglas de inferencia en cuyo caso, si los participantes en el debate llegaran a conclusiones distintas, debieran admitir, al volver sobre sus pasos, haber cometido algún error o haber violado alguna regla. Sostendrá que el debate que tiene lugar durante las revoluciones científicas es acerca de las premisas. Aunque la falta de acuerdo se manifiesta en la comunicación no es, según la versión de 1969, meramente un problema lingüístico: las palabras han sido aprendidas por su directa aplicación a ejemplares (Kuhn, 2006).

En su revisión de la inconmensurabilidad, Kuhn debilitará esta noción respecto de su versión original en un doble sentido: esta dejará de ser inconmensurabilidad de la percepción para centrarse en los términos, y será local en lugar de global (Gómez, 1993). Esta nueva versión refiere a la imposibilidad de traducir una teoría en los términos de otra sin resto o pérdida ya que no existe lenguaje neutral para tal traducción (Kuhn, 2001). Sostendrá que hay términos comunes entre teorías que conservan su significado y que surgen problemas de traducción en un pequeño subgrupo limitado de términos que cambian radicalmente durante las revoluciones. Se podrá hablar entonces de *inconmensurabilidad local* que se definirá como la intraducibilidad parcial entre los términos de las teorías. Sin embargo, Kuhn admitirá que la delimitación de aquello que es inconmensurable sigue siendo complejo ya que “los significados son productos históricos, y cambian inevitablemente en el transcurso del tiempo cuando cambian las demandas sobre los términos que los poseen” (Kuhn, 2001, p. 51) Al mismo tiempo, como señala Gómez (1993), Kuhn sostiene una concepción según la cual el significado de un término depende de la constelación de principios y leyes de la teoría en la que aparece (*cluster theory of meaning*). Ningún término estaría totalmente aislado, por lo que no sería plausible asumir que algunos conceptos cambian radicalmente mientras todos los otros conservan su significado. Según este argumento crítico habría imposibilidad de traducción entre teorías aun con inconmensurabilidad local.

La reformulación de Kuhn hacia una inconmensurabilidad local también se vio acompañada por la analogía entre las revoluciones científicas y la evolución en biología. Esto marcó una tendencia hacia una cierta continuidad en el desarrollo de la ciencia más que un cambio abrupto y discontinuo, tesis fortalecida en su última obra publicada en 2000, después de su muerte. Esta idea de evolución ya había sido contemplada en 1969 cuando señalaba que tanto el desarrollo científico, como el biológico constituyen procesos unidireccionales e irreversibles. Las teorías científicas posteriores son mejores que las anteriores para resolver enigmas en los medios a menudo totalmente distintos a los que se aplican (Kuhn, 2006, p. 313).

Una de las principales dificultades de la perspectiva de Kuhn en relación con el CC en la ciencia es que se focalizó en las fases inicial y final del cambio, pero sin dar cuenta acabada de los procesos de transición entre dos teorías o marcos conceptuales inconmensurables (Arabatzis & Kindi, 2013). Mientras la comprensión de la transición es un tema central para las teorías del CC en el desarrollo y el aprendizaje, en la concepción kuhniana del cambio científico el proceso de transición entre dos marcos inconmensurables no queda suficientemente elucidado. Según Kuhn, la novedad emerge cuando se conoce con precisión qué debe esperarse en un cierto marco, lo que permite detectar que algo no encaja en él. En este sentido Kuhn dirá que “la anomalía solo resalta contra el fondo proporcionado por el paradigma” (Kuhn, 2006, p. 111). Se requiere una suerte de hiperespecialización en la práctica de la ciencia para posibilitar tanto la resistencia a la novedad como su surgimiento. Esto, a su vez, es producto de la actividad del grupo. Esta es la tensión esencial entre la tradición y el cambio, y juegan en este proceso un papel sustantivo los valores epistémicos priorizados de modo diferente por la comunidad científica en cada momento histórico. Cabría preguntarse si este tratamiento del surgimiento de la novedad es transferible al CC que elabora un sujeto en situación de aprendizaje. En otras palabras, Kuhn no parece ofrecer una respuesta satisfactoria al problema acerca de cuál es el proceso específicamente cognoscitivo de construir la novedad en el cambio científico, ni siquiera fue para él un problema central. En cambio, resulta imprescindible para pensar en el CC en el aprendizaje. En su explicación de las revoluciones, ante la crisis y pérdida de confianza en el paradigma vigente por la acumulación de anomalías, bajo ciertas condiciones, un individuo o un grupo propone una nueva teoría y lo principal parece ser el modo en que ésta se acepta. Los cambios teóricos que corresponden a los períodos revolucionarios se entienden más bien en relación con los desacuerdos que enfrentan los miembros de la comunidad científica, los problemas de comunicación entre los grupos en disputa, los criterios de decisión en torno a los valores epistémicos y, especialmente, por su finalidad: la resolución de problemas, que es para Kuhn lo que justifica la racionalidad y el progreso en la práctica científica (Kuhn, 2006; Gómez, 1993).

Hemos comentado en apartados anteriores los intentos pioneros de Strike y Posner para asimilar las categorías kuhnianas relativas al cambio científico en la historia al CC en el aprendizaje y especialmente la dificultad que enfrentaron al atribuir a los sistemas de creencias de los estudiantes y sus transformaciones las propiedades de los paradigmas y las revoluciones, particularmente el carácter radicalmente sustitutivo del cambio, a la luz de las investigaciones empíricas (Pozo, 2005).

Ahora bien, resulta necesario considerar que ninguna caracterización de la perspectiva de Kuhn acerca del cambio teórico puede prescindir del modo en que concibe la cuestión relativa al sujeto de la ciencia. Es indudable que una de las razones del interés que adquiere la perspectiva de Kuhn para la psicología es su abandono del “dictum de la filosofía estándar de una ciencia sin sujeto” (Gómez, 2014, p. 75). Redirecciona el eje de la filosofía de la ciencia desde las teorías como productos acabados y entidades lingüísticas a la actividad científica. Lo que distingue a la ciencia de otras actividades es el sujeto que la produce: la *comunidad científica*, que comparte una educación, pautas procedimentales, normas de conducta y valores que determinan un tipo de actividad. Un paradigma no gobierna un tema de estudio, sino un grupo de practicantes. El *carácter*

*colectivo* de este sujeto es imprescindible para explicar el cambio teórico en la historia. No se trata de conocer las biografías y talentos particulares: se trata de comprender el modo en que un conjunto particular de valores compartidos intersubjetivamente interactúa con las experiencias particulares. Las revoluciones interrumpen el consenso en la comunidad científica y los paradigmas se legitiman por la constitución de nuevos consensos y la progresiva adhesión de científicos, antes adherentes al viejo paradigma (Kuhn, 2006).

Excede por completo el alcance de este trabajo una revisión pormenorizada de la perspectiva kuhniana del desarrollo científico y el cambio teórico. Solo hemos hecho referencia a aquellos aspectos que adquieren específica relevancia para analizar las relaciones propuestas por teóricos del CC en el aprendizaje de la ciencia que se enseña.

#### 4. Una revisión crítica

Como ya hemos señalado, la noción kuhniana de inconmensurabilidad ha sido utilizada un tanto acríticamente en el ámbito de la investigación sobre CC. Especialmente, Susan Carey, para quien, como ya hemos analizado, la novedad es equivalente al surgimiento de un concepto no contenido en el anterior por la vía de su relativización, indiferenciación y diferenciación e integración, sostendrá que hay inconmensurabilidad parcial (local) entre teorías, aplicando la noción a teorías infantiles sucesivas en los campos de la biología y la matemática, indagando especialmente en las nociones de vida y número (Carey, 1991; 2001; 2004).

Ahora bien, la noción de inconmensurabilidad local en Kuhn aparece restringida al problema de traducibilidad o intertraducibilidad de los términos entre teorías, y apunta a explicar los problemas y posibilidades en la comunicación que afrontan los miembros de comunidades científicas en instancias de cambio revolucionario. A su vez, podría argumentarse, como ya vimos, que en el marco de la concepción kuhniana del significado resulta poco plausible la intraducibilidad parcial (Gómez, 1993). Esta noción no parece corresponderse con la idea de Carey respecto de la relación entre T1 y T2 porque esta relación no se restringe a una dimensión lingüística: remite a un proceso cognoscitivo no abarcado por la idea de inconmensurabilidad local de Kuhn. La teoría del *bootstrapping* que sostiene la autora alude a un proceso constructivo del sujeto, un mecanismo por el cual se reorganizan los conceptos y se reestructuran sus vínculos. Si bien tiene una apoyatura en el lenguaje como un mediador cultural no se restringe a un proceso lingüístico. Se trata de explicar cómo se construye la teoría T2 en su relación con T1 atendiendo, además, a que el uso del término “teoría” aplicado a las ideas infantiles o del sujeto que aprende no las hace equivalentes a las teorías propias del desarrollo de una ciencia madura. En este proceso T1 y T2 no son formuladas sistemáticamente por los sujetos en términos lingüísticos, ni resulta central para dar cuenta del proceso cognoscitivo de cambio considerar las posibilidades y obstáculos comunicativos entre los portadores de T1 y T2, problema que ha sido central para la noción de inconmensurabilidad local en Kuhn. Por otro lado, como ya hemos anticipado, un problema de las analogías propuestas por los estudios del CC se vincula al sujeto del cambio en las versiones transferidas de la filosofía de la ciencia a las teorías del CC. La idea de las comunidades científicas como comunidades de práctica compromete variables de carácter sociológico, en perspectiva histórica, al tiempo que involucra la cuestión de

los valores epistémicos. El carácter colectivo de este sujeto es crucial para la explicación de los procesos de cambio en Kuhn. La elección de teorías involucra criterios epistémicos que operan como valores y no como reglas. No existen criterios neutros y válidos para cada científico individual: el cambio supone como criterio de elección la decisión de grupo (Kuhn, 1993).

Ahora bien, en las teorías del CC prevalece la idea de un sujeto individual, escindido de sus condiciones sociales. Pocas veces las investigaciones refieren a este en situación social o en sus interacciones con otros sujetos pares o adultos vinculados con la cultura o una comunidad de conocimiento. En algunos casos, como en la obra de Carey, sí se atribuye un papel en los procesos cognoscitivos de cambio a ciertos instrumentos culturales, especialmente el lenguaje. Pero sin aludir a las interacciones intersubjetivas como parte constitutiva del proceso de cambio. A su vez, los estudios del CC refieren a un sujeto homogéneo. Sin embargo, tanto en relación con los procesos espontáneos de adquisición de conocimiento en la vida cotidiana<sup>7</sup> como en contextos sociales especialmente diseñados como la escuela –en los que preponderantemente tiene lugar el aprendizaje de conocimientos científicos–, es innegable el papel de las variaciones culturales así como la desigual distribución social del capital simbólico. Resulta relevante, por lo tanto, reconocer la heterogeneidad del sujeto del CC atendiendo al papel de las variaciones culturales y sociales a través, por ejemplo, de estudios comparativos entre diferentes grupos sociales y culturales. Es preciso, asimismo, revisar el supuesto de una epistemología subyacente que disocia los factores externos e internos, la actividad intelectual y las prácticas sociales, según el cual los primeros parecen cumplir un papel secundario o solo ocasional en la configuración y organización cognitiva del sujeto (Castorina & Zamudio, 2019).

Aunque las investigaciones sobre CC han intentado explicar “las dificultades de los estudiantes en aprender los más avanzados y contraintuitivos conceptos de las ciencias en diferentes dominios” (Vosniadou, 2013, p. 1), la idea de un sujeto escolar tampoco ha sido objeto de análisis específico. Particularmente, la idea de *sujeto didáctico* como un sujeto de conocimiento inescindible en su actividad del contexto de la situación didáctica, de los contratos que la articulan y del modo en que el objeto de conocimiento es intencionalmente propuesto y reconstruido a través de la enseñanza y del aprendizaje. Kuhn, por su parte, entendió el papel significativo de la educación científica como práctica y como institución en la constitución de la comunidad científica como sujeto de la ciencia y le asignó un papel sustantivo en relación a los procesos de cambio teórico (y su permanencia). Las herramientas intelectuales que adquiere el científico “están dadas en una unidad histórica y pedagógicamente anterior que las presenta con sus aplicaciones y a través de ellas” (Kuhn, 2006, p. 85) y determinan el campo de práctica de resolución de problemas posibles. También reconoció la no uniformidad de estas comunidades en el tiempo y de acuerdo con sus objetos de interés específico. Resulta al menos llamativo que los teóricos del CC en el aprendizaje hayan omitido estos aspectos de la perspectiva kuhniana del cambio científico. La idea de un sujeto individual y la interpretación del

---

<sup>7</sup> Los conocimientos de la vida cotidiana, identificados en la literatura de la psicología cognitiva también como “teorías implícitas”, son elaboraciones personales, aunque no puramente individuales. Las experiencias socio-culturales son la materia prima para la inducción personal de las teorías implícitas, ya que la información de origen cultural es procesada cognitivamente (Castorina, 2006).

proceso de CC en su dimensión estrictamente cognitiva y relativa a conceptos, parece haber obstaculizado una lectura más próxima a las prácticas sociales relacionadas con la adquisición y transformación del conocimiento tanto en la ciencia como en el aprendizaje.

La omisión relativa a la estructuración del proceso de CC por las condiciones de la situación didáctica que hemos señalado en este apartado representa una dificultad importante de las teorías del CC. Si al menos de manera provisional consideramos a las teorías del CC como integradas a una tradición de investigación en términos de Laudan (1977), podríamos sostener que presentan problemas tanto de orden empírico como de orden conceptual. Empíricos porque, al no haber desarrollado estudios dentro de los contextos didácticos considerados en sus variables específicas, los resultados no logran explicaciones satisfactorias de los problemas del aula en el aprendizaje de las ciencias. Pero también se trata de problemas conceptuales (en términos de Laudan) porque los conceptos de los que parten respecto del problema no logran abarcar de modo consistente las dificultades y problemas relativos al ámbito de sus potenciales aplicaciones, o respecto de los cuales se pretenden derivar posibles implicaciones. En la medida en que los desarrollos teóricos y las investigaciones sobre CC se proponen derivar o fundamentar intervenciones prácticas, surgen varios problemas: por una parte, el referido a la consideración –en las propias formulaciones teóricas y en las investigaciones empíricas– de los sujetos de conocimiento; y por otra, el atinente a las condiciones de la situación didáctica que constituyen no solo el campo de aplicación de las investigaciones, sino que configuran condiciones específicas desde las que formular el problema del CC.

Por último, más allá de las perspectivas que hemos considerado, es necesario mencionar que la cuestión del CC y la pregunta por el surgimiento de la novedad cognoscitiva ha sido y es objeto de estudio desde otras perspectivas epistemológicas. Estas han postulado la continuidad de los procesos cognitivos de cambio –no de los sistemas conceptuales– y también han rechazado una proyección de las categorías de la filosofía de la ciencia sobre el aprendizaje. Más bien han apuntado a construir una teoría de la continuidad de los procesos cognitivos a nivel de los sujetos y su desarrollo y en la historia de la ciencia. Por ejemplo, Nersessian (1989; 1995; 2008; 2013) argumenta que la naturaleza y tipo de razonamientos requeridos en la reestructuración conceptual de un cierto dominio de conocimientos en el aprendizaje es esencialmente la misma que en el descubrimiento de teorías científicas. Es decir, se requiere explicitar un modelo cognitivo común. Ha propuesto que el CC no puede ser adecuadamente comprendido enfocándose exclusivamente en las teorías científicas como productos. Más bien, debe ser entendido en términos de los sujetos que crean y cambian sus representaciones de la naturaleza y las prácticas que emplean al hacerlo. La formación de conceptos ha de ser entendida en el contexto de la resolución de problemas y las estrategias de razonamiento empleadas. Según Nersessian, esas estrategias han sido especialmente abordadas por las ciencias cognitivas y, dado que las capacidades cognitivas de los científicos no son diferentes de las del resto de los sujetos, es entonces posible una indagación que se proponga buscar una continuidad entre los desarrollos de las ciencias cognitivas y el estudio de las formas de razonamiento empleadas en el trabajo creativo de la ciencia.

También el cambio y la transformación cognitiva fueron el centro del programa de epistemología genética de Piaget que postuló una continuidad funcional de los procesos cognoscitivos desde la infancia hasta los más altos niveles de la ciencia. La tesis propone

un mecanismo común a la sociogénesis y la psicogénesis del conocimiento en términos de un proceso de equilibración de la actividad constructiva del sujeto cognoscente (o la comunidad científica) con los objetos, que incluye abstracciones, generalizaciones, conflictos cognoscitivos y construcción de novedades. Es un nivel de elaboración propio de una epistemología<sup>8</sup> que busca la identificación de los mecanismos comunes de los procesos de transformación del conocimiento a partir de los resultados de las investigaciones en el campo de la psicogénesis del conocimiento (particularmente físico y lógico-matemático) y la historia de la ciencia (Piaget & García, 2004). En buena medida, si bien ha influido en muchos de los enfoques del CC (Hallden, Scheja, & Haglund, 2013), dicho programa no ha llegado a constituir una teoría del CC para el aprendizaje de la ciencia. Más aun, cabe preguntarse si la explicación sobre el CC se agota en la explicación relativa a los mecanismos cognitivos que lo hacen posible. Sin duda es una condición necesaria pero no suficiente para dar cuenta del cambio, la adopción y disponibilidad de un nuevo sistema de creencias<sup>9</sup> relativas a un dominio determinado de conocimiento. Al considerar un sujeto en situación de aprendizaje o una comunidad científica en un momento determinado del desarrollo de una ciencia, es posible identificar cuestiones tales como los sistemas de validación del conocimiento que involucran criterios intersubjetivos, o las concepciones del mundo que condicionan la producción de conocimientos y las prácticas intersubjetivas bajo condiciones socioculturales específicas. Es preciso enfatizar que la conceptualización en cualquier campo de conocimiento se da en una práctica social e histórica, que involucra procesos pedagógicos y adquiere peculiaridades relativas a los diferentes dominios de conocimiento<sup>10</sup>, entre otras cuestiones relevantes. Las investigaciones empíricas sobre CC prestan escasa atención a las diferencias que caracterizan los procesos de adquisición del conocimiento en situaciones espontáneas de la vida cotidiana respecto de las situaciones de la vida escolar, deliberadamente diseñadas para el aprendizaje de conceptos científicos. No consideran los sistemas de reglas, roles diferenciados, tradiciones disciplinares involucradas que se articulan en el diseño de situaciones didácticas que configuran el desarrollo de una génesis artificial de conocimiento (Lerner, 2001). Cabe destacar también que las teorías del CC identifican el aprendizaje escolar con el aprendizaje de teorías científicas, pero la naturaleza misma del conocimiento que se enseña y la problemática de sus complejas relaciones con el saber científico experto no es abordada en su específica naturaleza epistemológica. La consideración de estos aspectos requiere, entre otras cosas, situar los estudios del CC en las condiciones de la situación didáctica, lo que favorecería una resignificación de muchos de los problemas investigados, y abriría a nuevos problemas, posibilitando y requiriendo a la vez una revisión crítica y una ampliación de los marcos filosóficos de referencia.

---

<sup>8</sup>El término epistemología no alude aquí a la filosofía de la ciencia como disciplina en su perspectiva fundacional como teoría de la ciencia de carácter normativo sino a una teoría general del conocimiento basada en la investigación científica fundamentada tanto en la psicología como en la historia de la ciencia.

<sup>9</sup>El CC va más allá de la revisión de creencias, apuntando a la modificación de las estructuras conceptuales subyacentes.

<sup>10</sup>Muy particularmente, los que corresponden a la historia y las ciencias sociales (Carretero, Castorina, & Levinas, 2013).



## 5. Conclusiones

Se puede, finalmente, sintetizar las cuestiones planteadas. Ante todo, hay razones para explicitar y justificar las dificultades en la transferencia de ciertas categorías de la filosofía de la ciencia a las caracterizaciones y explicaciones del problema del CC en el aprendizaje. Como hemos señalado, esta transferencia de categorías supone pasar por alto las diferencias entre los sujetos desde los que se concibe el CC en el aprendizaje y el cambio teórico en la historia de las ciencias. Al mismo tiempo, hemos también analizado críticamente el modo en que las teorías del CC han pensado el sujeto escindido de las condiciones sociales y especialmente de las situaciones didácticas. Al analizar más específicamente las perspectivas que han incorporado las categorías kuhnianas a su propia explicación del CC en el aprendizaje hemos visto cómo, en el caso de Strike y de Posner, se caracteriza el CC en el aprendizaje de conceptos científicos en los términos de la interpretación de Kuhn del desarrollo científico homologando ambos procesos. En el caso especial de las formulaciones de Carey hemos analizado cómo el uso de la noción de inconmensurabilidad local no explica las relaciones que se establecen entre las teorías infantiles de acuerdo al modo en que la propia autora describe el proceso cognitivo de cambio, ni tampoco la relación entre sus productos ya que estos son accesibles lingüísticamente de modo parcial a través de las indagaciones del investigador y no desde las formulaciones sistematizadas por los propios sujetos. También hemos señalado que al aplicar la perspectiva de Kuhn a la interpretación del CC en el aprendizaje se han omitido algunos aspectos a los que Kuhn otorgó un valor sustantivo, como las condiciones de aprendizaje de una ciencia y los instrumentos que se priorizan en los procesos de formación de los nuevos científicos.

A partir del desarrollo presentado, podemos pues concluir que la reorganización de los conocimientos cotidianos en el aprendizaje de conceptos científicos no puede caracterizarse con los mismos términos que el pasaje de una teoría científica a otra. Y ello, a pesar de que puedan establecerse ciertas analogías entre los procesos de recategorización ontológica y diferenciación, que Carey identifica en el cambio de teorías en los niños y en la historia de la ciencia.

Sin embargo, estas dificultades en la interpretación del cambio de los conocimientos no eliminan el valor de la reflexión cruzada entre las teorías del CC y la filosofía de la ciencia.

Quizás, volviendo a Kuhn, resulte más promisorio recuperar aquello que le permitió responder a gran parte de las críticas relacionadas con la inconmensurabilidad y que se vincula al propósito del cambio teórico: esto es, *la resolución de problemas*. Sin esta, no hay cambio posible y es la naturaleza misma de estos problemas la que justifica el proceso “unidireccional e irreversible del desarrollo científico” (Kuhn, 2006, p. 313). La resolución de problemas es inherente a la práctica científica y se integra al tipo de cambio que ocurre tanto en períodos de ciencia normal como revolucionarios. Es en relación con este aspecto que Kuhn se introduce en los procesos cognoscitivos vinculados con el CC. Resulta al respecto un ejemplo a destacar su artículo de 1964 acerca de la función de los experimentos imaginarios en la física. Allí, Kuhn se plantea algunas preguntas importantes relativas a cómo se accede a la novedad: “¿Cómo es que confiando exclusivamente en datos familiares se pueda llegar con un experimento imaginario a un

conocimiento nuevo o a una nueva comprensión de la naturaleza? Y ¿qué es lo que los científicos aprenden de los experimentos imaginarios?” (Kuhn, 1993, p. 264). En este artículo el autor recurre a una analogía entre los experimentos mentales de Galileo y experiencias con niños desarrolladas por Piaget sobre la velocidad y el movimiento de los cuerpos, destacando el modo en que las preguntas y las experiencias son presentadas por el investigador a los niños o formuladas por el científico. La recuperación del lugar que asigna Kuhn a la resolución de problemas en el desarrollo científico y el cambio teórico podría resultar de mayor interés en este sentido para una reflexión cruzada entre filosofía de la ciencia y teorías del CC. Específicamente porque la cuestión relativa a la naturaleza misma de los problemas en el marco de un paradigma, el modo en que estos son presentados a las nuevas generaciones de científicos, el lugar de los ejemplares, conduce a asignar un papel más relevante en los procesos de CC a la creación deliberada de condiciones para el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia. Como dice Kuhn respecto de las situaciones experimentales de Piaget en el artículo ya referenciado, “estas deben cumplir condiciones precisas para alcanzar una meta pedagógica” (Kuhn, 1993, p. 264). Las teorías del CC han limitado sus indagaciones al componente puramente conceptual y no han profundizado en procesos cognitivos más complejos como la resolución de problemas.

Sin duda, Kuhn restituyó el sujeto de la ciencia como un sujeto de prácticas colectivas en la historia. Los sujetos a los que hacen referencia las teorías del CC no son análogos a la comunidad científica, pero sus aprendizajes tienen lugar también en comunidades de prácticas, están atravesados por valores en relación con instrumentos culturales y en procesos que se desarrollan con *otros*. Es en este sentido que puede resultar de interés para las prácticas educativas comprender los procesos de surgimiento de la novedad cognoscitiva como contribución a la enseñanza de las ciencias. El aprendizaje de conceptos y teorías científicas no puede reducirse exclusivamente a un proceso en la mente de un sujeto individual.

Resulta así innegable el valor de la reflexión cruzada, en los términos de estudiar cómo los procesos que se analizan en cada disciplina puede ayudar a comprender los que se analizan en la otra. Es decir, un conocimiento crítico de la historia de las ciencias puede enriquecer la comprensión de la naturaleza de los problemas que enfrentan los alumnos en su reconstrucción. Y viceversa, el estudio *in vivo* de la construcción de novedades en los sujetos de aprendizaje puede desafiar o plantear problemas al historiador de la ciencia. Esta perspectiva podría resultar superadora de la dicotomía predominante entre CC en el aprendizaje y cambio teórico en la historia de las ciencias. Pero, además, y sobre todo en los términos de este artículo, del aplicacionismo de esta última sobre la primera, como se ha argumentado. Incluso, esta reflexión cruzada, manteniendo la autonomía epistémica de cada campo de estudio, podría contribuir –lo que apenas hemos sugerido– al despliegue de una epistemología, antes evocada, y que aspire a identificar algunos mecanismos de transformación comunes.

En definitiva, lo principal de nuestra propuesta es asumir las diferencias en los temas que abordan ambos campos de estudio, y el modo de tratarlos, e identificar problemas aún no resueltos y controversias conceptuales plenamente vigentes, particularmente, en vistas a construir una versión del CC que se vincule de manera más

precisa conceptualmente y por ello más fructífera con temas y problemas de la filosofía de la ciencia.

## Referencias

- Achinstein, P. (1968). *Concepts of Science: A Philosophical Analysis*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Arabatzis, T. & Kindi, V. (2013). The problem of conceptual change in the philosophy and history of science. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 343–359). Nueva York: Routledge.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press.
- Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language* 3: 167–181.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? En S. Carey & R. Gelman (Comps.), *Epigenesis of Mind: Studies in Biology and Cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. En E. Scholnick, K. Nelson, S. Gelman & P. Miller (Eds.), *Conceptual Change. Piaget's Legacy* (pp. 293–326). Londres: Lawrence Erlbaum.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology* 21(2): 13–19.
- Carey, S. (2004). Bootstrapping and the origin of concepts. *Daedalus*, 133(1): 59–68.
- Carnap, R., Hahn, H., & Neurath, O. (2002). La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena. (Trad. P. Lorenzano.) *Redes* 9(18): 105–149.
- Castorina, J. (2006). El cambio conceptual en psicología: ¿Cómo explicar la novedad cognoscitiva? *Psyche* 15(2): 125–136.
- Castorina, J. & Zamudio, A. (2019). Supuestos ontológicos y epistemológicos en las investigaciones del cambio conceptual. *Epistemología e Historia de la Ciencia* 3(2): 50–69.
- Di Sessa, A. (2013). A bird's eye view of the “pieces” vs. “coherence” (from the “pieces” side of the fence). En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 31–48). Nueva York: Routledge.
- Di Sessa, A. (2017). Conceptual change in a microcosm: Comparative learning analysis of a learning event. *Human Development* 60(1): 1–53.
- Gellatly, A. (1997). Why the young child has neither a theory of mind nor a theory of anything else. *Human Development* 40, 32–50.
- Gómez, R. (1993). Kuhn y la racionalidad científica. Hacia un kantianismo post darwiniano. En O. Nudler & G. Klimovsky (Comps.), *La Racionalidad en Debate* (pp. 142–166). Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Gómez, R. (2014). *La dimensión valorativa de las ciencias*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.

- Gómez Crespo, M.A. & Pozo, J.I. (2014). The consistency of theories on the nature of matter: A comparison between scientific theories and implicit theories. *Infancia y aprendizaje* 24(4): 441–459.
- Gopnick, A. & Wellman, H.M. (2002). La teoría de la teoría. En L. Hirshfeld & S. Gelman (Comps.), *Cartografía de la Mente*. Madrid: Gedisa.
- Halldén, O., Scheja, M., & Haglund, L. (2013). The contextuality of knowledge: An intentional approach to meaning and conceptual change. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 71–95). Nueva York: Routledge.
- Kuhn, T. (1993). *La Tensión Esencial*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (2001). *El Camino desde la Estructura*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Kuhn, T. (2006). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Laudan, L. (1977). *Progress and its Problems*. Chicago: Chicago University Press.
- Lerner, D. (2001). Didáctica y psicología: una perspectiva epistemológica. En J. Castorina (Comp.), *Desarrollos y Problemas en Psicología Genética* (pp. 278–279). Buenos Aires: Eudeba.
- Nersessian, N. (2013). Mental modeling in conceptual change. En S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 395–411). Londres: Routledge.
- Nersessian, N. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese* 80: 163–183.
- Piaget, J. & García, R. (2004). *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Posner, G.S., Strike, K.A., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2): 211–227.
- Quine, W.O. (1960). *World and Object*. Cambridge: MIT Press.
- Ryle, G. (1967). *El Concepto de lo Mental*. (Trad. E. Rabossi). Buenos Aires: Paidós.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R. Duschl & R.J. Hamilton (Comps.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Practices*. Nueva York: State University of New York Press.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 11–30). Nueva York: Routledge.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change research: An introduction. En S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 1–9). Nueva York: Routledge.

- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaski, K. (2005). Reconsidering the role of artefacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of the Earth. *Learning and Instruction* 15: 333–351.
- Wiser, M. & Carey, S. (1983). When heat and temperature were on. En D. Gentner & S.L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale: Erlbaum.

# Haciendo *Ciencia Nueva*

## Historias y trayectorias entre ciencia, política, arte y comunicación

Lucía Céspedes<sup>1</sup>

Recibido: 26 de mayo de 2021

Aceptado: 26 de septiembre de 2021

---

**Resumen:** En este artículo, buscamos estudiar el polo de la enunciación de la revista argentina *Ciencia Nueva* (1970-1974), o, mejor dicho, acercarnos y caracterizar al colectivo enunciador. Esto es, reconstruir las condiciones de producción de *Ciencia Nueva* en tanto publicación periódica científica y cultural realizada en los convulsionados tempranos '70 a través de la experiencia vivida de quienes participaban en ella. Particularmente, nos interesa poner de relieve las trayectorias de las mujeres que formaban parte del *staff* permanente de la publicación o que realizaban colaboraciones esporádicas, así como destacar las conexiones entre una revista de comunicación pública de la ciencia con fuertes inquietudes políticas y el campo intelectual más amplio del momento.

**Palabras clave:** *Ciencia Nueva*, revistas, comunicación pública de la ciencia, mujeres en ciencia.

**Title:** Making *Ciencia Nueva*: stories and trajectories among science, politics, art, and communication

**Abstract:** In this paper, we seek to study the enunciator of the Argentinian magazine *Ciencia Nueva* (1970-1974), or, in other words, we intend to approach and characterize the enunciating collective. This is to say, we reconstruct *Ciencia Nueva*'s conditions of production as a scientific and cultural periodical published in the early '70s through the lived experiences of those who participated in it. Of particular interest are the trajectories of the women who were part of the publication's stable staff or sporadic contributors, as well as the connections between a public communication of science magazine with strong political overtones and the wider intellectual field of the moment.

**Keywords:** *Ciencia Nueva*, magazines, public communication of science, women in science.

---

### 1. Introducción

Uno de los grandes méritos de la revista *Ciencia Nueva* fue abordar a la ciencia y la tecnología como prácticas humanas, marcadas por sus contextos, y pasibles de ser discutidas en la esfera pública en términos culturales, sociales y políticos, y no solo

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones y Estudios en Cultura y Sociedad (CIECS, CONICET-UNC), Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina.

✉ [lucia.cespedes@unc.edu.ar](mailto:lucia.cespedes@unc.edu.ar) |  [0000-0001-5896-3377](https://orcid.org/0000-0001-5896-3377)

Céspedes, Lucía (2021). Haciendo *Ciencia Nueva*: historias y trayectorias entre ciencia, política, arte y comunicación. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, (2021), 6(1), 158-178.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/33183>



técnicos. Publicada en Buenos Aires entre 1970 y 1974, *Ciencia Nueva* “se constituyó como un espacio de difusión de noticias y conocimiento científico, pero también de debates políticos, epistemológicos e ideológicos” (Céspedes, 2019, p. 284) a lo largo de sus 29 ejemplares. La publicación buscó posicionarse en el campo de producción cultural más amplio, sin restringirse a quienes pertenecían a una determinada comunidad disciplinar o de expertos (como sería el caso del *journal* o la revista especializada, evaluada por pares y sujeta a los criterios de validación propios del campo científico).

En este artículo, buscamos abordar el polo de la enunciación de la revista, o, mejor dicho, acercarnos a quienes se constituyeron como el grupo enunciador. Esto es, reconstruir la experiencia vivida por quienes fundaron y forjaron a *Ciencia Nueva* en tanto revista científica y cultural publicada en los convulsionados tempranos '70, teniendo en cuenta que, como dice Fernanda Beigel (2003), las revistas son “puntos de encuentro de trayectorias individuales y proyectos colectivos” (p. 106). Particularmente, nos interesa poner de relieve a las mujeres que formaban parte del *staff* permanente de la publicación o que realizaban colaboraciones esporádicas, así como destacar las conexiones entre una revista de comunicación pública de la ciencia con fuertes inquietudes políticas y el campo intelectual más amplio.

Este interés surge de un trabajo anterior (Céspedes, 2019), donde estudiamos la revista en tanto producto comunicacional. Allí dábamos cuenta de la importancia de *Ciencia Nueva* como espacio clave para la discusión y difusión de la corriente que, en retrospectiva, se conocería como el Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Desarrollo (PLACTED). A la vez, caracterizábamos a la publicación como predominantemente masculina, tanto en su lectorado como en sus autores: de las 104 cartas del lector publicadas por la revista, solo 8 llevan una firma femenina; mientras que de los 306 artículos de contenido firmados (sin considerar las editoriales o secciones fijas), solo 9 fueron escritos por mujeres. Asimismo, “la consulta a científicas en calidad de expertas es muy baja y nunca se sostuvo una entrevista individual con una investigadora” (Céspedes, 2019, p. 309).

Sin caer en el anacronismo de juzgar las condiciones de posibilidad para las mujeres en otra época del campo científico e intelectual con filtros actuales, lo que pretendemos es tal vez una de las formas más antiguas y más humanas de generar sentidos: contar historias que, entrelazadas, dan cuenta del estado del campo científico argentino en determinadas coyunturas históricas y, por ende, de las características que terminó asumiendo *Ciencia Nueva*. El *corpus* documental inicial lo constituyó la propia revista, que se encuentra digitalizada en su totalidad y disponible para su consulta en línea<sup>2</sup>. A partir de la lectura de los créditos publicados en cada número, y del relevamiento de los artículos firmados, se confeccionaron las Tablas 1 y 2, que dan cuenta de la presencia de mujeres tanto en la producción de la revista como en la redacción de contenido. Una vez identificadas, se procedió a recabar información y a intentar contactar a la mayor cantidad posible de ellas, a fin de realizar entrevistas en profundidad en los formatos que las condiciones sanitarias y geográficas del año 2020 lo permitieron:

---

<sup>2</sup> Los 29 ejemplares de la revista pueden consultarse en <https://issuu.com/ciencianueva> En [http://www.politicasci.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37&Itemid=77&lang=es](http://www.politicasci.net/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=77&lang=es) se puede, además, descargar los ejemplares del 1 al 28

teléfono, videollamada e emails. Las primeras entrevistadas brindaron, a modo de “bola de nieve,” la posibilidad de entablar contacto con otras personas relevantes en la historia de *Ciencia Nueva*, tanto aquellos directamente involucrados como familiares o allegados cercanos al personal de la revista. Sus testimonios se tejen en este texto con datos obtenidos de trabajos historiográficos relacionados con los estudios sociales de la ciencia y las condiciones del campo científico-académico argentino en la época, además de otros documentos (algunos en clave biográfica o autobiográfica) que nos permiten trazar una caracterización lo más precisa y respetuosa posible.

**Tabla 1:** artículos firmados por autoras en *Ciencia Nueva* (1970-1974). Elaboración propia.

#	Año	Autora	Título	Extensión
4	1970	Cora Sadosky	El aspecto unitario de las matemáticas	3 páginas
6	1970	E. Aída Nuss de Epstein	Descripción de la Cuenca del Plata	1 página y media
7	1971	Lucía Bonadeo	Técnica del fresco toscano	6 páginas
9	1971	Lucía Bonadeo	Restauración del fresco toscano	7 páginas y media
13	1971	L. B. (Lucía Bonadeo)	Con compromiso	$\frac{3}{4}$ página
13	1971	Hilda Sábato	El Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales: una experiencia regional	2 columnas
17	1972	George Whitfield y Cherrie Bramwell	Nace una nueva ciencia: la Paleoingeniería	5 páginas
18	1972	P. W. (Patricia Walsh)	Melchor Romero: el poder de los cuerdos	4 páginas
20	1972	P. W. (Patricia Walsh)	Congreso Internacional de Medicina del Trabajo	3 páginas
20	1972	Ricardo Saiegh y Norma S. de Pisaturo	Aspectos médico-sociales de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales	2 páginas
21	1972	P. W. (Patricia Walsh)	Melchor Romero (II): la rebelión de los locos	5 páginas
24	1973	Margaret Mead	El lenguaje de los símbolos	4 páginas
24	1973	Mirta Dermisache	Intervención gráfica	1 página

**Tabla 2:** mujeres acreditadas como integrantes del staff de *Ciencia Nueva*. Elaboración propia.

Nombre	Área	Ejemplares
Isabel Carballo	Diseño gráfico	#1-29
María Susana (Pagano de) Abrales	Secretaria	#1-29
Lina Mari	Secretaria de redacción	#5-9



Lucía (Mourelle de) Bonadeo	Redacción	#10-24
Katia Fischer	Redacción	#10-29
Ana Tedeschi	Redacción Producción	#10-12 y #15-24 #13-14
Hebe Mitlag	Producción Director adjunto	#10-14 #15-29
Beatriz Ottonello	Corresponsal en París	#17-29
María Angélica Peña	Dibujo	#18-29
Patricia Walsh	Redacción	#21-29
Margarita Davis	Secretaria	#24-29
Carola Abrales	Corresponsal en Mendoza	#24-29
Marta Romano	Corresponsal en Rosario	#24-29

## 2. Antes de *Ciencia Nueva*: “Cuando usted llega, empieza la función”

En palabras de Beigel (2003), “las publicaciones periódicas, en tanto constituyen *textos colectivos*, nos conectan de modo ejemplar, no sólo con las principales discusiones del campo intelectual de una época, sino también con los modos de legitimación de nuevas prácticas políticas y culturales” (p. 110, cursiva en el original). En este sentido, leemos a la génesis de *Ciencia Nueva* como un proyecto colectivo que daría cauce a debates sobre las relaciones entre ciencia, tecnología, política, desarrollo y dependencia, en la intersección entre el campo científico-académico, la esfera política, y el espacio público. En el marco del *boom* editorial de los '60 y '70 (Faierman, 2019), y ante la propuesta de Manuel Sadosky, un grupo de sus ex estudiantes y colaboradores provenientes de las facultades de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA) comenzaron a diseñar una revista de divulgación científica que vería la luz en abril de 1970. Y es precisamente en ese pasado compartido durante las etapas de estudiantes, de militancia universitaria, o de inserción como jóvenes investigadores en el sistema científico y académico nacional e internacional, donde se puede rastrear la historia de un conjunto de personas que convergerían para dar origen a una revista de espíritu marcadamente pluralista.

En Argentina, el apellido Sadosky se asocia inmediatamente a Manuel, matemático, docente, y el “padre” de la informática nacional. Con el nombre *Cora*, la relación no es tan directa, pero debería: su compañera de vida, Corina (Cora) Ratto de Sadosky, también doctora en matemáticas, se dedicó tanto a la investigación y a la docencia (produjo libros de texto en álgebra lineal sumamente innovadores para los años '60, y las primeras publicaciones sobre el tema en castellano) como a la militancia por el derecho de autodeterminación de los pueblos y a la resistencia a la opresión en todas sus formas. Fue una de las fundadoras de la Alianza Internacional de Mujeres en 1945, y, en el ámbito de la UBA, creó la Fundación Albert Einstein para brindar apoyo económico a estudiantes en situaciones vulnerables.

No debe haber sido fácil, por lo tanto, cargar con esa herencia al iniciarse en el mismo campo de estudios que sus padres, las matemáticas, y en la misma unidad académica, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la UBA, precisamente donde Manuel era el vicedecano cuando, en 1966, cayeron los bastones largos sobre la ciencia argentina. Pero Cora (Corita) Sadosky llevó tanto su nombre como su apellido con

altura durante sus estudios y su propia y destacadísima trayectoria profesional. Nacida en 1940 en Buenos Aires, tuvo una existencia trotamundos: asistió a escuelas primarias en tres países europeos diferentes antes de rendir como alumna libre todo el nivel secundario en Buenos Aires y finalmente empezar la carrera de matemática en la UBA. En 1960 completó su licenciatura, dos años después de que su madre se hubiera doctorado en dicha universidad. Ella misma se doctoró en 1965 en la Universidad de Chicago, donde era la única mujer inscripta en un programa de posgrado no sólo en matemática, sino en cualquier ciencia “dura”. Allí conoció a Daniel Goldstein, médico especializado en biología molecular que se encontraba estudiando en Yale en ese momento. A su retorno a la Argentina, Cora y Daniel se casaron y ella enseñó durante un año en la UBA, pero en 1966 volvió a emigrar, esta vez a la Universidad de la República, en Montevideo, Uruguay, y luego a la Johns Hopkins, en Baltimore, Estados Unidos, donde Daniel tenía una oferta de posdoctorado. En la universidad estadounidense, su salario de profesora asistente era el equivalente a dos tercios del de sus colegas hombres (Morrow & Benander, 1998).

La próxima parte del relato involucra, curiosamente, dos parejas de químicas e ingenieros. Como en tantas otras historias de jóvenes argentinos en Europa, París fue el escenario de los cruces entre varios de los protagonistas de *Ciencia Nueva*. Por un lado, Ricardo Ferraro y Katia Fischer, “activos militantes estudiantiles [...] consejeros superiores y redactores del Estatuto Universitario de la UBA (1958)” (Borches, 2014, p. 2), quienes cruzaron el Atlántico en 1962 con sendas becas del gobierno francés. Él, ingeniero civil de la UBA, estaba ampliando su formación en el Ministerio de Obras Públicas de Francia, “usando computadoras para diseñar autopistas y optimizar su costo” (Ferraro, 2010, p. 11). Ella, nacida en Praga, originalmente llamada Katerina e inscripta como Catalina en sus documentos argentinos, pero conocida como Katia, era licenciada en química de la misma universidad. Luego de dar sus primeros pasos en la investigación en el Instituto de Investigaciones Bioquímicas, ingresó al Instituto Pasteur, “que, por ese entonces, era la meca indiscutida de la investigación biológica” (Ferraro, 2010, p. 11).

Por otro lado, Iván Chamboleyron y Hebe Mitlag. Él, ingeniero por la Universidad Nacional de La Plata, recaló primero un año en Holanda y luego en Francia, donde completaría un doctorado en física en la Universidad de París. Ella, licenciada en química de la UBA, había pasado cinco años en la Chicago Medical School, en Estados Unidos. Luego se trasladó a Europa con una beca para trabajar en un laboratorio en Gotemburgo, Suecia. En el camino, retomó contacto con Katia, antigua compañera de estudios. Finalizada su estancia en ese país, y nuevamente en la capital francesa, Hebe e Iván se encontraron a través de estas estrechas relaciones de amistad comunes: los Ferraro, y también Héctor Abrales, otro ingeniero mendocino, íntimo amigo de Ricardo, que sería uno de los principales asesores de *Ciencia Nueva* y que se encontraba junto a su esposa en París como investigador en el Centro Nacional de Investigación Científica de Francia (CNRS).

La agitada vida de Lucía Mourelle, uruguaya emigrada a la Argentina desde la infancia, tal vez se comprenda mejor a través de sus sucesivos cambios de nombre, comenzando por el liceo francés donde era llamada *Lucie* y donde se decidió por estudiar química en la UBA, rindiendo el examen de ingreso con máximo puntaje. Luego de la Noche de los Bastones Largos, ella, sus dos hijos y su entonces esposo, el físico Hernán

Bonadeo, se dirigieron a la ciudad de Nashville, en el sureño estado de Tennessee, Estados Unidos. Allí Hernán realizó su doctorado en la Universidad de Vanderbilt, mientras que Lucy se insertó en la Universidad Fisk como docente y estudiante de maestría. “Yo tenía un compromiso de enseñar, era jefa de laboratorio, y al mismo tiempo Fisk tenía un acuerdo con Vanderbilt, que es una universidad muy prestigiosa del sur de los Estados Unidos. Entonces yo pude cursar materias para terminar mi master”, relata. El clima social en aquel país presentaba fuertes contrastes entre el conservadurismo del sur, con la persistencia de políticas de segregación racial, y la creciente ola de movimientos sociales, especialmente en pos de los derechos civiles de la población afroamericana y el surgimiento de la segunda ola del feminismo. “Nos fuimos en el ‘67 y llegamos a Estados Unidos cuando el Black movement, el women liberation, y la guerra de Vietnam. Estuvimos dos años ahí y fue una época conmocionante que nos marcó muchísimo”, explica ella. En 1969, la familia se trasladó a Florencia, Italia, ante una invitación del eminente físico-químico Salvatore Califano, a quien habían conocido en Vanderbilt, para que Hernán realizara un posdoctorado allí. Con ese nuevo traslado, Lucía (ahora *signora di Bonadeo*) comenzó a acuñar la frase “cuando usted llega, empieza la función”. Hacia ese año, Florencia estaba recuperándose de la inundación provocada por un desborde del río Arno en 1966, que había anegado toda la ciudad y gran parte de la región de la Toscana. Además de las pérdidas de vidas, la inundación fue un desastre en términos culturales y artísticos: numerosos archivos históricos, bibliotecas, galerías de arte e iglesias fueron dañados gravemente. Diversos comités internacionales se formaron para paliar la situación, y expertos de todo el mundo se dirigían a Florencia para rescatar lo que se pudiera de aquel patrimonio artístico. En ese contexto, Lucía ingresó al laboratorio de investigación de la Galería Uffizi. “Me tocó estudiar los pigmentos y fue una experiencia fuertísima también [...] trabajando con los restauradores, viendo cómo limpiaban cuadros, vi aparecer angelitos de Botticelli del barro” (Mourelle, entrevista, 2020).

Hasta aquí, las trayectorias descriptas corresponden a las de tantos otros científicos argentinos hacia el final de los años '60, dentro del período que Kreimer (2010) ha denominado como la segunda fase de la internacionalización liberal de la ciencia argentina: el traslado a los grandes centros científicos internacionales en pos del doctorado o posdoctorado, en el marco de la emergencia de las primeras políticas de CyT en América Latina, que fueron dando un carácter sistemático e institucional a la movilidad científica. En la UBA, y particularmente la FCEN, la Noche de los Bastones Largos también constituyó un importante factor expulsivo. Pero, como veremos, los protagonistas de esta historia no iban a quedarse quietos mucho tiempo, ni limitarían su acción al campo científico exclusivamente. Si para Beatriz Sarlo (1992) la manifestación voluntarista de “hagamos una revista”, repetida a lo largo del siglo XX por innumerables intelectuales y literatos latinoamericanos, quiere decir “hagamos política cultural”, “hagamos una revista de divulgación” implicaba una intención de hacer política científica. Esa voluntad de intervención, sumada a los acontecimientos que se sucedían en la Argentina, fue empujando a muchos científicos a volver.

### 3. “Hagamos una revista”

Regresados de Francia entre 1968 y 1969, Ricardo Ferraro y Katia Fischer rápidamente retomaron sus respectivas carreras profesionales. Katia ingresó como investigadora de

CONICET al Instituto de Investigaciones Médicas (IIM) en el laboratorio de Víctor Nahmod y Samuel Finkielman. Daniel Goldstein también se insertó en dicho grupo de trabajo. “Los llamaban en el IIM ‘los invasores’ porque debido a que su laboratorio era de dos ambientes (sin baño ni cocina) con los equipos básicos necesarios, debían recurrir a los otros muy bien equipados laboratorios del Instituto. Pero los cuatro volaban en ideas, preguntas e ideas” (Díaz, 2017).

Entre los contactos que Ferraro trajo de su trabajo como ingeniero civil en el Servicio Especial de Autopistas en Francia, se encontraban las consultoras en ingeniería BCEOM y SOGREAH. En 1969, ambas encararon junto con la argentina ACT<sup>3</sup> la creación de un modelo matemático para la cuenca del Río de la Plata. De ese estudio participaron Elena Aída Nuss de Epstein, “profesora de geografía, autora de trabajos de geografía argentina y latinoamericana [...] asesora en distintos equipos de consultores y, en particular, en el del Estudio en Modelo Matemático de la Cuenca del Plata” (*Ciencia Nueva* #6, 1970, p. 7) y Beatriz Ottonello, quien se desempeñaría como corresponsal en París de *Ciencia Nueva* (ver Tablas 1 y 2). Además, en ese momento trabajaba en dicho estudio de ingeniería un joven llamado Aldo Palacios, a quien Ferraro luego propuso trabajar en la revista, y que nos brinda un relato sumamente cálido de lo que era sacar cada ejemplar de *Ciencia Nueva*:

Yo era un principiante y quería aprender, así que era el “che pibe”, cadete, empleado, vendedor, cobrador, distribuidor, llevaba y traía materiales referentes a la revista a la diagramadora, a la imprenta, a los autores, a algunos suscriptores. Luego fui haciendo trabajos más específicos y conociendo gente. La secretaria, que era Susana Pagano y esposa de Héctor Abrales, coordinaba las tareas para el armado de la revista: imprimir los *clissé*, foto, corrección, diagramación, impresión, etc. Por ejemplo, ir con las fotos a la casa de donde se hacían los *clissé*, llevar y traer bosquejos de diagramación al departamento de diagramación, o llevar y traer las primeras pruebas a la imprenta de Amorrortu allá en Parque Patricios. Este tema era muy arduo, porque la impresión, comparándolo con la tecnología que tenemos hoy, era como una tarea artesanal. Todo esto eran tareas administrativas, hacer etiquetas para los suscriptores, llevar los nuevos números para la venta en las librerías, llevar las revistas al correo para los suscriptores, ventas y cobranzas. (Palacios, entrevista, 2020)

Iniciando la década de 1970, la falta de publicaciones en español que pusieran la ciencia y la tecnología al alcance de públicos no especializados (como sí era el caso en Estados Unidos o Europa, donde el grupo fundador de *Ciencia Nueva* había entrado en contacto con dichos modelos de revistas) y la existencia de un lectorado ávido, si bien reducido, fueron factores que determinaron el éxito de *Ciencia Nueva*. Esto se evidencia en las numerosas cartas del lector, especialmente en los primeros números, que ponderaban el lanzamiento y la línea editorial adoptada respecto de la divulgación

---

<sup>3</sup> Asesores Científico-Técnicos, empresa creada en 1966 por Manuel Sadosky, Rebeca Guber, Juan Chamero y David Jacovkis, habiendo renunciado los tres primeros al Instituto de Cálculo (IC) de la UBA y el cuarto al Departamento de Industrias luego de la intervención a las universidades. ACT figura como anunciante en varias publicidades dentro de *Ciencia Nueva* y se la considera la primera consultora argentina en ingeniería de sistemas y programación informática. Su objetivo era continuar las líneas de trabajo truncas en el IC, especialmente la asistencia a empresas privadas y organismos públicos. Más sobre ACT en Wachenchauzer (2014).

científica. Inicialmente, la dirección de la revista estaba a cargo de la tríada compuesta por Ricardo Ferraro, Ignacio Ikonicoff y Eduardo Mari. La esposa de este último, Lina, se desempeñó como secretaria de redacción durante un tiempo (ver Tabla 2). Entre fines de 1970 e inicios de 1971, Ikonicoff y Mari se alejaron de la revista y la dirección fue quedando en manos de Ferraro (Borches, 2014), quien progresivamente iría tomando más protagonismo en la articulación del entorno de colaboradores de *Ciencia Nueva* a partir de detectar vocaciones para la comunicación dentro de los círculos científicos y académicos, pero también artísticos e intelectuales (volveremos a esto más adelante).

A la vez, en enero de 1971 Hebe Mitlag e Iván Chambouleyron también volvieron a instalarse en Buenos Aires. A partir del número 10, Hebe asumió la producción de la revista, y desde el número 15 sería la directora adjunta. Esto implicaba compartir “con Ferraro las bien definidas tareas de la Dirección: asistir a un congreso científico, impulsar los mecanismos para que la revista salga, preparar café o discutir siempre con el gerente para obtener las mejoras sociales que exige el personal” (*Ciencia Nueva* #23, 1973, p. 63). “Había que conseguir los autores, hacer la compaginación, invitar gente... había muchas otras actividades, como invitar políticos, por ahí organizar alguna charla, en fin, eran cosas que hacían parte de la actividad de difusión de una visión de la ciencia más comprometida, una ciencia más comprometida” (Chambouleyron, entrevista, 2020).

Por su parte, para 1968, Cora Sadosky y Daniel Goldstein también habían retornado a Argentina. “Después del asesinato de Robert Kennedy, decidimos con Cora que era mejor volver a Buenos Aires”, recuerda Daniel (en Gabriel & Angulo, 2009, 11:48-11:55). Sin embargo, debido al clima político instaurado por el gobierno dictatorial, Cora no pudo encontrar una posición académica hasta 1973. Goldstein, voraz lector de cuanto *journal* científico cayera en sus manos, fue asesor científico de *Ciencia Nueva* en todas sus ediciones y autor de diversos artículos, cubriendo especialmente de cerca la guerra de Vietnam.<sup>4</sup> Además, la única editorial que lleva firma, “El mito de la libre elección de temas” (publicada en la revista en enero de 1972), es de su autoría (el resto de las editoriales “no llevaban firma y en general representaban al ser policéfalo responsable de la línea política que iba tomando CN”, Borches, 2014, p. 3).

Lucía Mourelle y Hernán Bonadeo, si bien se encontraban en Florencia al momento de la formación y lanzamiento de *Ciencia Nueva*, seguían en contacto con Ricardo Ferraro,<sup>5</sup> quien sugirió a Lucía que escribiera sobre el trabajo que estaba realizando en Uffizi junto con restauradores de arte. Dos artículos de su autoría se publicarían acerca de las características del fresco toscano y las técnicas de su restauración (ver Tabla 1). Al regresar a la Argentina en 1971, Hernán, quien figuraba como corresponsal de la revista desde el primer ejemplar, se integró al equipo de asesores, mientras que Lucía formalizó su participación y comenzó a ser acreditada como redactora (Ferraro, 2010; ver Tabla 2). Al tratarse de una colaboración que podía realizar

<sup>4</sup> El volumen Vietnam | Laboratorio para el genocidio, publicado en 1973 dentro de la colección *Los Libros de Ciencia Nueva*, recopila ocho artículos escritos por Goldstein, Joel Jardim (un seudónimo del mismo autor) y el escritor y periodista francés Alain Jaubert, que habían aparecido desde 1970 en *Ciencia Nueva*, el semanario *Marcha* (Montevideo), el fascículo *Transformaciones* (editado por el Centro Editor de América Latina), y el diario *La Opinión* (Buenos Aires). Se encuentra disponible en [https://issuu.com/ciencianueva/docs/vietman\\_laboratorio\\_para\\_el\\_genocid](https://issuu.com/ciencianueva/docs/vietman_laboratorio_para_el_genocid)

<sup>5</sup> Además de la relación de amistad, el vínculo entre ellos era, de algún modo lejano, familiar: Katia Fischer era la hija del marido de la suegra de Lucía Mourelle.

en su tiempo libre, ella pudo compatibilizar su trabajo en la revista con el proceso de volver a instalarse junto a su familia en el país, hasta que ingresó como jefa de trabajos prácticos en la carrera de Química de la FCEN-UBA. Sobre su período en *Ciencia Nueva*, Lucía relata que su dominio de diversos idiomas fue muy valioso para realizar traducciones y correcciones, además de acceder a artículos científicos publicados en revistas internacionales para luego escribir sobre el tema. Un detalle no menor, si se considera junto con Sarlo (1992) que parte importante del discurso cultural construido por las revistas se dirime en las decisiones acerca de qué traducir. Si determinada temática resultaba de interés para *Ciencia Nueva*, Lucía analizaba material publicado y producía textos propios basados en esa investigación y recopilación. “Era complejo, en ese momento no era como ahora: tenías que tener la revista, o alguien que te la mandara. Ese trabajo de recopilar fuentes lo hacía en parte Ricardo, porque él estaba abonado y recibía diferentes revistas, entonces me decía ‘mirá’, me daba fotocopias, y ahí salía” (Mourelle, entrevista, 2020).

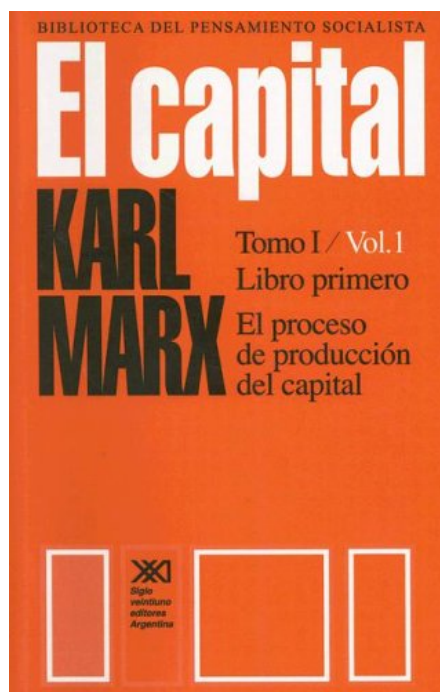
A medida que la revista se consolidaba, fue incorporando más colaboradores y colaboradoras que excedían el ámbito científico-académico. “En muchos casos el oficio de periodista, al menos en el siglo pasado, fue una causa familiar”, señala Patricia Walsh, autora de los dos informes de investigación sobre salud mental que fueron notas de tapa en los ejemplares 18 y 21 de *Ciencia Nueva*. En el número 23 de la revista se la presentaba: “Patricia Walsh (casada) es estudiante de Medicina de la Universidad de La Plata y ha publicado numerosos trabajos periodísticos sobre temas científicos y técnicos” (*Ciencia Nueva* #23, 1973, p. 63). La propia Patricia relata:

Llegué a *Ciencia Nueva* por mi hermana Vicki.<sup>6</sup> Ella trabajó primero en la revista *Primera Plana*, y luego en *La opinión*, siempre en la sección Ciencia y Técnica. Tanto mi hermana como yo, en distintos momentos, quisimos ser médicas. Ese fue el motivo de nuestro interés por la ciencia. Mi hermana nació en 1950, yo en 1952. Tenía entonces, cuando escribí esas notas, poco más de veinte años. Y mi hermana mayor, mi única hermana, ya era periodista hacía ya tiempo. Ella me recomendó a la revista *Ciencia Nueva*. Pero yo no conocí ninguna redacción. Entregaba las notas en una dirección. Y era colaboradora, no redactora, aunque figuré en el staff. (Walsh, entrevista, 2020)

La sintaxis de una revista, sostiene Sarlo (1992), da cuenta de lo que era la coyuntura presente de la publicación de una manera en que sus textos individuales y descontextualizados no pueden hacerlo. El tipo de letra, el lugar de cada artículo en las páginas de la revista, la confección de los índices, dice la autora, no son meros detalles estéticos, sino testimonios de las decisiones tomadas ante las problemáticas que definían aquel presente, toda vez que la voluntad de una revista es intervenir para modificarlo. En *Ciencia Nueva*, el diseño gráfico y maquetación estaba a cargo de “Isabel Carballo, (¡soltera!), una rosarina, profesora de Bellas Artes, dedicada al diseño gráfico de libros y revistas, entre los que se incluyen trabajos para Ediciones de La Flor, Galerna y *Los Libros de Ciencia Nueva*” (*Ciencia Nueva* #23, 1973, p. 4). Isabel había estudiado Bellas Artes en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Rosario, mientras paralelamente cursaba algunas materias en Filosofía e Historia. Al trasladarse a Buenos

---

<sup>6</sup> María Victoria Walsh, hija mayor del periodista y escritor Rodolfo Walsh.



**Figura 1.** Tapa de *El Capital* de Karl Marx, editado por Siglo XXI (primera edición, 1975) diseñada por Isabel Carballo, con los característicos rectángulos de la editorial.

Aires, de la mano de su militancia juvenil en el Movimiento de Liberación Nacional comandado por Ismael Viñas, Isabel comenzó a hacerse un nombre como diseñadora de libros en el mercado editorial. Aldo Palacios recuerda que “era todo un arte su trabajo y su vida. Todo rondaba en el arte, y tenía un ojo clínico para que el lector captara una buena presentación”. Además de las editoriales mencionadas anteriormente, Isabel se desempeñó como directora de arte en Siglo XXI (ver, por ejemplo, la Figura 1). “Trabajaba en la editora medio período. De tarde hacía *freelance* para otras editoras desde mi casa, donde había montado un pequeño estudio”, rememora ella.

Isabel fue la diseñadora gráfica de todos los ejemplares de *Ciencia Nueva* y de los libros publicados por la editorial homónima. Respecto de los años de la revista, recuerda su trabajo más bien como externo: “Solo iba a la sede de la editora a discutir cada número y entregar la diagramación. Y mi relación era con Ricardo Ferraro, con quien el trabajo siempre fue cordial y criamos una buena amistad”. Isabel fue una de las personas habitantes de los intersticios entre el grupo de ingenieros, biólogos y físicos que escribían en *Ciencia Nueva* y el campo intelectual y literario argentino más amplio. Por ejemplo, desde Editorial Galerna estuvo involucrada en la publicación de la revista literaria *Los Libros* (hasta el número 21), fundada por Héctor Schmucler. Esta era una de las revistas con las que *Ciencia Nueva* comenzó a compartir personal de diseño, diagramación e impresión, y algunas instalaciones, con el objetivo inmediato de reducir costos de producción; la otra sería *Crisis*, dirigida por Eduardo Galeano. Como recuerda Ricardo Ferraro,

Un día la diseñadora, Isabel Carballo, nos presentó un tipo que había trabajado en Eudeba para que se hiciera responsable de la etapa de impresión de las revistas. [...] Horacio Achaval, así se llamaba, sólo nos hizo un pedido extraño: poder contar con una oficina donde reunirse con sus amigos algunas veces

después de las 6 de la tarde. Nos pareció razonable y no hubo problema. Al tiempo vimos que Achaval llegaba con una botella de grapa o ginebra y al atardecer empezaban a caer sus amigos: Horacio Ferrer, Enrique Cadícamo, Rogelio García Lupo y Arturo Jauretche. Nosotros nos íbamos colando porque era un placer escucharlos hablar. (Ferraro, en Borches, 2014, p. 3)

Agrega Aldo Palacios:

El tema de las correcciones las realizaba Horacio Achával y, como una ayudita a Horacio, a veces lo hacía Susana Zanetti, que era profesora de literatura hispanoamericana en la UBA, y luego de la Universidad de La Plata, y que trabajaba para el Centro Editor de América Latina cuyo dueño era Boris Spivacow. Al mediodía nos juntábamos a almorzar unos cuantos, como David Viñas, Ismael Viñas, Marta Carreras, Zanetti y Achaval. (Palacios, entrevista, 2020)

Además del reconocible diseño que fue cimentando la identidad de la revista, a lo largo de los ejemplares *Ciencia Nueva* fue sumando artistas al equipo e incluyendo una mayor cantidad de ilustraciones originales, tanto en la portada como al interior de sus páginas. En el número 24, además de un artículo de la antropóloga estadounidense Margaret Mead sobre lenguajes simbólicos (ver Tabla 1), la página 48 exhibía una obra de la artista plástica argentina Mirtha Dermisache (Figura 2a). Para esta publicación, Mirtha preparó tacos (matrices) específicamente pensados para la impresión masiva, en la línea de una serie de piezas que la artista denominó *Reportajes* (Mezza et al., 2017). En el número inmediato posterior apareció la siguiente explicación en un recuadro en la página 2, junto a los créditos editoriales, además de una curiosa respuesta de un lector anónimo en la página 64 escrita en el mismo “lenguaje” usado por la artista (Figura 2b):

Las sorprendentes grafías de la página 48 del número 24 de CN, son algo más que una humorada. Son una muestra de la original creación estética de Mirtha Dermisache, porteña, 33 años, cuyo talento fuera reconocido por personalidades artísticas como Amacio Williams, Jorge Romero Brest y Basilio Uribe. A mayor explicación, reproducimos las palabras que presentaron uno de sus ‘libros’: “La estructura del fenómeno que ofrece Mirtha Dermisache no es lo que puede describirse en lenguaje habitual, sino que se convierte en una realidad diferente frente a nuestra percepción. Mientras que en el lenguaje común el propósito de la comunicación es dirigir la atención de los interlocutores hacia una realidad diferente frente a nuestra percepción. [...] “El significado de estas operaciones corresponde a la más auténtica realidad de nuestros tiempos, porque nuestro absoluto y nuestros valores definitivos han sido reemplazados por valores dinámicos en constante estado de cambio. Esto ha alcanzado todos los niveles, científico, filosófico, sociológico, tecnológico, así como en lo cotidiano”. (*Ciencia Nueva* #25, 1973, p. 2, comillas en el original)



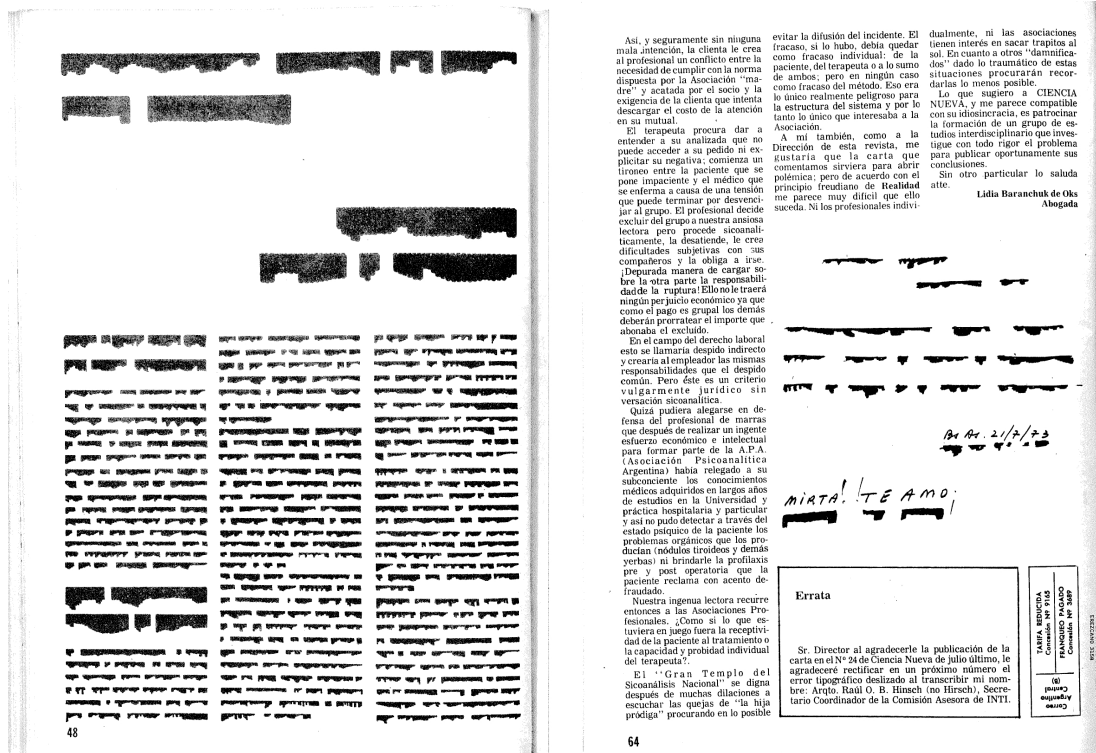


Figura 2a: (a la izquierda): *Ciencia Nueva* #24 (1973), página 48, intervenida por Mirtha Dermisache.

Figura 2b (a la derecha): respuesta a la obra de Mirtha Dermisache entre las Cartas del Lector, *Ciencia Nueva* #25 (1973), página 64.

En efecto, Mirtha Dermisache fue una artista argentina reconocida internacionalmente por sus obras de escritura asémica, esto es, una forma de escritura sin palabras, o al menos sin palabras con una dimensión semántica precisa y reconocible (Gache, 2017), que fueron definidas por el semiólogo francés Roland Barthes como “escrituras ilegibles”. Estuvo vinculada, pero sin integrar de manera formal, a colectivos artísticos radicados en el seno del Instituto Di Tella, al llamado Grupo de los Trece, y al Centro de Arte y Comunicación (CAyC). Particularmente, el CAyC se caracterizaba por su búsqueda experimental de las convergencias entre arte, comunicación y tecnología.<sup>7</sup> La primera muestra del Centro, denominada *Arte y cibernética*, invitó a artistas a resolver sus obras por computadora en colaboración con un grupo de ingenieros, analistas y programadores dirigidos por Ricardo Ferraro y Julio Guibourg, y entre quienes también se encontraban Manuel Sadosky y Gregorio Klimovsky.<sup>8</sup> En esa muestra, Mirtha experimentó “exponiendo sus grafismos al procesador de una computadora IBM 1130-

<sup>7</sup> Para un análisis de la relevancia del CAyC en el desarrollo de las artes tecnológicas en la Argentina, ver Adler (2020).

<sup>8</sup> Guibourg es ingeniero en Telecomunicaciones integrante de la primera promoción de egresados de esa carrera en el Instituto Radiotécnico dependiente de la UBA (1950). En el momento de la muestra *Arte y cibernética* era director del Centro de Cómputos de la Escuela Técnica ORT de Buenos Aires, cuyas máquinas IBM se usaron para generar las obras (Jacovkis, 2014; Sarti, 2013). Coincidentemente, la Escuela había recibido asesoramiento por parte de ACT para instalar su centro de cómputos (Wachenchauser, 2014).

16K y *plotter* Calcomp, que los traducía a grafismos computarizados, los cuales se podían imprimir sobre papel” (Mezza et al., 2017, p. 263). Tanto Ricardo Ferraro como Klimovsky escribieron sendas recomendaciones para la postulación de Dermisache a una beca Guggenheim en 1971. En 1973, Klimovsky incluso escribió un ensayo sobre la obra de Dermisache, definiéndola como “un desafío intelectual que proponía un método de comunicación ‘abierto’. El autor comparaba su trabajo con la utilización del método axiomático en matemática moderna y con la construcción de la línea musical sobre la base de la partitura” (Mezza et al., 2017, p. 267). En un registro más afectivo, Diego Ferraro, hijo de Ricardo, recuerda la afición al arte de sus padres y la relación de aprecio y cercanía de su familia con Mirtha: él y su hermano Sergio solían participar en talleres de dibujo y pintura organizados por la artista.

Volviendo al arte en las páginas de *Ciencia Nueva*, el número 4 (agosto 1970) inauguró la sección *Humor Nuevo*, a cargo de Julio Moreno, becario de iniciación y posteriormente de perfeccionamiento en CONICET bajo la dirección de Marcelino Cereijido,<sup>9</sup> y, además, dibujante y artista gráfico. Puesto en contacto con Ricardo Ferraro a través de espacios de militancia política en común, Moreno comenzó a colaborar con *Ciencia Nueva* y no cesaría de enviar puntualmente sus ilustraciones incluso cuando se trasladó a la Universidad de California en Los Ángeles, Estados Unidos, para continuar sus estudios de doctorado en neurobiología y biofísica becado por The National Institutes of Health. Las viñetas y páginas de Moreno tuvieron una inmediata aceptación, al punto que, para 1973, la propia revista indicaba que “nuestros lectores saben bien que tras el agudo humorismo y la barba de Julio Moreno (casado) se oculta un Doctor en Medicina, actualmente investigador en la Universidad de Los Ángeles” (*Ciencia Nueva* #23, 1973, p. 64). Sobre la dinámica de aquella colaboración a distancia, Moreno relata:

Ricardo, que era incansable, me mandaba todas las revistas de acá, de política, para que yo me inspirara, dibujara, y mandara los dibujos a Buenos Aires [...] Me llegaba un rollo, como si fuera de... ¿viste lo que está adentro de las telas, donde se enrollan las telas? Bueno, un rollo lleno de revistas, y nos comunicábamos por teléfono para ver qué quería él o qué quería la directiva que yo hiciera. (Moreno, entrevista, 2020)

Precisamente a cargo de Moreno estuvo la portada del número 10 de *Ciencia Nueva* (mayo 1971, Figura 3), considerado una bisagra en la explicitación de las discusiones políticas en el seno de la revista (Céspedes, 2019; Faierman, 2019; Ferraro, 2010). La nota de tapa era “Ciencia e ideología”, escrita por Gregorio Klimovsky, que inauguraría un debate ya latente pero que de ahí en más se volvería troncal, y que sería retomado por otros autores en diversas intervenciones, así como por los lectores que enviaban sus cartas a la revista. Los protagonistas de aquel momento describen así esa portada:

No sé cómo, pero se me ocurrió [...] nos unía mucho esa tapa a muchos. Porque uno estaba trabajando en un laboratorio [...] y de golpe te das cuenta

---

<sup>9</sup> Doctor en Fisiología por la UBA y especialista en fisiología celular y molecular. En 1973 fue decano interventor de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de dicha universidad por un breve período, a instancias del propio Rolando García (Friedemann, 2018). Debió dejar el país en 1976 y se radicó en México, donde actualmente es profesor emérito del CINVESTAV e investigador nivel III del Sistema Nacional de Investigadores.



**Figura 3:** Portada de *Ciencia Nueva* #10, ilustrada por Julio Moreno (mayo 1971).

—era muy de esa época— de que estabas trabajando para el imperialismo estadounidense. Esta era la idea detrás de esto. (Moreno, entrevista, 2020)

En el Nro 10 hay un dibujo extraordinario que es el de un científico sacudiendo un botellón de laboratorio, y allí se produce la bandera de los EEUU. Toda la tapa blanca, más el guardapolvo, y adentro de la botella, la bandera en colores. Fue la tirada más exitosa, que se vendió casi toda. La compró gente que no sabía ni lo que contenía la revista, pero el hecho de ver la bandera y el resultado de esa aleación significaba muchas cosas. (Palacios, entrevista, 2020)

Precisamente, la discusión acerca de la ideología en la práctica científica, el rol del investigador en la sociedad y su participación dentro de los procesos de cambio social, el papel a jugar por las universidades y otros centros de producción de conocimiento y, en definitiva, el interrogante de “ciencia para qué y para quién(es)” había sido instalado con fuerza dentro de la comunidad científica, y reapareció como política de gobierno en el tercer peronismo. Iván Chambouleyron considera que en esos años “se generó una gran revolución en el mundo del intelectualismo progresista, porque se crearon muchos espacios políticos de discusión, los llamados consejos tecnológicos, la gente que se reunía para discutir planes de gobierno” (entrevista, 2020). Ya desde antes de la asunción de

Héctor Cámpora, “la perspectiva del retorno a un régimen democrático [...] inspiró la conformación de comités o consejos dentro de diversas agrupaciones políticas, que tenían el propósito de delinear propuestas de políticas científico-tecnológicas” (Feld, 2015, p. 364).

Con la primavera camporista, se abrían nuevos canales de comunicación y participación vedados durante el onganato y los sucesivos gobiernos de facto (época durante la cual *Ciencia Nueva* había sido uno de los pocos, si no el único, medio de expresión del pensamiento crítico en relación a ciencia, tecnología y sociedad), y figuras prominentes de la ciencia y tecnología vieron la oportunidad de tener una injerencia real no solo al interior de sus propias instituciones, sino en la definición de las políticas para el sector alineadas con un proyecto de país determinado. En julio de 1972, se creaba el Consejo Tecnológico del Movimiento Nacional Justicialista, presidido por Rolando García, cuyo documento fundacional se publicó en el número 18 de *Ciencia Nueva* y fue calificado por la revista como una “toma de posición en cuanto a ciencia y tecnología que debería tener su equivalente en todos los movimientos políticos de orden nacional” (*Ciencia Nueva* #18, 1972, p. 26). Roberto Lugo<sup>10</sup> y Héctor Abrales también formaban parte de ese Consejo en calidad de secretarios (Borches, 2014). Posteriormente, García sería el titular de la Asesoría del Consejo Provincial de Desarrollo de la provincia de Buenos Aires. En 1973, Chambouleyron fue nombrado rector interventor de la Universidad Tecnológica Nacional por el Ministro de Educación Jorge Alberto Taiana, mientras que Hebe Mitlag pasó a ocupar un cargo en la Secretaría de Desarrollo Industrial (Chambouleyron, 2014). Por su parte, Lugo tuvo una breve gestión como decano interventor de la FCEN-UBA desde diciembre de 1973 a mayo de 1974 (Bilmes, 2012; Friedemann, 2018).

Este protagonismo político de ciertos agentes provenientes del campo científico con intenciones transformadoras se toparía con los graves acontecimientos que se fueron sucediendo en toda la región latinoamericana. Si a inicios de 1973 *Ciencia Nueva* se mostraba optimista ante el desafío de la reconstrucción nacional y adhería a cierto sentimiento de inevitabilidad del cambio social, ese entusiasmo se iría enfriando ante hechos como, por ejemplo, la renuncia de Rodolfo Puiggrós al Rectorado de la UBA y el golpe de estado y la muerte de Salvador Allende en Chile (*Ciencia Nueva* #27, 1973, pp. 3-4), la detención arbitraria y allanamiento de los domicilios de los doctores Juan José Giambiagi y Amílcar Herrera, y la intervención de la Universidad de la República del Uruguay (*Ciencia Nueva* #28, 1973, pp. 3-4). El último número de la revista se publicó en diciembre de 1973.<sup>11</sup>

#### 4. Después de *Ciencia Nueva*

El recrudecimiento cada vez más violento de las tensiones políticas (especialmente al interior de las diversas corrientes del peronismo), los enfrentamientos y persecuciones, la prioridad que algunos miembros del grupo le dieron a la acción

---

<sup>10</sup> Corresponsal de *Ciencia Nueva* desde Nueva York en los números 1 (abril 1970) al 15 (marzo 1972), y asesor del 16 (mayo 1972) al 29. La revista lo presentó como “Licenciado en Química de la UBA y especialista en electroquímica. Se doctoró en la Universidad de Cambridge (Inglaterra) y fue investigador del Departamento de Química de la New York University. Trabaja en la CNEGH [Comisión Nacional de Estudios Geoheliofísicos]” (*Ciencia Nueva* #23, 1973, p. 63).

<sup>11</sup> En la portada del número 29 de *Ciencia Nueva*, la fecha figura como “Diciembre 1973-Enero 1974”.

política, y el agotamiento propio de quienes habían llevado adelante el proyecto editorial “a pulmón”, coadyuvaron a que *Ciencia Nueva* cerrara un ciclo deseando a su lectorado, como una premonición que resultaría irónica a la luz de la historia, “Feliz 1974”. En los años subsiguientes, al advertir que ese último ejemplar no había incluido justificaciones ni había anunciado que la revista iba a dejar de publicarse, Ricardo Ferraro repetiría, a modo de explicación, que aquella era una hora en la que en la Argentina se hablaba más de muerte que de ciencia (Ferraro, 2010). En efecto, la muerte de Perón y el advenimiento de las corrientes más derechistas del movimiento provocaron un desplazamiento de las figuras asociadas al que otrora se percibiera como un proyecto revolucionario.

El golpe cívico-militar de 1976 confirmó aquella sensación que rondaba al momento del cierre de *Ciencia Nueva* de que todavía no había llegado lo peor. Ya fuera por amenazas directas y concretas o por el clima general de terror y opresión instaurado, varios miembros del *staff*, colaboradores, o personas cercanas a la revista (especialmente quienes habían tenido una mayor visibilidad política en los años anteriores) se desperdigaron por el mundo como parte de la ola de exilios de la época. El grupo de la revista y sus allegados incluso tuvieron que lamentar detenciones ilegales y desapariciones forzadas: Horacio Speratti en junio de 1976, Ignacio Ikonicoff (junto a su esposa) en junio de 1977, y Héctor Abrales en enero de 1979 (Borches, 2014; Parque de la Memoria, s/f).

Quienes fueron advertidos de su situación pudieron optar por el exilio para salvar la vida. Fue el caso de Isabel Carballo: “Salí de Argentina en el 76. Mi casa fue allanada por el ejército, pero ya me habían avisado y no estaba en casa. Siglo XXI cerró. Creo que también recibió visita del ejército” (entrevista, 2020). Isabel se instaló en Vancouver, Canadá, donde residió por nueve años. Más tarde se radicó en San Pablo, Brasil. Desde 1986, allí continuó con su trabajo de diseñadora y artista en diversas editoriales y empresas.

Un derrotero similar siguieron Hebe Mitlag e Iván Chambouleyron. Él y un grupo de investigadores del Observatorio Nacional de Física Cósmica (San Miguel, provincia de Buenos Aires) ya habían recibido cartas de amenaza por parte de la Triple A el año anterior al golpe de Estado, donde se los intimaba a abandonar el país en 48 horas. En 1976, la advertencia fue mucho más concreta: “su nombre está en la lista”. Entonces sí, la salida de Iván fue precipitada. Una beca y una oferta de trabajo en París le permitieron ganar tiempo para terminar decantándose por México como destino. Con la familia reunida brevemente en Francia como instancia de paso, Iván se dirigió al DF y Hebe hizo una escala en Nueva York junto a sus dos hijos pequeños hasta tanto resolvieran vivienda y trabajo en la capital mexicana. Finalmente, Iván se incorporó al Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, mientras que Hebe comenzó a trabajar en la Secretaría de Patrimonio. Luego de tres años, la familia se trasladó a San Pablo, Brasil, dado que Iván había recibido un ofrecimiento por parte de la flamante Universidad de Campinas (Chambouleyron, 2014). Precisamente, en 1979, Amílcar Herrera<sup>12</sup> creó en la UNICAMP el Instituto de Geociencias (IG), en el seno del

---

<sup>12</sup> Geólogo argentino y referente del PLACTED. Parte de las razones por las que esta corriente no se considera una “escuela” teórica en sentido estricto es su baja institucionalización académica formal y la falta de líneas de continuidad en la formación de nuevas generaciones de investigadores dedicados

cual formaría el Departamento de Política Científica y Tecnológica (DPCT). A los pocos años, Hebe se incorporó al IG, donde tuvo un rol destacado en la consolidación del DPCT y desarrolló diversos proyectos sobre materiales estratégicos para superconductores (en especial, el niobio) y transferencia tecnológica, además de ser una de las primeras coordinadoras de la Comisión de Biblioteca del Instituto. Allí trabajó hasta su jubilación en 2001 (Chambouleyron, 2014; Nascimento, 2010).

Otros habían partido incluso antes del inicio de la dictadura en Argentina. En 1974, luego de un intento de secuestro a Daniel Goldstein, él y Cora Sadosky se trasladaron a Venezuela. “Tuvimos suerte porque estaba toda la familia junta. Mis padres, nosotros dos, nuestra hija”, recuerda ella, pero no dejaba de sentirse “como si le sacaran a uno el suelo de debajo de los pies” (en Gabriel & Angulo, 2009, 35:58-36:06, 33:37-33:43). La ciudad de Caracas se estaba constituyendo como un importante nodo de recepción de exiliados por razones políticas, y, en efecto, los Sadosky, padres de Cora, ya se habían instalado allí. Profesora en la Universidad Central de Venezuela hasta 1980, Cora luego se dedicó a la docencia e investigación en la Howard University (sita en la ciudad de Washington DC) y en el Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton. Cuando la Argentina recuperó la democracia, Cora retornó para la jura del gobierno democrático. Sin embargo, el regreso no fue en las condiciones que anhelaba.

Toda la gente que estaba en Matemática [en la UBA] era fascista, no había quedado nadie que no lo fuera. Algunos trataban de disimular, pero el ambiente era realmente repugnante. Tuve dificultad para que me dieran un curso, no querían que yo tuviera contacto con los estudiantes. Siendo mi padre Secretario de Ciencia y Técnica de la Nación, cuando yo volví, nunca conseguí entrar en el Consejo de Investigaciones. No porque fuera la hija de mi padre, pero por los trabajos que había hecho hasta ese momento. Si no podía entrar ahí, bueno, no había realmente ningún sentido para mí, quedarme ahí. No es que yo quisiera realmente volver a Estados Unidos, pero era una cosa completamente asfixiante. (Sadosky, en Gabriel & Angulo, 2009, 1:17:56-1:18:22; 1:22:27-1:22:55)

De vuelta en el país del norte, Cora continuó con la docencia y la investigación en la Universidad de California en Santa Clara y en Berkeley. Presidió la Asociación de Mujeres en Matemáticas de 1993 a 1995, fue miembro de la Asociación Americana para el Progreso de las Ciencias, dos veces elegida para el Consejo de la Sociedad Matemática Americana y miembro del Comité Asesor de Derechos Humanos del Instituto de Investigación de Ciencias Matemáticas de Berkeley. Pasó sus últimos años en California, para que ella y Daniel pudieran estar cerca de su hija y nietos. En su memoria, la Asociación de Mujeres en Matemáticas estableció el Premio Sadosky en Análisis en 2012 (Association for Women in Mathematics, s/f).

Julio Moreno considera que su trayectoria fue “totalmente contrafáctica”, ya que regresó a la Argentina en 1975, “en el momento que empezaba por ponerse más feo todo acá. Ahí empecé mi residencia en el Hospital Lanús, en neuropsiquiatría” (entrevista, 2020). Siguió relacionado con el dibujo y la ilustración: “cuando volví, trabajé en revistas como *Mengano* con Lorenzo Amengual, con el dibujante que trabajaba con [Eduardo]

---

específicamente al área. Herrera, como creador en 1988 del Programa de Posgrado en Política Científica y Tecnológica en el seno del DPCT, constituye una excepción en este sentido.

Galeano, también, que me publicaron un par de artículos ahí, creo que en *El escarabajo de oro*. A pesar de que era un desastre el país, y la persecución, y que perdí muchísimos amigos, había una movida intensísima”. Por su parte, Lucía Mourelle también permaneció en el país durante la dictadura, pero alejada del ámbito académico y dedicada a canalizar su vocación docente en la educación media. Luego de llevar adelante un instituto de ingreso universitario y secundario, Lucía fundó un colegio secundario sito en la ciudad de Buenos Aires. “Empecé con 25 chicos en un lugar alquilado, y ya tiene 32 años”, rememora ella, a modo de balance.

## 5. Conclusiones

*Ciencia Nueva* permitió el posicionamiento de investigadores provenientes de las ciencias (llamadas) duras, exactas o naturales como intelectuales y pensadores en el espacio público. A contrapelo de la imagen tradicional de la década de 1955-1966 como la “época dorada” de la ciencia argentina, y en contraposición a un supuesto vacío desde el golpe de Estado de Onganía hasta el retorno definitivo de la democracia, las páginas de esta revista dan cuenta del enorme dinamismo y movilización de ciertos sectores de la comunidad científica del país durante la década inmediatamente posterior: 1966-1976. Incluso en un contexto marcado por la intermitencia entre dictaduras, gobiernos autoritarios y democracias frágiles, con las heridas causadas por los bastones largos todavía frescas, jalonados por migraciones voluntarias en pos de proyectos académicos planificados o exilios políticos forzados, un grupo se planteó hacer una revista de divulgación que no sería “tal como ésta se suele entender: presentar a un público pasivo el resultado de investigaciones que otros hicieron y que no se discuten, como si la ciencia estuviera terminada cada día a los ojos del ‘profano’” (*Ciencia Nueva* #1, 1970, p. 4). Puede argüirse que, si el proyecto de la revista se originó en parte debido al capital social y académico de Manuel Sadosky, su consolidación y crecimiento fueron motorizados por el grupo reunido alrededor de la figura de Ricardo Ferraro en tanto editor y director, siempre desde la convicción de que la educación y la ciencia constituían la mejor apuesta por el futuro del país.

En el caso de las mujeres involucradas en la revista, algunas de las que se dedicaban a la investigación científica por sí mismas reiteran en cierta medida un patrón de acompañar las carreras de sus parejas (especialmente en cuanto a los traslados por motivos laborales y académicos), a veces, al precio de reorientar o interrumpir las propias, pero con plena capacidad, herramientas y méritos para lograr insertarse y desarrollarse en los entornos de destino atendiendo a sus intereses profesionales y personales. Las autoras de *Ciencia Nueva* efectivamente pertenecían al núcleo duro que llevaba adelante la revista, y si bien los artículos publicados por ellas remiten a sus áreas de experticia científico-técnica y no tanto a las reflexiones en torno a ciencia, tecnología, política, sociedad y desarrollo características de los pensadores del PLACTED, en cuanto editoras, productoras, correctoras y redactoras, ellas constituyeron una condición de posibilidad fundamental para la continuidad de la revista y la visibilización y cristalización de dicha corriente de pensamiento. Además, las relaciones personales que llevaron a muchas de ellas a acercarse a *Ciencia Nueva* se originaron en espacios de militancia política y actividad científico-académica compartida a la par de sus compañeros varones.

Una clara dificultad en la elaboración de este trabajo fue dar con los contactos de los y las protagonistas de aquella época. En el caso de las mujeres, el hecho de que varias de ellas firmaran sus intervenciones en la revista con el apellido de sus esposos complejizó aún más la búsqueda. Debido a estas limitaciones, entendemos que el relato que hemos esbozado es, a todas luces, incompleto. De las autoras de *Ciencia Nueva*, queda pendiente destacar la trayectoria de Hilda Sabato, historiadora, actual investigadora superior de CONICET, ganadora del Premio Houssay Trayectoria 2020 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación en el área Ciencias Humanas (y, detalle no menor, hija de Jorge Sabato, otro de los referentes del PLACTED); así como la de Norma Susana Savignone de Pisaturo, psicóloga en los Hospitales Borda y Moyano, secuestrada y desaparecida en septiembre de 1977 (Parque de la Memoria, s/f). También estamos en deuda con las redactoras, dibujantes, corresponsales y secretarías que no hemos podido rastrear, o sobre las cuales escasea información.

Otra posible continuación de esta investigación podría ser un análisis de contenido de la revista que rastree relaciones entre el discurso de *Ciencia Nueva* (e incluso las tensiones discursivas presentes en la publicación) y las trayectorias e historias de quienes la pusieron en acto. Una discusión teórica acerca del lugar de las revistas de divulgación científica dentro del campo de las revistas intelectuales en Argentina sería otra interesante vía de profundizar nuestra comprensión acerca de las modalidades y formatos cambiantes de la comunicación pública de la ciencia en el país. De todas maneras, creemos que este trabajo, en su forma actual, contribuye a poner de relieve el mapa de las relaciones intelectuales (Sarlo, 1992) que conectaron ciencia, cultura y política en la Argentina de fines de los '60 y los tempranos '70, no solo desde las páginas de *Ciencia Nueva*, sino a través de las propias experiencias de vida, las propias decisiones personales, las propias voces y los propios cuerpos.

## Referencias

- Adler, J. (2020). El Centro de Arte y Comunicación (CAYC): Prácticas artísticas, medios tecnológicos y entorno social. *Estudios de Teoría Literaria. Revista digital: artes, letras y humanidades*, 9(20), 148-158. <https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/etl/article/view/3716>
- Association for Women in Mathematics (s/f). AWM-Sadosky Research Prizes in Analysis. <https://awm-math.org/awards/awm-sadosky-research-prize/>
- Beigel, F. (2003). Las revistas culturales como documentos de la historia latinoamericana. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 8(20), 105-115. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/utopia/article/view/2632>
- Bilmes, G. (2012). Cuando todo se puso en discusión. La FCEN en el '73. *La Ménsula*, 6(16), 1-7. [http://hdl.handle.net/20.500.12110/mensula\\_n016](http://hdl.handle.net/20.500.12110/mensula_n016)
- Borches, C. (2014). *Ciencia Nueva*. La revista científica de los '70. *La Ménsula*, 7(18), 1-6. [http://hdl.handle.net/20.500.12110/mensula\\_n018](http://hdl.handle.net/20.500.12110/mensula_n018)
- Ciencia Nueva* (1970-1974). Números 1-29. Editorial Ciencia Nueva. Disponibles en <https://issuu.com/ciencianueva>



- Céspedes, L. (2019). La Revista Argentina *Ciencia Nueva* (1970-1974): Análisis De Contenidos, Recursos Gráficos, Publicidad Y Públicos. *Perspectivas de la Comunicación*, 12(1), 281-313. <https://doi.org/10.4067/S0718-48672019000100281>
- Chambouleyron, I. (2014). *La lista*. Liber Editores.
- Díaz, A. (2017). *Recuerdo del maestro*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. <https://exactas.uba.ar/recuerdo-del-maestro/>
- Faierman, F. (2019). *Ciencia Nueva* (FCEN-UBA, 1970-1974): Revista cultural, universitaria y de política científica. *Pilquen*, 22(4), 50-63. <http://revele.uncoma.edu.ar/htdoc/revele/index.php/Sociales/article/view/2520>
- Feld, A. (2015). *Ciencia y política(s) en la Argentina, 1943-1983*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Ferraro, R. (2010). *Ciencia Nueva: Debates de hoy en una revista de los '70*. Edición de autor.
- Friedemann, S. (2018). "Compañeros decanos". La reforma universitaria de la izquierda peronista a través de las designaciones de autoridades en la Universidad de Buenos Aires (1973-1974). *PolHis. Revista Bibliográfica Del Programa Interuniversitario De Historia Política*, 11(21), 161-211. <https://polhis.com.ar/index.php/polhis/article/view/290>
- Gabriel, E., y Angulo, J. (2009). *La pérdida* [Video documental]. <https://www.youtube.com/watch?v=LOUvm2pyk9A>
- Gache, B. (2017). Consideraciones sobre la escritura asémica: el caso de Mirtha Dermisache. En B. Gache, G. Schraenen y A. Pérez Rubio, *Mirtha Dermisache. Porque ¡yo escribo!* (pp.15-31). MALBA; Fundación Espigas. <https://www.malba.org.ar/catalogo-mirtha-dermisache/>
- Jacovkis, P. (2014). Manuel Sadosky y su impacto en la ciencia y en la política argentina. En R. Carnota & C. Borches (Eds.), *Manuel Sadosky, el sabio de la tribu* (pp. 17-83). Libros del Zorzal.
- Kreimer, P. (2010). Institucionalización de la investigación científica en la Argentina: de la internacionalización a la división internacional del trabajo científico. En G. Lugones y J. Flores (Comps.), *Intérpretes e interpretaciones de la Argentina en el Bicentenario* (pp. 121-139), Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Mezza, C., Iida, C., & Raviña, A. (2017). Mirtha Dermisache, vida y obra 1940-2012. En B. Gache, G. Schraenen, y A. Pérez Rubio, *Mirtha Dermisache. Porque ¡yo escribo!* (pp. 255-288). MALBA; Fundación Espigas. <https://www.malba.org.ar/catalogo-mirtha-dermisache/>
- Morrow, C. y Benander, L. (1998). Cora Sadosky. En C. Morrow & T. Perl (Eds.), *Notable Women in Mathematics: A Biographical Dictionary* (pp. 204-209), Greenwood Press.
- Nascimento, P. C. (2010). *Instituto de Geociências da UNICAMP, 30 anos: os desafios de um projeto inovador de ensino e pesquisa*. Instituto de Geociências (IG); UNICAMP.
- Parque de la Memoria. (s. f.). Registro de víctimas. <http://basededatos.parquedelamemoria.org.ar/registros>

- Sarlo, B. (1992). Intelectuales y revistas: Razones de una práctica. *America: Cahiers du CRICCAL*, 9(1), 9-16. <https://doi.org/10.3406/ameri.1992.1047>
- Sarti, G. (2013). *Grupo CAyC*, Centro Virtual de Arte Argentino. [http://www.cvaa.com.ar/02dossiers/cayc/03\\_intro.php](http://www.cvaa.com.ar/02dossiers/cayc/03_intro.php)
- Wachenchauzer, R. (2014). Los comienzos de la consultoría en *software* y servicios informáticos en la Argentina: ACT. En R. Carnota & C. Borches (Eds.), *Manuel Sadosky, el sabio de la tribu* (pp. 85-89). Libros del Zorzal.

## **Anexo 1**

### **Entrevistas realizadas**

- Carballo, Isabel, 4 de julio de 2020.
- Chambouleyron, Iván, 9 de julio de 2020.
- Ferraro, Diego, 29 de julio de 2020.
- Moreno, Julio, 13 de agosto de 2020.
- Mourelle, Lucía, 23 de julio de 2020.
- Palacios, Aldo, 5-10 de julio de 2020.
- Walsh, Patricia, 29 de julio de 2020.

# Normatividad ingenua

## El fundamento social de la cognición moral

Kristin Andrews<sup>1</sup>

Recibido: 15 de agosto de 2021  
Aceptado: 31 de octubre de 2021

---

**Resumen.** Para responder algunas preguntas atractivas, tales como si los animales son criaturas morales o cómo ha evolucionado la moral, propongo comenzar con una pregunta algo menos complicada: ¿poseen los animales cognición normativa? Las investigaciones recientes en psicología sugieren que el pensamiento normativo, o pensamiento deóntico (*ought-thought*), comienza temprano en el desarrollo humano. Las investigaciones recientes en filosofía sugieren que la *psicología ordinaria*<sup>2</sup> se encuentra basada en el pensamiento normativo. Investigaciones recientes en primatología aportan evidencia de capacidades sofisticadas de aprendizaje cultural y social en grandes simios. Basándome en estas tres literaturas, sostengo que la variedad humana de cognición social y cognición moral abarca las mismas capacidades cognitivas y que los grandes simios también pueden ser criaturas normativas. Para argumentar esto, desarrollo una explicación de las normas sociales animales que comparte propiedades fundamentales con la explicación de Cristina Bicchieri sobre las normas sociales, pero que reduce los requerimientos cognitivos para poseer una norma social. Propongo un conjunto de cuatro pre-requisitos de desarrollo temprano implicados en la cognición social que constituyen lo que denomino normatividad ingenua:<sup>3</sup> (1) la habilidad para identificar agentes, (2) la sensibilidad a las diferencias entre el grupo de pertenencia y el grupo externo, (3) la capacidad para el aprendizaje social de las tradiciones grupales y (4) la sensibilidad a lo apropiado.<sup>4</sup> Examino la literatura sobre

---

<sup>1</sup> Universidad de York, Toronto, Canadá.

Traducido al español por Juana Regues, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.


(Nota de la autora): Este artículo ha tardado cierto tiempo en materializarse y estoy agradecida a los muchos, muchos filósofos y científicos que leyeron los borradores, escucharon las charlas y plantearon preguntas que me ayudaron a desarrollar las ideas que surgieron aquí. Aunque me gustaría poder nombrar a todos los que formaron parte del proceso, debo agradecer especialmente a Laura Schlingloff y a Richard Moore, quienes al principio del proceso me desafiaron a desarrollar una descripción de las normas sociales, y a Dorit Bar-On, quien me ayudó a refinar los conceptos.

<sup>2</sup> La comprensión de sentido común de los otros como seres con mente [*folk psychology*].

<sup>3</sup> (Nota de la traductora): En su idioma original el término *naïve* se utiliza para acentuar el carácter primitivo, elemental y no sofisticado de ciertos fenómenos normativos.

<sup>4</sup> (Nota de la traductora): El término que utiliza la autora en su idioma original es el de *appropriateness*, el cual hace referencia a los criterios normativos implícitos que rigen nuestras acciones en la comunidad.

✉ [andrewsk@yorku.ca](mailto:andrewsk@yorku.ca) |  0000-0003-3482-0173

✉ [reguesjuana@gmail.com](mailto:reguesjuana@gmail.com) |  0000-0002-4739-2975

Andrews, K. (2021). Normatividad ingenua: El fundamento social de la cognición moral (J. Regues, Trad.). *Epistemología e Historia de la Ciencia* (2021), 6(1), 179–203

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/34427>

**Publicación original:** Andrews, K. (2020). Naïve Normativity: The Social Foundation of Moral Cognition. *Journal of the American Philosophical Association*, 6(1), 36–56. <https://doi.org/10.1017/apa.2019.30>



cognición en simios y presento evidencia empírica preliminar que apoya la existencia de normas sociales y normatividad ingenua en grandes simios. Aunque queda mucho trabajo empírico por hacer, espero haber ofrecido un marco teórico para estudiar la normatividad en otras especies y concluyo que deberíamos estar abiertos a la posibilidad de que la cognición normativa sea otro antiguo legado cognitivo que no es exclusivo de los seres humanos.

**Palabras clave:** Psicología moral; evolución de la moralidad; cognición animal; psicología folk.

**Publicación original:** Andrews, K. (2020). Naïve Normativity: The Social Foundation of Moral Cognition. *Journal of the American Philosophical Association*, 6(1), 36-56. <https://doi.org/10.1017/apa.2019.30>

---

## 1. Introducción

Como el lenguaje y el caminar erguidos, la moralidad es universal en todas las culturas humanas. ¿Es la moralidad, además, exclusiva de la especie humana? Las investigaciones recientes sobre animales no humanos desafían la idea de que los humanos adultos son las únicas criaturas morales. Por ejemplo, los grandes simios y los cetáceos exhiben comportamientos similares a aquellos que la teoría de los fundamentos morales encuentra en la práctica ética humana de diferentes culturas (Vincent, Ring y Andrews, 2018). Algunas investigaciones filosóficas recientes han planteado desafíos a la postura de que la participación moral es exclusiva de los seres humanos, argumentando que los animales pueden rastrear verdades morales (Rowlands, 2012), o incluso que pueden ser agentes morales (Monsó, 2015). Aunque otros no están de acuerdo y afirman que la agencia moral requiere capacidades metacognitivas que sólo poseen los seres humanos (i.e., Kitcher, 2011; Korsgaard, 2018), el debate entre estos dos campos puede ser en gran parte terminológico y no sustantivo (Fitzpatrick, 2017). Para avanzar con el debate, propongo un abordaje distinto para investigar la evolución de la moralidad.

Tener agencia moral y actuar de acuerdo a hechos morales es una forma de participar en un mundo normativo. Tener normas sociales y cognición normativa es una forma aún más fundamental de hacerlo. La cognición normativa es considerada necesaria por todos los abordajes habituales de la práctica de la moralidad ya que incluye consideraciones sobre lo que uno debe hacer independientemente de la fuente de autoridad y de si el fin es categórico, instrumental, auto-justificativo y objetivamente valorable o no. Si bien la cognición normativa puede no ser suficiente para la participación moral, es necesaria: adoptar una postura moral hacia el mundo, ya sea que se esté calculando resultados probables o siguiendo leyes, es tener un pensamiento deóntico (*ought-thought*). Para comprender mejor la evolución de la práctica moral, primero tenemos que descubrir los elementos del pensamiento normativo y luego examinar qué tan extendidos podrían encontrarse estos elementos en el reino animal.

Basándome en trabajos recientes de filosofía de la mente que sugieren que la forma en que los seres humanos se entienden entre sí es esencialmente reguladora y normativa (Andrews, 2015; McGeer, 2007, 2015; Zawidzki, 2013), sostendré que la cognición social humana y la cognición normativa están fundadas en un conjunto de cuatro pre-requisitos implicados en la cognición social que constituyen lo que denomino

*normatividad ingenua*: (1) la habilidad para identificar agentes, (2) la sensibilidad a las diferencias entre el grupo de pertenencia y los grupos externos, (3) la capacidad para el aprendizaje social de las tradiciones grupales y (4) la sensibilidad a lo apropiado. El requisito cognitivo fundamental para ser un conocedor del mundo social y un pensador normativo es la habilidad para distinguir agentes de no agentes. Sin embargo, tener un estilo humano de cognición social también implica ser consciente de que las otras criaturas pertenecen a diferentes grupos sociales y que la forma en que nuestro grupo hace las cosas es, en gran medida, la forma en que *debemos* hacer las cosas. Mostraré que cualquier criatura que tenga este estilo de cognición social también participa de alguna práctica normativa.

Si bien la práctica normativa humana termina desarrollándose en una práctica moral plena que nos permite involucrarnos en comportamientos cognitivamente sofisticados tales como criticar o justificar un conjunto de normas, para analizar la evolución de la moralidad nos resultará útil observar una práctica normativa menos desarrollada. De la misma forma en que el estudio de la evolución del lenguaje no debería comenzar con un análisis del hip-hop o de la poesía lírica, el estudio de la evolución de la moralidad no debería comenzar con un análisis de las teorías morales. En su lugar, examinaré los orígenes del pensamiento deóntico (*ought-thought*).

Ofreceré aquí evidencia preliminar de que los chimpancés poseen prácticas normativas y pensamientos deónticos (*ought-thoughts*). A partir de una revisión de la literatura actual sobre la cognición de los simios, mostraré que los grandes simios comparten en gran medida un estilo humano de cognición social y presentaré evidencia empírica preliminar que apoya la existencia de normatividad ingenua en grandes simios. Mi conclusión es que deberíamos dejar abierta la posibilidad de que la cognición normativa sea otro antiguo legado cognitivo que no es exclusivo de los seres humanos.

Para iniciar la discusión ofreceré una explicación preliminar de las normas. La explicación de Cristina Bicchieri (2017) sobre las normas en términos de expectativas sociales ha jugado un rol prominente en las discusiones filosóficas sobre normas y es un punto de partida prometedor. Describiré un tipo de norma cognitivamente modesto que poseen los seres humanos y que desempeña un rol intermedio entre los dos tipos de normas que plantea Bicchieri, a saber, las descriptivas y las sociales. Este tipo intermedio, que denominaré *normas sociales animales*, fundamenta mi investigación de la evolución de la normatividad.

## 2. Normas sociales

En *Norms in the Wild*, su influyente explicación de las normas sociales, Bicchieri describe las normas sociales como regularidades a nivel grupal (reglas) que son sostenidas por los estados psicológicos de los propios miembros del grupo. Los miembros del grupo están motivados a seguir las reglas porque tienen la expectativa social de que los otros también las seguirán. Específicamente, una norma social es una regla de comportamiento que los individuos eligen seguir porque creen dos cosas: (1) que los otros individuos de su comunidad siguen la regla y (2) que los otros además creen que los miembros de la comunidad deberían seguir la regla (Bicchieri, 2017, p. 35). Estas dos creencias conforman el requisito de que los individuos tienen que poseer una actitud particular hacia los comportamientos normativos. Si bien la teoría no incluye un principio según el

cual los infractores de la norma han de ser sancionados, las creencias requeridas para poseer normas suelen estar acompañadas por creencias sobre el procedimiento adecuado que se ha de aplicar a los infractores de normas.

La teoría de Bicchieri conlleva demandas cognitivas elevadas. Para tener una norma social, los individuos deben tener acceso metacognitivo a las reglas de comportamiento que están siguiendo. Además, tienen que ser capaces de atribuir creencias acerca de dichas reglas a otros miembros de su comunidad. Esto hace que la capacidad para la lectura de mentes (*mindreading*), o una teoría de la mente, sean necesarias para tener una norma social. Dado que la capacidad de atribuir creencias surge en la infancia y no parece estar presente entre otras especies, podríamos concluir que sólo los niños mayores o los seres humanos adultos pueden tener normas sociales. Pero esto sería precipitado. En su lugar, podemos preguntarnos si existen prácticas humanas que se parezcan a las normas sociales, pero que carezcan de la dimensión de la lectura de mentes. Es decir ¿existen prácticas en las que los seres humanos deciden participar porque son prácticas grupales y otros esperan que ellos actúen de este modo, sin necesidad de explicar tal participación en términos de la creencia en una regla?

Existe un número de patrones conductuales – candidatos a normas sociales – que parecen normativos, pero que no requieren la capacidad de representar reglas *qua* reglas o la habilidad de atribuir creencias sobre las reglas a otros. Entre los ejemplos de estos candidatos a normas sociales encontramos las prácticas de saludos (como abrazar, dar la mano, tocarse el corazón, hacer una reverencia o besar en la mejilla una, dos o tres veces), las cuestiones relativas a la higiene (el cómo y el dónde sonarse la nariz o usar el baño) o las normas de distanciamiento durante una charla (a qué distancia podemos estar cómodos hablando con alguien que no conocemos bien). Tales comportamientos son tan omnipresentes que se disuelven en el entramado de la sociedad. Es posible que no se noten porque nos parece que esa es la forma en que son las cosas, como respirar o hablar. Puede ser necesario conocer a alguien ajeno a tu cultura o viajar a otro país para siquiera reconocer algunas de las prácticas normativas propias. Esto es cierto, aun cuando las violaciones de estas prácticas culturales resulten extremadamente aversivas, como cuando un extraño se para tan cerca nuestro al hablar que podemos oler su aliento y sentir su saliva golpeándonos la cara.

Además de las normas sociales que son prácticamente invisibles, existen otras que no son comprendidas por sus seguidores. Los antropólogos que estudian las culturas humanas han identificado la opacidad causal o la falta de instrumentalidad como aspectos importantes del ritual social. Los miembros del grupo participan en algunas prácticas, no porque sepan para qué son o cómo funcionan, sino simplemente porque esa es la forma en que se hacen las cosas. Joseph Henrich (2017) ofrece un ejemplo de un hombre mapuche que preparaba *mote*, un plato tradicional de maíz:

Él me mostró cómo hay que sacar una cucharada de ceniza fresca de la estufa de leña y ponerla en la mezcla de maíz para remojarla antes de calentar la mezcla. Pensé que era curioso, así que le pregunté por qué mezclaba la ceniza de la madera con el maíz. Su respuesta fue: “Es nuestra costumbre”. (Henrich, 2017, p. 102)

Lo que el hombre no sabía es que agregar ceniza al maíz libera niacina, la cual es necesaria para evitar la pelagra, una enfermedad mortal.

Tales prácticas se presentan como normas sociales en tanto son requeridas por la cultura y su violación implica sanciones. Un niño que hiciera *mote* sin ceniza sería corregido. No obstante, estas prácticas no necesariamente requieren la lectura mental de las razones de los otros para actuar, de modo tal que los miembros del grupo puedan explicar su comportamiento normativo en términos de razones. En primer lugar, la gente podría estar actuando de acuerdo a una regla sin saber que existe una regla. Aunque en tales casos uno podría inclinarse a decir que las personas están formando creencias sobre las reglas de modo implícito y atribuyendo implícitamente a los demás tales creencias sobre su cumplimiento, aún no serían capaces de explicar el comportamiento en términos de dichas reglas. Incluso cuando la regla es enunciada, puede que todavía deban verificar si es correcta. En los casos en los que sabemos que existe una regla, como, por ejemplo, “agrega ceniza al remojar el maíz”, no necesitamos saber *por qué* hay una regla o qué justifica la regla. Tales observaciones sugieren que, si bien las normas sociales juegan un papel causal en la *producción* de comportamientos, estas podrían no ser accesibles al actor como *explicación* de su comportamiento. La segunda condición de Bicchieri – que los individuos creen que los otros también creen que los miembros de la comunidad deben seguir la regla – requiere más maquinaria de psicología popular que la que resulta necesaria para predecir el comportamiento normativo del grupo.

Uno podría objetar que los ejemplos que ofrezco no cuentan como normas sociales, sino como normas descriptivas. Bicchieri (2017, p. 19) explica las normas descriptivas meramente como patrones de comportamiento a los que los individuos eligen ajustarse porque creen que otros en su comunidad así lo hacen, de modo tal que desviarse tendría un costo. La autora postula el comportamiento lingüístico como un tipo de norma descriptiva. Dentro de las comunidades de habla inglesa se usa la palabra *tree* para referirse a un árbol. Un miembro de la comunidad que diga *hutang* en lugar de *tree* no va a ser un buen comunicador, por lo que sufrirá un costo, aun cuando dicho costo no tenga forma de sanción.

La diferencia entre las normas descriptivas y los ejemplos descritos arriba puede observarse en las diferentes disposiciones que las personas suelen tener hacia los infractores en estos dos casos. Si bien los individuos esperan que los demás se ajusten a los comportamientos regidos por normas descriptivas, no están comprometidos con la afirmación normativa de que las personas *deben* ajustarse a tales comportamientos. Por ejemplo, si es una norma descriptiva que la gente use su mano derecha para comer y escribir, un zurdo natural que vive en un mundo diestro podría considerar que vale la pena tratar de ajustarse. De lo contrario, la persona sufriría costos ambientales, tales como ser incapaz de usar tazas de café o cuadernos anillados. Por otro lado, si es una norma social que las personas usen su mano derecha para tales comportamientos, surgirían costos adicionales en forma de sanciones sociales de no hacerlo. Aunque la explicación de Bicchieri de las normas sociales no respalda explícitamente el principio de que los transgresores sean sancionados, puede darse una descripción funcional de su segunda condición –según la cual las personas creen que otros también creen que los miembros de la comunidad deben seguir la regla– en términos de la disposición a sancionar a los infractores de la norma. Es decir, debido a que atribuimos creencias a otros en función de su comportamiento, los miembros de la comunidad actuarán de manera tal que ellos creen que hay normas sociales, lo que requiere más que sólo seguir

las normas –como sería suficiente para las normas descriptivas–. Deben responder a las violaciones de las normas para demostrar que estas no son adecuadas. En otras palabras, la única evidencia empírica no verbal disponible de que un individuo forma la creencia *de que otros deben seguir alguna regla* es la sanción de las violaciones de la misma.

Ni las prácticas como saludar, las cuestiones en torno a la higiene y a cuán cerca del otro ubicarse, ni las prácticas culturales opacas, entran nítidamente dentro de las categorías de normas sociales o descriptivas de Bicchieri. Esto sugiere que necesitamos otro tipo de normas, más complejas que sus normas descriptivas (porque la violación de estas normas conduce a sanciones) y más simples que sus normas sociales (ya que no requieren leer mentalmente las creencias de los demás acerca del seguimiento de la norma). Con una descripción tal podemos evitar poner la vara tan alta desde un punto de vista cognitivo como para imposibilitar un análisis evolutivo de las sanciones ante la violación de la norma.

Propongo un tipo de normas llamadas *normas sociales animales* para el que hay tres condiciones: (1) la existencia de un patrón de comportamiento manifestado por miembros de una comunidad; (2) que los individuos elijan ajustarse a este patrón y (3) que los individuos esperen que los miembros de la comunidad también se ajusten al patrón conductual y sancionen a quienes no lo hagan. El patrón conductual manifestado por los miembros de la comunidad puede ser considerado una regla, dado que los individuos eligen ajustarse a él y esperan que los otros también lo hagan. La expectativa de que los otros actúen conforme al patrón de comportamiento y de que sancionen a quienes no lo hagan puede ser considerada como una actitud hacia dicho patrón, al igual que las sanciones en respuesta a los que no se ajustan. Esta descripción de las normas sociales animales está inspirada en el espíritu de la explicación de Bicchieri, pero reduce los requisitos cognitivos para la participación de las normas sociales ya que no demanda la capacidad de atribuir estados mentales a otros. Todavía se plantea la necesidad de considerar que seguir una regla es una elección, por lo que se requiere que los agentes normativos sean cognitivamente flexibles. Dado que la flexibilidad cognitiva se encuentra ampliamente extendida en el reino animal, este requisito no excluye a un amplio espectro de animales, como lo hace el requisito de la lectura de mentes.

Las normas sociales animales están en sintonía con el giro normativo en la psicología popular. En la siguiente sección mostraré que las normas sociales animales son parte integral del pensamiento normativo presente en la cognición social humana. Incluso los niños pequeños muestran normatividad ingenua en sus capacidades cognitivas sociales en desarrollo.

### **3. Normatividad ingenua y la psicología ordinaria-regulativa**

Un cambio reciente en el pensamiento con respecto a la naturaleza de la psicología popular enfatiza la naturaleza normativa y regulativa de nuestras prácticas socio-cognitivas. Las teorías tradicionales de la psicología popular describen a los seres humanos como criaturas que predicen y explican la conducta humana en función de la atribución de creencias y deseos, y que apelan a una teoría del comportamiento descriptivamente precisa. En contraste, el giro normativo-regulativo considera que nuestras prácticas cognitivas sociales se encuentran fundadas en las tareas de crear y descubrir normas de comportamiento para coordinar, predecir, explicar y entender las



acciones de las personas, e incluyen una pluralidad de mecanismos cognitivos involucrados en estas prácticas (para una defensa de este enfoque ver Andrews, 2012, 2015; Maibom, 2007; McGeer, 2007, 2015; Zawidzki, 2013).

Los enfoques normativos-regulativos comparten un compromiso con la idea de que la participación social crea expectativas acerca de cómo debería comportarse, sentir y pensar la gente, y que la violación de dichas expectativas conduce a prácticas restaurativas tales como dar explicaciones, justificarse y pedir disculpas. Los seres humanos poseemos habilidades ricas en este dominio porque vemos a los otros como agentes intencionales con objetivos, incluso cuando fallamos en adivinar qué creencias o deseos podrían tener. Buena parte del trabajo se hace al ver a los demás como miembros de distintos grupos sociales, a lo cual se suma que construimos y confiamos en generalizaciones sobre cómo deberían actuar los miembros de dichos grupos, esto es, usamos estereotipos y normas sociales. Por supuesto, a veces pensamos sobre lo que los otros creen y desean, pero lo hacemos sólo en el marco de esta comprensión más rica de los individuos y de sus relaciones sociales.

El enfoque normativo-regulativo de la psicología popular y las normas sociales animales comparten un conjunto de pre-requisitos superpuestos, que constituyen la *normatividad ingenua*: la habilidad de identificar agentes, la sensibilidad a las diferencias entre el grupo de pertenencia y los grupos externos, la capacidad para el aprendizaje social de tradiciones grupales y la sensibilidad a lo apropiado. Como mínimo, un “psicólogo popular” debe ser capaz de distinguir a los agentes de otras cosas y debe ser capaz de aprender regularidades conductuales a partir de la observación del comportamiento. El aspecto regulativo de la psicología popular añade a este enfoque la idea de que estamos motivados a ajustarnos a los mismos patrones conductuales de los miembros de nuestro grupo. Su comportamiento modela nuestro comportamiento. El aspecto normativo de la psicología popular introduce la sensibilidad a lo apropiado de un patrón conductual. La sensibilidad a lo apropiado funge como un respaldo, mientras que la sensibilidad a lo inapropiado del patrón sirve como una sanción.

En adelante, ofreceré evidencia de que cada uno de estos cuatro elementos se encuentran presentes de forma temprana en niños pequeños. Mostraré cómo se encuentran implicados en las normas sociales animales y explicaré cómo se integran en el marco normativo-regulativo de la psicología popular.

### **3.1. La identificación de agentes**

La cognición social implica, fundamentalmente, ver a otros como agentes. Este es el aspecto más básico de la normatividad ingenua y el que requiere menor cantidad de análisis. Los agentes, en el sentido relevante para nosotros, son compañeros sociales potenciales que son cognitivamente flexibles, auto-impulsados y actúan para lograr sus objetivos.

La evidencia actual sugiere que la sensibilidad a la agencia aparece en la infancia temprana. Los bebés esperan, a los doce meses, que las figuras geométricas antropomorfizadas adopten un comportamiento dirigido a metas (Gergely et al., 1995). La clasificación entre agentes y no agentes es también una capacidad de desarrollo temprano en los niños humanos (Woodward, 1999) y es necesaria para los otros tres aspectos de la normatividad ingenua.

La habilidad de identificar a otros como agentes es una capacidad fundamental en todas las teorías de la psicología popular, aunque a menudo no suele hacerse explícito. Si bien los individuos pueden diferir en la extensión que dan a la agencia y algunos la ven en acontecimientos naturales, plantas o robots, lo que se comparte es la habilidad de establecer una distinción entre las cosas a las que vemos actuar y las que meramente son movidas. La descripción de las normas sociales animales se asienta en esta capacidad básica, dado que identificar un movimiento como un patrón de comportamiento requiere invocar la agencia de los actores.

### **3.2. Sensibilidad a las diferencias entre el grupo de pertenencia y los grupos externos**

Varios estudios recientes indican que los niños humanos desarrollan rápidamente preferencias por su grupo de pertenencia (*in-group*). Dicho fenómeno ha sido ampliamente estudiado en el contexto de la lucha contra los prejuicios raciales. En un estudio influyente que medía los tiempos de mirada, los recién nacidos no mostraron preferencias entre rostros de su misma raza y rostros de otras razas. Por su parte, los niños caucásicos de tres meses expuestos únicamente a miembros de su propia raza mostraron preferencias por rostros de su misma raza frente a los rostros de razas distintas (Kelly et al., 2005). Este estudio sugiere que hay algo especial en la forma en que los niños perciben a la gente, dado que generalmente prefieren observar un estímulo nuevo antes que uno familiar. Tales observaciones sirvieron de base para el método, ahora clásico, para evaluar las capacidades cognitivas de los niños consistente en la habituación del tiempo de mirada (Oakes, 2010). En otro estudio influyente, niños de seis meses mostraron preferencias por aquellos que hablaban su propio idioma y los niños de diez meses aceptaron preferentemente los juguetes ofrecidos por un hablante de su propia lengua nativa (Kinzler, Dupoux, & Spelke, 2007). Estudios posteriores se han basado en estos hallazgos. A los siete meses, los niños prefieren seguir la mirada de adultos poco fiables, pero de la misma raza, antes que la de adultos desconfiables de otra raza (Xiao et al., 2018). A los ocho meses, los niños se acostumbran más rápidamente a los hablantes nativos que actúan de forma prosocial que a los hablantes extranjeros que actúan de forma prosocial, o a cualquiera de estos grupos si actúan de modo antisocial (Pun et al., 2018). A los nueve meses, los niños esperan que dos individuos que comparten las mismas preferencias alimentarias estén relacionados, pero que dos individuos que difieren en sus preferencias interactúen negativamente (Lieberman, Kinzler y Woodward, 2014). A los doce meses, los niños prefieren una marioneta a la que le guste el mismo tipo de comida que a ellos (Mahajan & Wynn, 2012). A los diecisiete meses, esperan que los adultos que se clasifican a sí mismos como parte del mismo grupo mínimo (diciendo “soy un bem” o “soy un tig”) ayuden a un miembro de su grupo mínimo, pero no a individuos fuera del grupo (Jin & Baillargeon, 2017). A los dieciocho meses, los niños se forman expectativas con respecto a que los recursos se distribuirán de modo preferente entre los miembros de su grupo de pertenencia (Bian, Sloane, & Baillargeon, 2018). Se considera que estos estudios aportan evidencia de que el favoritismo por el grupo propio surge temprano en el desarrollo humano.

Dado que las normas sociales se encuentran contextualizadas en relación a la comunidad propia, un seguidor de normas necesita distinguir a los miembros del grupo

de pertenencia de aquellos que no forman parte del mismo. Esta habilidad es esencial para la primera condición para la posesión de normas sociales animales, que consiste en reconocer un patrón conductual entre miembros de una comunidad. También es esencial para el “psicólogo popular” que predice el comportamiento en función de la pertenencia a un grupo.

### **3.3. Aprendizaje social de tradiciones grupales**

La habilidad temprana de los niños humanos para reconocer a los miembros del propio grupo de pertenencia les ofrece oportunidades para el aprendizaje social, lo que facilita la capacidad para aprender comportamientos culturalmente específicos. La transmisión del conocimiento cultural sobre artefactos y comportamientos, desde el uso de una cuchara hasta el uso de un lenguaje, se logra a través de procesos como la imitación, el aprendizaje y la enseñanza facilitadora. A los catorce meses los niños sobre-imitan, lo cual es una forma de aprendizaje social en el cual uno imita no sólo las acciones causalmente necesarias, sino todos los elementos de las acciones demostradas, ya sean necesarios o no. Esto significa que, a esta edad, los niños tienen la disposición a continuar “de la forma correcta”, esto es, la forma del grupo de pertenencia (Meltzoff, 1988). A menudo, la sobre-imitación suele ser considerada la clave para la transmisión de comportamientos culturalmente específicos ya que casi siempre existen otras formas de lograr un objetivo. Quien sobre-imita quiere lograr un objetivo, pero además quiere hacerlo de la forma en que nosotros hacemos las cosas, lo que proporciona un mecanismo para el tipo de cultura acumulativa que muchos investigadores consideran exclusiva de los seres humanos (Henrich, 2017; Richerson & Boyd 2005; Tomasello, 1999). La evidencia de que la motivación para imitar sirve a una función de conformidad intra-grupal proviene de los descubrimientos de que no cualquier sujeto que demuestre cómo se hace una acción vale como modelo. Por ejemplo, si el individuo que realiza la demostración cuenta una historia en un lenguaje extranjero antes de realizar una acción, los niños de catorce meses no lo sobre-imitarán (Buttelmann et al., 2013).

Dado que quien sigue normas está motivado a ajustarse al patrón conductual de los miembros de una comunidad, el aprendizaje social en términos de observación e imitación es esencial para participar de la normatividad. Esta es mi segunda condición para la posesión de normas sociales animales, a saber, que los individuos elijan ajustarse a un patrón conductual. Al internalizar el comportamiento grupal, un niño puede anticipar más fácilmente el comportamiento de otros miembros del grupo a partir de la simple expectativa de conformidad. Puedo predecir el comportamiento de los demás preguntándome cómo actuaría yo en cierta circunstancia, ya que (casi) todos actúan de la misma forma. Además, el aprendizaje social de comportamientos de la comunidad también facilita la predicción en términos de la situación (hacer una reverencia en un templo y no en un almacén), de las emociones (estar feliz de tener una fiesta de cumpleaños y enojarse cuando un juguete se rompe), de la teleología (pedir crayones luego de recibir un libro para pintar) y del contenido perceptivo (desear una rebanada de pastel luego de ver el pastel). Finalmente, puede ayudar a los niños a darse cuenta de que existen subgrupos dentro de la sociedad y ayudarlos a entender que hay distintos comportamientos que son apropiados para los individuos que ocupan diferentes roles (por ejemplo, los padres te abrazan y te besan, pero lo oficiales de la policía no).

### 3.4. La sensibilidad de lo apropiado

La sensibilidad a lo apropiado involucra reconocer cuándo un comportamiento es aceptable, permitido, obligatorio o prohibido y responder conductual o psicológicamente a dicho comportamiento. De las cuatro capacidades, es la más obviamente normativa. El comportamiento de sanción normalmente es considerado un indicador de sensibilidad a lo apropiado. El castigo es un tipo de sanción. Los castigos pueden incluir grandes actos públicos, pero también pueden ser acciones más sutiles como responder emocionalmente de forma disimulada, esparcir rumores entre los amigos cercanos o ignorar al culpable. Por ejemplo, si un compañero de conversación se para demasiado cerca, la sensibilidad a lo apropiado podría expresarse en dar un paso hacia atrás. Si, en lugar de hablar con ese individuo, uno observara dicha interacción, la sensibilidad a lo apropiado podría expresarse en la evitación de interacciones sociales con el hablante invasivo.

La justicia restaurativa es otro tipo de sanción, la cual podría ser preferible para comunidades que no pueden afrontar los costos del castigo o para aquellas que priorizan la reparación por sobre el castigo. La justicia restaurativa está ampliamente extendida en sociedades pequeñas debido a sus diversos beneficios: permite que las partes interesadas hablen y sean escuchadas, ofrece compensaciones por las pérdidas y respeta las relaciones a largo plazo (Braithwaite, 2002; Wiessner & Pupu, 2012). Por su parte, el castigo podría ser muy costoso al crear enemistades a largo plazo que inhiban la cooperación y aislen a individuos que, de otra forma, podrían haberse convertido en miembros productivos de la comunidad.

La sensibilidad a lo apropiado también puede tomar la forma de respuestas emocionales, como la culpa, el arrepentimiento o la vergüenza por un comportamiento propio o de alguien cercano y la ira, la angustia o el rechazo hacia otro cuyo comportamiento es inadecuado. Si bien estos puntos son familiares, es poco común reconocer que lo apropiado se puede demostrar y reforzar mediante la coordinación exitosa del comportamiento. Cuando los miembros del grupo anticipan que un individuo se comportará de determinada forma en una situación y efectivamente esto se cumple, los objetivos de la participación social se satisfacen y se refuerzan las expectativas de los miembros del grupo. Sin embargo, cuando el individuo no se comporta de la forma esperada, esto lleva a una participación social fallida. En los seres humanos, tanto como en los grandes simios, esto puede tener como consecuencia una sanción tal como ocurre en el caso de los chimpancés cuando ignoran a miembros de su grupo (Goodall, 1986).

El estudio del desarrollo de la sensibilidad al comportamiento adecuado e inadecuado en la infancia se ha enfocado en gran medida en los tipos más visibles de respuestas. Las primeras investigaciones sobre pensamiento moral y convencional en niños hallaron que los niños en edad pre-escolar ya expresan su consciencia de que algunas acciones son inapropiadas (Nucci & Turiel, 1978). Investigaciones más recientes descubrieron que los niños en edad pre-escolar siguen guiones y esquemas en el juego de simulación y protestan cuando los guiones son modificados (Rakoczy, Warneken, & Tomasello, 2008), a pesar de que son incapaces de articular las reglas (Rakoczy, Warneken, & Tomasello, 2009). Esto sugiere que los niños aprenden y aceptan normas antes de que puedan identificar reglas y mucho menos justificarlas. Incluso los niños de cuatro a nueve años prefieren que los violadores de reglas se disculpen a que expliquen

las razones de su transgresión (Banerjee, Bennett, & Luke, 2010). Esto indica que estos niños muestran una preferencia por la restauración cuando la norma es violada.

La sensibilidad a lo apropiado es necesaria para mi tercera condición para las normas sociales animales, a saber, que los individuos tengan expectativas de que los miembros de su comunidad también se ajusten al patrón conductual y de que sancionen a aquellos que no lo hagan. Cuando los individuos esperan que los miembros de la comunidad se comporten de una forma en particular, pero estos se comportan de otra forma, la sensibilidad a lo apropiado se manifiesta bajo alguna forma de sanción. La sanción implica un costo y la sanción por parte de un tercero (en respuesta a un acto que no perjudica directamente al que emite la sanción) es considerada necesaria para que las normas se mantengan estables a través del tiempo. El querer que los demás sigan las reglas, incluso cuando las transgresiones no son directamente perjudiciales para uno mismo, es un indicador de la internalización de la fuerza normativa y pagar el costo por sancionar a los transgresores indica que la norma es defendida fuertemente. La sensibilidad a lo apropiado también está implicada, en el caso de los “psicólogos populares”, cuando los miembros del grupo violan las normas sociales. Cuando una expectativa no se cumple, podemos dar una explicación de por qué sucedió eso y utilizar dicha explicación para anticipar futuros comportamientos. Sin embargo, a medida que fallan más y más expectativas, el individuo que es objeto de tales expectativas podría dejar de pertenecer al grupo.

#### **4. Normatividad ingenua en chimpancés**

Aplicar el marco de la normatividad ingenua a los chimpancés ayudará a dar sustento al punto de vista de que la cognición normativa y la cognición social son parte del entramado de nuestro antiguo legado cognitivo. Elijo a los chimpancés porque poseemos mejor información acerca de esta especie, no porque exista alguna razón para pensar que los chimpancés son los únicos entre los animales no humanos que poseen normatividad ingenua.

Los chimpancés viven en grupos que varían de tamaño, desde los cincuenta a los doscientos individuos aproximadamente. Las comunidades de chimpancés varían de tamaño, rango de territorio, recursos alimentarios, prácticas sociales y tecnologías empleadas para procesar su alimento. No obstante, todos los chimpancés observados viven en comunidades de fisión-fusión, de modo que grupos pequeños e inestables viajan juntos en distintas composiciones por horas o días, antes de volver a unirse al grupo total. Además, en todas las comunidades, las hembras tienden a cambiarse de grupo cuando son adolescentes.

A pesar de los desafíos asociados a la recopilación de información sobre el comportamiento y las sociedades de los simios (incluyendo las complicadas observaciones de campo y los pequeños conjuntos de datos obtenidos a partir de individuos en cautiverio), en los últimos sesenta años hemos adquirido una comprensión significativa de la cognición y la comunidad de los chimpancés. Existe evidencia actual de que los chimpancés identifican agentes, distinguen a los miembros del propio grupo de los individuos ajenos al mismo y aprenden las tradiciones sociales de su grupo. También existe evidencia preliminar de que los chimpancés son sensibles al comportamiento

inapropiado, lo que sugiere que los simios comparten el fundamento de las prácticas morales con los seres humanos.

#### **4.1. La identificación de agentes**

Como describiré a continuación, los chimpancés tienen la habilidad de identificar a los otros como agentes. Se debe tener en cuenta que los chimpancés bebés se desempeñan como los bebés humanos en la tarea de razonamiento teleológico de Gergely y sus colegas (1995), lo cual indica que atribuyen objetivos a las formas que se comportan como agentes (Uller, 2004).

#### **4.2. Sensibilidad a las diferencias entre el grupo de pertenencia y grupos externos**

Distinguir a los miembros del grupo de pertenencia de aquellos que no forman parte del mismo puede ser una cuestión de vida o muerte para los chimpancés. Uno de los proyectos de investigación de mayor extensión temporal sobre chimpancés se sitúa en las montañas Mahale, en Tanzania, donde hay varias comunidades de chimpancés viviendo en territorios superpuestos que varían de diez a treinta kilómetros cuadrados (Nishida, 2012).

Los grupos de chimpancés son antagónicos entre sí y sus patrones de antagonismo son particularmente interesantes. Los chimpancés pueden mantenerse informados acerca de las actividades de los otros grupos al patrullar los límites de su territorio. A veces, los chimpancés que montan guardia cruzan a “territorio enemigo”, atacan a los miembros de otros grupos y, ocasionalmente, matan a machos y crías (Watts & Mittani, 2001). Las excursiones exitosas de este tipo tienen como resultado la expansión del territorio y el aumento de las fuentes de alimento.

Un ejemplo particularmente intenso de pensamiento grupal en chimpancés proviene de las interacciones entre los grupos M y K, en Mahale, los cuales mantuvieron un estado de tensión durante años antes de que una de las comunidades se extinguiera. A lo largo de varios años, los seis machos adultos del grupo K fueron desapareciendo uno por uno. Los científicos infirieron que el grupo M los mató a todos (o a la mayor parte), dado que todos estaban saludables y cada uno desapareció luego de un encuentro entre ambos grupos. Cuando sólo quedaron dos machos en el grupo K, las hembras adultas comenzaron a migrar al grupo M y poco después el grupo K desapareció completamente.

El primatólogo Toshisada Nishida, quien pasó su carrera observando a los chimpancés de Mahale, describe el pensamiento intra-grupal de los chimpancés de la siguiente forma:

Los chimpancés establecen una distinción clara entre quienes son miembros del grupo y quienes no lo son. Los simios no sólo temen y detestan a otros grupos, sino que parecen tener el deseo de erradicarlos completamente. Cuando un grupo se da cuenta de que otro grupo se encuentra cerca, se les eriza el pelo, muestran miradas de temor, se aferran a sus compañeros y experimentan fuertes episodios de diarrea. Ocasionalmente, miembros del mismo grupo como los antiguos machos alfa son tratados como miembros de un grupo ajeno, es decir, son “condenados al ostracismo” [...] el macho alfa tiene mucha influencia sobre quien es considerado un miembro del grupo y quien no [...] existe una fuerte tendencia a seguir a la mayoría y, en particular, a que la mayoría se ponga del lado del macho alfa. (Nishida, 2012, pp. 246-247)

La descripción de Nishida es particularmente interesante ya que demuestra que el disgusto por los individuos ajenos al grupo es el producto de pensar en ellos *como* individuos no pertenecientes al grupo. Un miembro del grupo se puede convertir en un miembro ajeno a este por ostracismo. Un niño nacido de un macho ajeno al grupo puede ser aceptado como miembro del grupo o no, dependiendo del comportamiento del macho alfa. La flexibilidad inherente a la pertenencia al grupo en los chimpancés implica que está en juego algo más que el mero disgusto ante los extraños. Los miembros ajenos al grupo incluyen a individuos conocidos.

Hay evidencia adicional de pensamiento grupal en chimpancés que proviene del comportamiento de las hembras luego de que inmigran a un nuevo grupo. Cuando llegan al grupo, las hembras ocupan un rango bajo en la jerarquía y son intimidadas por las hembras locales, pero los machos locales suelen acudir en su ayuda (Kahlenberg et al., 2008). Existe evidencia de que las inmigrantes deben aprender las tradiciones culturales de su nuevo grupo luego de su traspaso. Por ejemplo, las hembras de la Selva de Taï que se mudaron a un nuevo grupo modificaron su modo de cascar nueces para ajustarse al comportamiento vigente en su nueva comunidad. Estas inmigrantes cambiaron su práctica, consistente en utilizar trozos de madera fáciles de encontrar para abrir las nueces y comenzaron a utilizar rocas, más difíciles de hallar, como martillos, a pesar de que éstas no eran más eficaces como herramientas (Luncz & Boesch, 2014). La observación de que los chimpancés sacrifican un acceso más fácil a los alimentos por ajustarse socialmente a los miembros de su nuevo grupo sugiere que identificarse con un grupo y ajustarse a su comportamiento es de gran beneficio para ellos.

### **4.3. Aprendizaje social de tradiciones grupales**

Los simios aprenden sus comportamientos culturales de la misma forma que los seres humanos: a través de la observación cuidadosa de las acciones y de los actores. Si bien algunos piensan que los simios adquieren comportamientos culturales a través de procesos de emulación, es decir, como si realizaran una copia de baja calidad del resultado final (Tennie, Call, & Tomasello, 2006; Tomasello, 1999), la evidencia actual sugiere que los grandes simios imitan la forma de la acción de un modelo, no sólo su resultado (Whiten et al., 2009; Byrne & Russon, 1998). Los estudios de difusión son una forma en que podemos observar cómo los individuos aprenden nuevos comportamientos. En los estudios de difusión con chimpancés se implanta un nuevo comportamiento, como deslizar la tapa de una caja para tomar el alimento en su interior, mostrándoselo a un individuo que ha sido separado del grupo (Whiten et al., 2007). Luego, esta conducta se difunde permitiendo que el individuo regrese a la comunidad con la caja o a través de un método en cadena en el cual se permite que el individuo B observe a A resolver la tarea, luego C observa a B, etc. Estos estudios mostraron que el método utilizado por el individuo propagador es el que se difunde en la comunidad. Incluso cuando se descubre otro método a través del juego libre, el innovador tiende a volver al método divulgado.

Parece que tener un modelo es importante para aprender nuevas conductas ya que, si los modelos son reemplazados por un “fantasma” que mueve el objeto (por ejemplo, utilizando alambre de pescar transparente), los chimpancés no siempre aprenderán un nuevo comportamiento (Hopper et al., 2007). Además, aunque los chimpancés pueden emular las acciones del fantasma, la calidad de su acción es más baja

cuando hacen esto que cuando copian a un chimpancé modelo (Hopper et al., 2008). Esto sugiere que un modelo puede ser muy importante para los chimpancés y que estos animales están motivados a imitar el comportamiento de los miembros del grupo, del mismo modo que los niños humanos.

Los chimpancés también parecen imitar a otros selectivamente, evidenciando sesgos en el aprendizaje. Por ejemplo, es más probable que los chimpancés salvajes imiten a individuos dominantes que a los de rango inferior, incluso si el comportamiento del individuo de rango inferior es más eficiente (Kendal, 2015). Al igual que los seres humanos que compran la ropa que ven vestir a las estrellas de cine o que eligen la tecnología basándose en lo que es popular y no en lo que es bueno, la elección de los chimpancés también refleja el estatus de los individuos en su comunidad.

A diferencia de los niños humanos, los chimpancés salvajes que viven en santuarios no tienden a sobre-imitar comportamientos que son, de modo obvio, causalmente irrelevantes (Horner & Whiten, 2004). Cuando un modelo hizo una demostración con una caja de puzzle opaca, los chimpancés copiaron cada acción, pero cuando cambiaron la caja por una transparente y se hizo evidente cómo extraer la comida, los chimpancés se saltaron el comportamiento innecesario. Por otro lado, los niños tienden a sobre-imitar las acciones que saben que son causalmente irrelevantes, incluso cuando se les advierte que no imiten las acciones triviales (Lyons, Young, & Keil, 2007).

Es usual interpretar el fracaso de los chimpancés de santuario para sobre-imitar como evidencia de que a estos animales no les importa imitar a la perfección los comportamientos culturales y luego utilizar este fracaso para explicar la relativa falta de cultura acumulativa en las sociedades de chimpancés (ver Sterelny, 2012; Suddendorf, 2013; Tomasello, 1999, 2014; Whiten et al., 2009). Sin embargo, es posible que los chimpancés salvajes no vean a los investigadores como miembros de su grupo, del mismo modo que los chimpancés de los zoológicos quizás no vean a los estudiantes de posgrado vestidos con batas médicas como miembros de su grupo. Si esto es así, entonces, dado el consenso reciente acerca de que la sobre-imitación sirve para que los niños aprendan normas culturales (Allen & Bickhard, 2011; Rakoczy, Warneken, & Tomasello, 2008), esperaríamos que los chimpancés carezcan de motivación para sobre-imitar tales modelos. De la misma forma en que los chimpancés salvajes no imitan el comportamiento novedoso de los inmigrantes, los chimpancés que viven en santuarios podrían interpretar que los seres humanos son un tipo de modelo erróneo. Existe evidencia de que los chimpancés sobre-imitan a los seres humanos de su grupo de pertenencia. Tetsuro Matsuzawa, quien investigó toda su vida a la chimpancé Ai, descubrió que ella imita en exceso su uso irrelevante de herramientas (Myowa-Yamakoshi & Matsuzawa, 2000).

Puede que los chimpancés que viven en santuarios se involucren en una forma de imitación racional (como en Gergely, Bekkering, & Király, 2002), pensando que los seres humanos emplean comportamientos irrelevantes debido a alguna limitación. Después de todo, para un chimpancé los seres humanos estamos severamente limitados: no podemos utilizar nuestros pies para comer, no podemos desplazarnos por las copas de los árboles, no podemos atrapar y matar monos sólo con nuestras manos, ni podemos morder frutas espinosas. Dado que los seres humanos somos tan limitados, necesitamos hacer estos movimientos extra con las herramientas, mientras que los chimpancés pueden omitirlos.



#### 4.4. Sensibilidad a lo apropiado

La pregunta que queda pendiente es la de si los animales son sensibles a lo apropiado, es decir, si reconocen y responden a comportamientos que son aceptables, permitidos, obligatorios, prohibidos, etc. La mejor evidencia de la sensibilidad a lo apropiado viene de la mano de la evidencia de una norma social animal, ya que la violación de una norma es la clase de comportamiento que debería provocar algún tipo de respuesta que indique la inadecuación de lo ocurrido. Los lugares en los que más claramente podemos encontrar la sensibilidad a lo apropiado son aquellos donde hay patrones de comportamiento establecidos y una violación de dichos patrones. La evidencia de sanción, en términos de castigo, protesta, rechazo, represalia o algún tipo de justicia restaurativa, servirá también de evidencia de una sensibilidad a lo apropiado. En el mismo sentido, podemos buscar evidencia de que los chimpancés disfrutan viendo cómo los transgresores son castigados por terceros. También podemos buscar evidencia de respuestas afectivas ante los infractores, bajo la forma de expresiones faciales emocionales, posturas corporales y medidas fisiológicas de excitación tal como los niveles hormonales y otras semejantes. Además, podemos examinar si acatar las normas o violarlas tiene un impacto en el estatus social. Desafortunadamente, gran parte de esta investigación aún no se ha realizado. El énfasis se ha colocado fundamentalmente en el castigo, entendido estrictamente como una represalia visible contra el transgresor.

Antes de revisar la evidencia, debemos abordar una preocupación común que surge en torno al comportamiento normativo en los animales: ¿cómo podemos distinguir la aprobación de la preferencia? El chimpancé alfa podría intervenir en una pelea porque a él personalmente le disgusta el alboroto y prefiere un entorno tranquilo y no porque piense que un entorno tranquilo es mejor para el grupo o porque esté preocupado por el bienestar de los demás. Una forma usual de plantear esta preocupación remite al “egoísta psicológico”, quien sugiere que todos los comportamientos *humanos* se encuentran motivados por deseos individuales y que, por lo tanto, sólo existen los comportamientos egoístas y no los altruistas. Una respuesta clásica a este planteo es señalar que algunos deseos están dirigidos a los demás: las personas actúan tanto por empatía como por deseos auto-dirigidos. Existe bastante evidencia conductual de empatía en los chimpancés, que incluye desde ayudar a otro chimpancé cuando no hay ningún beneficio para uno mismo (Yamamoto, Humle, & Tanaka, 2009), hasta consolar a los compañeros después de que perdieron una pelea (Kutsukake & Castles, 2004; de Waal, 2009) o cuando están afligidos (Fraser, Stahl, & Aureli, 2008). En un reciente estudio longitudinal de empatía en chimpancés, los investigadores descubrieron que, al igual que en el caso de los seres humanos, existen diferencias individuales estables en las tendencias de consuelo y que aquellos con tendencias más fuertes a consolar a otros tienen un mayor nivel de integración (Webb et al., 2017). La investigación continua sobre los correlatos neurológicos de la empatía entre especies y la modificación del comportamiento de consuelo en ratas cuando se les bloquea la absorción de oxitocina, sugieren que las emociones dirigidas a los demás son compartidas por los seres humanos y otras especies (ver Monsó & Andrews, en revisión). Si podemos dar por sentado que los chimpancés tienen emociones dirigidas hacia los demás, entonces la interpretación de los

comportamientos subsecuentes no es más vulnerable a objeciones sobre el egoísmo que los comportamientos humanos.

La evidencia de castigo físico por parte de terceros en chimpancés es mixta. Hasta el momento, los estudios en cautiverio no han logrado encontrar evidencia de castigo por parte de terceros en entornos experimentales. En un zoológico, se les ofreció a las madres chimpancés la oportunidad de castigar físicamente a otro chimpancé que le robó comida a sus crías, pero no lo hicieron (Jensen, Call, & Tomasello, 2007; Riedl et al., 2012). Aunque esto puede parecer una prueba de que los chimpancés no castigan, también son posibles otras interpretaciones. Quizás las madres temieron represalias posteriores o tal vez no consideraron que estuviera mal que un adulto tomara la comida de un niño.

Los estudios de campo y las investigaciones observacionales sugieren que los experimentos podrían estar pasando por alto algo. Existe amplia evidencia de chimpancés que cumplen roles de vigilancia, interviniendo físicamente para detener peleas, lo cual es una especie de castigo por parte de terceros. Frans de Waal (1982) describe a los machos alfa disolviendo peleas entre individuos de rango inferior, sin importar su relación social con ellos. Tales observaciones son respaldadas por un estudio observacional reciente de un castigo por parte de terceros a chimpancés “aprovechadores” en una tarea prosocial (Suchak et al., 2016).

Existe evidencia de que los chimpancés en cautiverio aprecian que los delincuentes sean castigados. En un estudio que compara chimpancés con niños humanos, los investigadores descubrieron que ambos grupos están dispuestos a “pagar” para ver cómo castigan al agresor. Los chimpancés veían a un humano actuar prosocialmente (ofreciendo comida a otro ser humano) o antisocialmente (molestando a otro y no ofreciéndole comida). Posteriormente, el actor se presentaba solo frente al área donde estaba el sujeto y luego aparecía un castigador, manifestando enojo y golpeando al actor. El actor y el castigador se movían a otra parte del cuarto, que resultaba visible solamente luego de que el sujeto abriera una puerta muy pesada. Ver cómo golpeaban al actor antisocial valía el esfuerzo para los chimpancés, quienes abrieron la puerta más frecuentemente cuando el actor antisocial era castigado (Mendes et al., 2018). Si bien podría pensarse que a un chimpancé no debería importarle que le ocurre a un transgresor ajeno al grupo, parece ser que a los seres humanos también les encanta ver cómo castigan a los transgresores ajenos al grupo. Recordemos el espectáculo de la ejecución de Saddam Hussain.

La literatura acerca del castigo está basada en supuestos sobre los comportamientos que pueden estar prohibidos en las sociedades de chimpancés. Como se ilustra en la tabla 1, una forma más prometedora de analizar la sensibilidad a lo apropiado es comenzar por identificar posibles candidatos a normas sociales animales, es decir, patrones conductuales que los miembros del grupo esperan que los demás sigan.

Una candidata a norma social animal es aquella que cumple con las dos primeras condiciones para ser efectivamente una norma social animal: (1) ha de haber un patrón de comportamiento manifestado por miembros de la comunidad y (2) los individuos han de elegir ajustarse a dicho patrón. Cuando se identifica un patrón conductual de este tipo, los científicos pueden realizar estudios experimentales u observacionales para determinar si la tercera condición, a saber, que los individuos esperen que los miembros de la comunidad también se ajusten al patrón y sancionen a aquellos que no lo hagan,

también se encuentra presente. A continuación, describiré cómo dos de los candidatos detallados en la tabla 1, la evitación del infanticidio y la aversión a la desigualdad, podrían cumplir con la tercera condición.

En las sociedades de chimpancés, el infanticidio es relativamente raro, habiendo tenido lugar en una comunidad de chimpancés de Gombe sólo cinco veces en cuatro años (Murray, Wroblewski, & Pusey, 2007). Normalmente, los infantes chimpancés son tolerados por los miembros adultos de la sociedad e, incluso, los machos adultos de alto rango soportan que los niños se les suban encima y les roben comida o herramientas. Un chimpancé joven que hiciera lo mismo, provocaría respuestas agresivas. Los machos hasta se auto-limitan cuando juegan con los niños. Y, si un macho adulto es agresivo con un niño, incluso las hembras que no están relacionadas con este último protestan con “reacciones masivas”, tales como gritos, gruñidos o intentos de intervención (como se analiza en Rudolf von Rohr et al., 2012; Rudolf von Rohr et al., 2015). Tales reacciones podrían ser reacciones de desaprobación y servir como una sanción.

El segundo ejemplo, la aversión a la inequidad, brinda evidencia de que algunos chimpancés en cautiverio han desarrollado normas para el aprovisionamiento, tales como “mismo pago por misma cantidad de trabajo” (Brosnan, Schiff, & de Waal, 2005). En estos estudios, un par de chimpancés son encerrados uno al lado del otro y se les da la misma tarea. Mientras que uno recibe una deliciosa uva por el trabajo, el otro recibe un pago menos valioso (un trozo de pepino). El chimpancé que recibe el trozo de pepino rápidamente manifiesta su enojo y abandona el trabajo, mientras que el otro chimpancé también deja de trabajar, en lo que podría ser un gesto de solidaridad hacia su compañero.

El hecho de que los chimpancés protesten por la violación de las presuntas normas, ya sea que estas tomen la forma de tradiciones culturales o de expectativas formadas en entornos experimentales, nos da alguna evidencia de que demuestran sensibilidad a lo apropiado. Sin embargo, como este aspecto de la normatividad ingenua es el más difícil de observar, vale la pena buscar evidencia que lo respalde. Además de buscar protestas visibles o castigos, los estudios a largo plazo de las respuestas de la comunidad a los individuos que violan las presuntas normas animales podrían ser de ayuda para descubrir sanciones más sutiles.

Otro abordaje posible consiste en el análisis de las expresiones faciales en busca de evidencia de respuestas emocionales a la violación de normas. En un estudio, los investigadores les mostraron a los chimpancés varios videos de chimpancés desconocidos que realizaban una variedad de comportamientos. Algunos de los videos mostraban infanticidios. Los sujetos miraron durante más tiempo los videos de infanticidios que los videos que mostraban la caza de monos, la apertura de nueces o la dominación masculina, pero no demostraron ninguna respuesta emocional a estos videos (Rudolf von Rohr et al., 2015). Más investigación en esta dirección puede ayudar a descubrir la causa del patrón de mayor duración de la mirada. Los estudios de campo que buscan analizar las respuestas a largo plazo a los presuntos infractores de las normas, como evitar al transgresor, expresar emociones negativas, emitir vocalizaciones específicas ante una transgresión o, incluso, facilitar la restauración de la relación entre otros dos individuos, podrían servir como otra fuente de evidencia. Por ejemplo, los investigadores reportan la reconciliación por parte de terceros entre miembros del grupo M en Mahale (Kutsukake & Castles, 2004).

La normatividad ingenua en los chimpancés, tal como en los niños humanos, podría desarrollarse temprano en la infancia, pero se necesita más investigación para evaluar esta hipótesis. No obstante, es un hecho que la evidencia preliminar de normatividad ingenua en la interacción social de los simios adultos apoya la hipótesis de que la normatividad ingenua podría ser un antiguo legado cognitivo humano que se encuentra más extendido en otras especies de lo que normalmente se piensa.

**Tabla 1:** Candidatos a normas sociales animales.

Evitación del infanticidio	Las chimpancés hembra protestan ante el infanticidio (Rudolf von Rohr et al., 2012; Rudolf von Rohr et al., 2015).
El trato con los niños	Los bebés chimpancés gozan de una crianza permisiva durante los primeros años de vida y no son castigados (de Waal, 2014).
Asistencia	Los chimpancés macho y los dominantes ayudan a las hembras y a los jóvenes a cruzar las rutas (Hockings, Anderson, & Matsuzawa, 2006). Los chimpancés destruyen las trampas de caza que pueden lastimar a los miembros del grupo (Ohashi & Matsuzawa, 2011).
Alimentación	Los chimpancés comparten la comida con sus amigos, pero no con aquellos que no son sus amigos (Engelmann & Herrmann, 2016).
Reglas de copulación	Los chimpancés machos jóvenes que se acercan demasiado a una hembra en celo corren el riesgo de ser atacados por los machos adultos (de Waal, 2014).
Conformidad de los inmigrantes	Los chimpancés inmigrantes modifican su uso de herramientas para ajustarse a las prácticas de su nueva comunidad, aunque la nueva práctica adoptada sea menos funcional (Luncz et al., 2012; Luncz & Boesch, 2014)
Convenciones arbitrarias	Un chimpancé hembra comenzó a ponerse una hoja de hierba en la oreja y otros chimpancés comenzaron a hacer lo mismo (van Leeuwen, Cronin, & Haun, 2014). Los chimpancés prefieren abrir una caja de puzzle de la forma en que lo muestran los miembros de alto rango de su grupo (Horner et al., 2006).
Rechazo a la inequidad	Los chimpancés se rehúsan a participar en tareas luego de observar que otro recibe una recompensa de mayor valor (Brosnan, Schiff, y de Waal, 2005; Brosnan et al., 2010; de Waal & Brosnan, 2003). En un juego de ultimátum, los chimpancés hacen divisiones más equitativas luego de que sus socios protesten (Proctor et al., 2013).
Cooperación	Los chimpancés trabajan juntos para lograr una meta en común, incluyendo la caza cooperativa en los chimpancés salvajes (Boesch, 1994). Los chimpancés en cautiverio se coordinan para tirar de una cuerda y acceder a comida compartida (Crawford, 1937; Hirata, & Fuwa, 2007). Los chimpancés en cautiverio elijen trabajar juntos utilizando un equipo disponible para el grupo, mitigando de esta forma la competencia (Suchak et al., 2016).

Consuelo	Los chimpancés logran niveles más altos de afiliación con un compañero luego de un conflicto y facilitan la reconciliación entre grupos que se pelean (Kutsukake & Castles 2004; de Waal, 2009).
Preferencias por el grupo	Los chimpancés vigilan los límites entre comunidades. A veces invaden y matan a machos adultos y niños y raptan a las hembras (Watts & Mitani, 2001; Watts et al., 2006).
Gran respeto hacia los mayores	Los machos ancianos tienen un estatus especial en la comunidad, aunque suelen tener un rango bajo. Los miembros del grupo suelen tener en cuenta a los ancianos cuando deciden en qué dirección viajar, comparten la carne con los ancianos y se pelean por ser quienes los acicalan (Nishida, 2012).
Destete	El destete comienza alrededor de los cuatro años y puede durar más de un año. Las crías manipulan a sus madres para que les den acceso a la leche por medio de comportamientos peligrosos, como acercarse a los machos adultos o a los observadores humanos (Nishida, 2012).

## 5. Conclusión

El que los animales sean agentes morales o tengan cognición moral dependerá de la perspectiva que uno tenga sobre la naturaleza de la moralidad. Incluso algunos de los mayores defensores de la moralidad en los animales, como Frans de Waal (2006; 2014), hablan únicamente de proto-normas o de agencia proto-moral en simios. Para avanzar en el tema de la evolución de la moralidad necesitamos identificar y definir claramente los elementos que constituyen la práctica moral, en lugar de confiar en un vago sentido de proto-moralidad. En este sentido, es de mayor beneficio analizar la evolución de la práctica normativa.

Si estoy en lo cierto, el pensamiento normativo se encuentra implícito en la cognición social humana. Además, dado que la evidencia empírica indica que tanto los simios como los seres humanos toman a los otros como agentes intencionales (algunos de los cuales son miembros del grupo, son buenas fuentes de información normativa y son sancionados cuando actúan de forma contraria a lo que se espera), tenemos evidencia preliminar de cognición normativa en otros simios.

Para encontrar evidencia adicional de normas sociales animales deberíamos buscar en los lugares donde sería esperable encontrarlas, esto es, en simios salvajes que viven en la naturaleza o en comunidades que llevan mucho tiempo en cautiverio, en las que las normas establecidas han tenido mucho tiempo para evolucionar. Dado que las normas son elementos culturales, más que biológicos, cuando tomamos chimpancés de diferentes culturas y los juntamos para crear un grupo nuevo, interrumpimos sus prácticas normativas. El trabajo de campo es lento y puede ser tedioso, pero se necesita este tipo de investigaciones en lugares poco familiares para responder nuestras preguntas acerca de la evolución del pensamiento normativo.

## Referencias

Allen, J. W. P., & Bickhard, M. H. (2011). Emergent Constructivism. *Child Development Perspectives*, 5(3), 164–65.

- Andrews, K. (2012). *Do Apes Read Minds? Toward a New Folk Psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Andrews, K. (2015). The Folk Psychological Spiral: Explanation, Regulation, and Language. *Southern Journal of Philosophy*, 53(1), 50–60.
- Banerjee, R., Bennett, M., & Luke, N. (2010). Children's Reasoning about the Self-Presentational Consequences of Apologies and Excuses Following Rule Violations. *British Journal of Developmental Psychology*, 28, 799–815.
- Bian, L., Sloane, S., & Baillargeon, R. (2018). Infants Expect Ingroup Support to Override Fairness When Resources Are Limited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(11), 2705–10.
- Bicchieri, C. (2017). *Norms in the Wild: How to Diagnose, Measure, and Change Social Norms*. New York: Oxford University Press.
- Boesch, C. (1994). Cooperative Hunting in Wild Chimpanzees. *Animal Behavior*, 48, 653–67.
- Braithwaite, J. (2002). *Restorative Justice and Responsive Regulation*. New York: Oxford University Press.
- Brosnan, S. F., Talbot, C., Ahlgren, M., Lambeth, S. P., & Shapiro, S. J. (2010). Mechanisms Underlying Responses to Inequitable Outcomes in Chimpanzees, *Pan troglodytes*. *Animal Behaviour*, 79(6), 1229–37.
- Brosnan, S. F., Schiff, H. C., & de Waal, F. B. M. (2005). Tolerance for Inequity May Increase with Social Closeness in Chimpanzees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1560), 253–58.
- Buttelmann, D., Zmyj, N., Daum, M., & Carpenter, M. (2013). Selective Imitation of In-Group over Out-Group Members in 14-Month-Old Infants. *Child Development*, 84(2), 422–28.
- Byrne, R. W., & Russon, A. E. (1998). *Learning by Imitation: A Hierarchical Approach*. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(5), 667-84.
- Crawford, M. P. (1937). *The Cooperative Solving of Problems by Young Chimpanzees*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Engelmann, J. M., & Herrmann, E. (2016). Chimpanzees Trust Their Friends. *Current Biology*, 26(2), 252–6.
- Fitzpatrick, S. (2017). Animal Morality: What Is the Debate About? *Biology and Philosophy*, 32(6), 1151–83.
- Fraser, O. N., Stahl, D., & Aureli, F. (2008). Stress Reduction through Consolation in Chimpanzees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(25), 8557–62.
- Gergely, G., Nádasdy, Z., Gergely, C., & Bíró, S. (1995). Taking the Intentional Stance at 12 Months of Age. *Cognition*, 56(2), 165–93.
- Gergely, G., Bekkering, H., & Király, I. (2002). *Rational Imitation in Preverbal Infants*. *Nature*, 415(6873), 755.
- Goodall, J. (1986). Social Rejection, Exclusion, and Shunning among the Gombe Chimpanzees. *Ethology and Sociobiology*, 7, 227–36.

- Henrich, J. (2017). *The Secret of Our Success: How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hirata, S., & Fuwa, K. (2007). *Chimpanzees (Pan troglodytes) Learn to Act with Other Individuals in a Cooperative Task*. *Primates*, 48(1), 13–21.
- Hockings, K. J., Anderson, J. R., & Matsuzawa, T. (2006). *Road Crossing in Chimpanzees: A Risky Business*. *Current Biology*, 1(17), R668–70.
- Hopper, L. M., Spiteri, A., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., Horner, V., & Whiten, A. (2007). *Experimental Studies of Traditions and Underlying Transmission Processes in Chimpanzees*. *Animal Behaviour*, 73(6), 1021–32.
- Hopper, L. M., Susan P. Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., & Whiten, A. (2008). *Observational Learning in Chimpanzees and Children Studied through “Ghost” Conditions*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1636), 835–40.
- Horner, V., & Whiten, A. (2004). *Causal Knowledge and Imitation/Emulation Switching in Chimpanzees (Pan troglodytes) and Children (Homo sapiens)*. *Animal Cognition*, 8, 164–81.
- Horner, V., Whiten, A., Flynn, E., & de Waal, F. B. M. (2006). *Faithful Copying of Foraging Techniques along Cultural Transmission Chains by Chimpanzees and Children*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13878–83.
- Jensen, K., Call, J., & Tomasello, M. (2007). *Chimpanzees are Vengeful but not Spiteful*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(32), 13046–50.
- Jin, Kyong-sun, & Baillargeon, R. (2017). *Infants Possess an Abstract Expectation of Ingroup Support*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(31), 8199–8204.
- Kahlenberg, S. M., Emory Thompson, M., Muller, M. N., & Wrangham, R. W. (2008). *Immigration Costs for Female Chimpanzees and Male Protection as an Immigrant Counterstrategy to Intrasexual Aggression*. *Animal Behaviour*, 76, 1497–509.
- Kelly, D. J., Quinn, P. C., Slater, A. M., Lee, K., Gibson, A., Smith, M., Ge, L., & Pascalis, O. (2005). *Three-Month-Olds, But Not Newborns, Prefer Own-Race Faces*. *Developmental Science*, 8(6), F31–36, 459–620.
- Kendal, R., Hopper, L. M., Whiten, A., Brosnan, S. F., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., & Hoppitt, W. (2015). *Chimpanzees Copy Dominant and Knowledgeable Individuals: Implications for Cultural Diversity*. *Evolution and Human Behavior*, 36(1), 65–72.
- Kinzler K. D., Dupoux, E., & Spelke, E. S. (2007). *The Native Language of Social Cognition*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(30), 12577–80.
- Kitcher, P. (2011). *The Ethical Project*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Korsgaard, C. (2018). *Fellow Creatures: Our Obligations to the Other Animals*. Oxford: Oxford University Press.

- Kutsukake, N., & Castles, D. L. (2004). *Reconciliation and Post-conflict Third-Party Affiliation among Wild Chimpanzees in the Mahale Mountains, Tanzania*. *Primates*, 45(3), 157–65.
- van Leeuwen, E. J. C., Cronin, K. A., & Haun, D. B. M. (2014). A Group-Specific Arbitrary Tradition in Chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Animal Cognition*, 17, 1421–25.
- Lieberman, Z., Kinzler, K. D., & Woodward, A. L. 2014. Friends or Foes: Infants Use Shared Evaluations to Infer Others' Social Relationships. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(3), 966–71.
- Luncz, L. V., & Boesch, C. (2014). Tradition over Trend: Neighboring Chimpanzee Communities Maintain Differences in Cultural Behavior despite Frequent Immigration of Adult Females. *American Journal of Primatology*, 76(7), 649–57.
- Luncz, L. V., Mundry, R., & Boesch, C. (2012). Evidence for Cultural Differences between Neighboring Chimpanzee Communities. *Current Biology*, 22, 922–26.
- Lyons, D. E., Young, A. G., & Keil, F. C. (2007). The Hidden Structure of Overimitation. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 104(50), 19751–56.
- Mahajan, N., & Wynn, K. (2012). Origins of “Us” versus “Them”: Prelinguistic Infants Prefer Similar Others. *Cognition*, 124(2012), 227–33.
- Maibom, H. L. (2007). Social Systems. *Philosophical Psychology*, 20(5), 557–78.
- McGeer, V. (2007). The Regulative Dimension of Folk Psychology. En Hutto, D. D. y Ratcliffe, M. (Eds.), *Folk Psychology Re-Assessed* (pp. 137-56). Dordrecht: Springer.
- McGeer, V. (2015). Mind-Making Practices: The Social Infrastructure of Self-Knowing Agency and Responsibility. *Philosophical Explorations*, 18(2), 259–81.
- Meltzoff, A. N. (1988). Infant Imitation after a 1-Week Delay: Long-Term Memory for Novel Acts and Multiple Stimuli. *Developmental Psychology*, 24(4), 470–76.
- Mendes, N., Steinbeis, N., Bueno-Guerra, N., Call, J. & Singer, T. (2018). Preschool Children and Chimpanzees Incur Costs to Watch Punishment of Antisocial Others. *Nature Human Behaviour*, 2, 45–51.
- Monsó, S. (2015). Empathy and Morality in Behaviour Readers. *Biology and Philosophy*, 30, 671–90.
- Monsó, S., & Kristin A. (en revisión). Animal Moral Psychologies. En Doris, J. M. & Vargas, M. (eds.), *The Moral Psychology Handbook* (segunda edición) (Oxford: Oxford University Press).
- Murray, C. M., Wroblewski, E., & Pusey, A. E. (2007). New Case of Intragroup Infanticide in the Chimpanzees of Gombe National Park. *International Journal of Primatology*, 28, 23–37.
- Myowa-Yamakoshi, M., & Matsuzawa, T. (2000). Imitation of Intentional Manipulatory Actions in Chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 114, (4), 381–391.
- Nishida, T. (2012) *Chimpanzees of the Lakeshore: Natural History and Culture at Mahale*. Cambridge: Cambridge University Press.



- Nucci, L. P., & Turiel, E. (1978). Social Interactions and the Development of Social Concepts in Preschool Children. *Child Development*, 49, 400–7.
- Oakes, L. M. (2010). Using Habituation of Looking Time to Assess Mental Processes in Infancy. *Journal of Cognition and Development*, 11, (3), 255–68.
- Ohashi, G., & Matsuzawa, T. (2011). Deactivation of Snares by Wild Chimpanzees. *Primates*, 52, (1), 1–5.
- Proctor, D., Williamson, R. A., de Waal, F. B. M., & Brosnan, S. F. (2013). Chimpanzees Play the Ultimatum Game. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 110(6), 2070–75.
- Pun, A., Ferera, M., Diesendruck, G., Hamlin, J. K., & Baron, A. S. (2018). Foundations of Infants' Social Group Evaluations. *Developmental Science*, 21(3), e12586.
- Rakoczy, H., Warneken, F., & Tomasello, M. (2008). The Sources of Normativity: Young Children's Awareness of the Normative Structure of Games. *Developmental Psychology*, 44(3), 875–81.
- Rakoczy, H., Warneken, F., & Tomasello, M. (2009). Young Children's Selective Learning of Rule Games from Reliable and Unreliable Models. *Cognitive Development*, 24, 61–9.
- Richerson, P. J., & Boyd, R. (2005). *Not By Genes Alone: How Culture Transformed Human Cognition*. Chicago: University of Chicago.
- Riedl, K., Jensen, K., Call, J., & Tomasello, M. (2012). No Third-Party Punishment in Chimpanzees. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 109(37), 14824–29.
- Rowlands, M. (2012) *Can Animals Be Moral?* New York: Oxford University Press.
- Rudolf von Rohr, C., Koski, S. E., Burkart, J. M., Caws, C., Fraser, O. N., Ziltener, A., & van Schaik, C. P. (2012). Impartial Third-Party Interventions in Captive Chimpanzees: A Reflection of Community Concern. *PLoS ONE* 7, e32494.
- Rudolf von Rohr, C., van Schaik, C. P., Kissling, A., & Burkart, J. M. (2015). Chimpanzees' Bystander Reactions to Infanticide. *Human Nature*, 26(2), 143–60.
- Sterelny, Kim. (2012). *The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Suchak, M., Eppley, T. M., Campbell, M. W., Feldman, R. A., Quarles, L. F., & de Waal, F. B. M. (2016). How Chimpanzees Cooperate in a Competitive World. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 113(36), 10215–20.
- Suddendorf, T. (2013) *The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals*. New York: Basic Books.
- Tennie, C., Call, J., & Tomasello, M. (2006). *Push or Pull: Imitation vs. Emulation in Great Apes and Human Children*. *Ethology*, 112(12), 1159–69.
- Tomasello, M. (1999). *The Cultural Origins of Human Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Tomasello, M. (2014). *A Natural History of Human Thinking*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Uller, C. (2004). Disposition to Recognize Goals in Infant Chimpanzees. *Animal Cognition*, 7, 154–61.
- Vincent, S., Ring, R., & Andrews, K. (2019). Normative Practices of Other Animals. En Zimmerman, A., Jones, K. & Timmons, M. (eds.), *Routledge Handbook of Moral Epistemology* (pp. 57-83). New York: Routledge.
- de Waal, F. B. M. (1982). *Chimpanzee Politics: Power and Sex among Apes*. London: Jonathan Cape.
- de Waal, F. B. M. (2006). The Tower of Morality. En Ober, J. & Macedo, S. (eds.), *Primates and Philosophers: How Morality Evolved* (pp. 161-181). Princeton: Princeton University Press.
- de Waal, F. B. M. (2009). *The Age of Empathy: Nature's Lessons for a Kinder Society*. Toronto: McClelland & Stewart.
- de Waal, F. B. M. (2014). Natural Normativity: The “Is” and “Ought” of Animal Behaviour. *Behaviour*, 151, 185–204.
- de Waal, F. B. M., & Brosnan, S. F. (2003). Monkeys Reject Unequal Pay. *Nature*, 425, 297.
- Watts, D. P., & Mitani, J. C. (2001). Boundary Patrols and Intergroup Encounters in Wild Chimpanzees. *Behaviour*, 138(3), 299–337.
- Watts, D. P., Muller, M., Amsler, S., Mbabazi, G., & Mitani, J. C. (2006). Lethal Intergroup Aggression by Chimpanzees in Kibale National Park, Uganda. *American Journal of Primatology*, 68(2), 161–80.
- Webb, C. E., Teresa Romero, T., Franks, B., & de Waal, F. B. M. (2017). Long-Term Consistency in Chimpanzee Consolation Behaviour Reflects Empathetic Personalities. *Nature Communications*, 8(1), 292.
- Whiten, A., McGuigan, N., Marshall-Pescini, S., & Hopper, L. M. (2009). Emulation, Imitation, Over-Imitation and the Scope of Culture for Child and Chimpanzee. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364, (1528), 2417–28.
- Whiten, A., Spiteri, A., Horner, V., Bonnie, K., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J., & de Waal, F. B. M. (2007). Transmission of Multiple Traditions within and between Chimpanzee Groups. *Current Biology*, 17, (12), 1038–43.
- Wiessner, P., & Pupu, N. (2012). Toward Peace: Indigenous Institutions and Foreign Arms in a Papua New Guinea Society. *Science*, 337(6102), 1651–54.
- Woodward, A. L. (1999). Infants' Ability to Distinguish between Purposeful and Non-purposeful Behaviors. *Infant Behavior and Development*, 22(2), 145–60.
- Xiao, N. G., Wu, R., Quinn, P. C., Liu, S., Tummeltshammer, K. S., Kirkham, N. Z., Ge, L., Pascalis, O., & Lee, K. (2018). Infants Rely More on Gaze Cues from Own-Race than Other-Race Adults for Learning under Uncertainty. *Child Development*, 89(3), e229–44.
- Yamamoto, S., Humle, T., & Tanaka, M. (2009). Chimpanzees Help Each Other Upon Request. *PLoS ONE*, 4, e7416.

Zawidzki, T. W. (2013) *Mindshaping: A New Framework for Understanding Human Social Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.

# Reseña: *El aire de cada día: Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)* de Natalia Verónica Soto Coloballes

Heber Vázquez Jiménez<sup>1</sup>

Recibido: 03 de agosto de 2021

Aceptado: 01 de noviembre de 2021

---

*El aire de cada día. Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)*. (2021). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad.

ISBN: ePub 978-607-30-4281-9

Recuperado de: [https://www.puec.unam.mx/pdf/epub/el\\_aire\\_de\\_cada\\_dia.epub](https://www.puec.unam.mx/pdf/epub/el_aire_de_cada_dia.epub)

---

El aire urbano contaminado causa distintas afecciones a la salud humana. Se estima que anualmente cerca de 9 millones de personas mueren por distintas enfermedades respiratorias, cardiovasculares, del sistema nervioso, cáncer y otras, asociadas con la contaminación atmosférica (Manisalidis et al., 2020). Desde el siglo pasado se ha venido construyendo la noción general y abstracta de que el aire puede ser un portador universal de sustancias generadas artificialmente que son potencialmente mortales (Medalia, 1964; De Groot, 1967).

Históricamente la relación entre las sociedades humanas y el aire ha tenido un carácter local. Inclusive la contaminación atmosférica a causa de la producción industrial se consideró durante décadas como un asunto propio de ciertas urbes. Así ocurrió, por ejemplo, en Inglaterra hasta el trágico invierno de 1952 (Brimblecombe, 2011; Thorsheim, 2017). Fue en la década de 1960 cuando los efectos ambientales continentales de sustancias lanzadas a la atmósfera por la producción industrial pusieron en alerta a los países económicamente desarrollados del Norte global y les impulsó a buscar acuerdos para regular la cantidad de contaminantes en el aire (Oppenheimer et al., 2019, p. 23). A pesar de todo, la construcción social del concepto de contaminación atmosférica, pensada como un fenómeno global y omnipresente en la segunda mitad del siglo XX, no fue una simple agregación de afirmaciones científicas que se obtuviera simultáneamente en todo el mundo (Howe, 2014, pp. 55-92). Cada país y cada ciudad tienen su propia historia en relación con la calidad de su atmósfera.

Natalia Verónica Soto Coloballes (2021) en su obra *El aire de cada día. Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)* presenta tres

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

✉ [hvj.efsct@gmail.com](mailto:hvj.efsct@gmail.com) |  [0000-0002-5500-2754](https://orcid.org/0000-0002-5500-2754)

Vázquez Jiménez, Heber (2021). Reseña de *El aire nuestro de cada día: Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)* de Natalia Verónica Soto Coloballes. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, (2021), 6(1), 204-207.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/34302/>



momentos importantes de la construcción local de la noción de calidad del aire en la Ciudad de México desde la década de 1960. Su libro es tanto una historia cultural de la ciencia y la tecnología, así como una etnografía de laboratorio enmarcadas dentro de la historia de normativas ambientales nacionales e internacionales y de decisiones políticas. Esta perspectiva multidisciplinaria elucida las elecciones epistémicas, técnicas y políticas que han influido en la construcción de la noción de la calidad del aire urbano en relación con la contaminación atmosférica en el Valle de México.

En la primera “instantánea” histórica, que abarca el periodo de 1960 a 1975, Soto Coloballes muestra cómo las decisiones políticas y su imbricación con prácticas científicas y técnicas fueron fundamentales para el cambio de una noción local de contaminación atmosférica como fuente de enfermedades infecciosas a una de acuerdo con las narrativas internacionales generadas por un nuevo ambientalismo e instituciones como la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Hasta finales de la década de 1980 la Ciudad de México sufrió de tolveneras, efecto secundario del proyecto urbanístico y político de desecación del Lago de Texcoco, imperante desde la Nueva España. A mediados del siglo XX las ciencias de la salud estudiaron y determinaron que el material biológico transportado por esas polvaredas naturales era causante de enfermedades infecciosas, tanto respiratorias como gastrointestinales. Ese enfoque cambió durante las décadas de 1960 y 1970 bajo la tutela de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y, en especial, bajo la Organización Panamericana de la Salud (OPS) hacia una noción de contaminación atmosférica antrópica –entendida como constituida sólo por ciertos gases y partículas microscópicas– causante de enfermedades crónico-degenerativas. Durante este periodo se ensayaron proyectos de estandarización regional –v.gr. Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (RedPanaire)– e internacional de prácticas de monitoreo –v.gr. red de monitoreo automatizada de manufactura europea adquirida en 1975 por el gobierno mexicano.

En el capítulo dos Soto Coloballes retrata las tensiones administrativas, científicas y técnicas dentro de las instituciones encargadas de monitorear la calidad del aire en México entre 1976 y 1986. Durante el gobierno del presidente José López Portillo (1976-1982) se negó que la contaminación atmosférica industrial fuera un problema de salud pública. A pesar del poco respaldo político y financiero oficial se continuaron operando las redes de monitoreo atmosférico adquiridas en la administración anterior. Este hecho fue clave para fundar una incipiente cultura de objetividad basada en la operación de instrumentos estandarizados y vigilados por personal burocrático con un perfil técnico-profesional específico. Ese antecedente de monitoreo atmosférico estuvo enmarcado por discursos científicos y técnicos centrados en justificar políticamente la idoneidad de los equipos y redes tecnológicas adquiridas ora en Europa ora en Estados Unidos de América, y terminó en 1982 por falta de recursos materiales y financieros. Fue hasta 1986, durante el sexenio del presidente Miguel de la Madrid Hurtado (1982-1988), cuando se adquirieron nuevos instrumentos manuales y automáticos de monitoreo atmosférico, el único periodo reconocido oficialmente hasta la fecha.

Finalmente, el tercer capítulo es resultado de una etnografía de laboratorio que Soto Coloballes realizó entre 2008 y 2013 en las diversas estaciones de monitoreo pertenecientes a las redes instrumentales del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT)

así como del Laboratorio de Monitoreo y del Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA), instalaciones dependientes de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, rama de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (hoy Ciudad de México).

La tercera “imagen” muestra las prácticas, procesos y cultura material que sustenta a la noción contemporánea técnica-científica-política de calidad del aire de la Ciudad de México. Tras una noción clara y distinta de calidad del aire hay procesos materialmente complejos, localmente afectados y adaptados, que configuran la cultura epistémica del personal técnico-burocrático encargado de realizar las operaciones instrumentales, químicas, mecánicas, informáticas, administrativas y políticas que determinan la contaminación atmosférica presente en el aire de cada día de la otrora “región más transparente”, como la llamara el escritor Carlos Fuentes.

El último capítulo de *El aire de cada día* arroja luz sobre cómo las prácticas cotidianas y la cultura epistémica del personal técnico encargado de las redes de monitoreo atmosférico generan innovación tecnológica –modificación, adaptación, construcción, tuneo y “canibaleo” de instrumentos (Soto, 2021)–, pero también despiertan preguntas respecto a la validez científica “universal” de la información tras la necesaria adaptación técnica del instrumental de medición a las condiciones fácticas locales y la selección-validación de sus datos.

La obra de Soto Coloballes tiene la virtud de mostrar tres hechos relevantes para las nociones de calidad del aire y contaminación atmosférica:

1. El establecimiento jurídico-científico de los criterios de idoneidad de las condiciones atmosféricas de las urbes, idoneidad que es sancionada en corpus legales que –en teoría– son acordes con la información científica actualizada.

2. La importancia del trabajo del personal técnico –no académico ni “propriadamente” científico– para asegurar la continuidad del monitoreo atmosférico instrumental.

3. Paradójicos cambios respecto a la condición de universalidad y localidad de nociones y prácticas: por un lado, la noción local de contaminación atmosférica en la Ciudad de México (las tolvaneras) se diluyó en una noción de contaminación industrial, antrópica y de carácter supuestamente universal; por otro lado, las prácticas en torno a tecnología estandarizada de monitoreo atmosférico implican una inmersión de los equipos diseñados para condiciones supuestamente universales en condiciones locales absolutamente particulares. Dentro de la trama dibujada por marcos legales, que siguen la ruta de algunas advertencias científicas de validez supuestamente universal, se desarrollan acciones e intervenciones técnicas situadas localmente que obedecen a la única finalidad de mantener en operación continua el instrumental de medición de la calidad del aire y así generar información útil para la toma de decisiones políticas encaminadas a proteger la salud de la población de la Ciudad de México.

La contaminación atmosférica y la calidad del aire son dos caras de una misma moneda que en su acuñación tiene el concurso de distintas lógicas: la política, la económica, la científica, la de la salud pública y la tecnológica, lógicas que no agotan el tema. El libro de Soto Coloballes deja abierta la puerta a diversas interrogantes desde múltiples áreas para profundizar en el hecho de que mientras más tecnificada,

estandarizada y universal se considera la noción de calidad de aire, ésta se desarraiga de sus características fenomenológicas inmediatas, estéticas y simbólicas locales.

El libro, editado en formato electrónico ePub, está disponible de manera gratuita en la página de internet del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## Referencias

- Brimblecombe, P. (2011). *The Big Smoke: A history of air pollution in London since medieval times* (Reimpresión de la primera edición de 1987). Londres y Nueva York: Routledge.
- De Groot, I. (1967). Trends in Public Attitudes Toward Air Pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 17 (10): 679-681.
- Howe, J. P. (2014). *Behind the Curve: Science and Politics of Global Warming*. Seattle y Londres: University of Washington Press.
- Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A. y Bezirtzoglou E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8. <https://doi.org/doi:10.3389/fpubh.2020.00014>.
- Medalia, N. Z. (1964). Air Pollution as a Socio-Environmental Health Problem: A Survey Report. *Journal of Health and Human Behavior. Special Issue: The Environmental Health Challenge to Medical Sociology*, 5(4):154-165.
- Oppenheimer, M., Oreskes, N., Jamieson, D., Brysse, K., O'Reilly, J., Shindell, M. y Wazeck, M. (2019). *Discerning Experts: The practices of Scientific Assessment for Environmental Policy*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- Soto Coloballes, N. V. (2021). *El aire de cada día. Política y medición de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México (1960-2015)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad. Recuperado de: [https://www.puec.unam.mx/pdf/epub/el\\_aire\\_de\\_cada\\_dia.epub](https://www.puec.unam.mx/pdf/epub/el_aire_de_cada_dia.epub).
- Thorsheim, P. (2017). *Inventing pollution: Coal, smoke, and culture in Britain since 1800* (2da edición). Athens, Ohio: Ohio University Press.

