

ANALÍTICA

REVISTA DE FILOSOFÍA N° 9

Lima, 2015

ARTÍCULOS

Philosophy of Science in Latin America.

Alberto Cordero Lecca

Explicating Structural Realism in the Framework of the Structuralist Meta-Theory

Thomas Meier

Actualización y Ampliación del Sistema de Aritmetización Completa del Nivel de la Lógica Bivaluada de Hugo Padilla-Chacón

Gabriel Garduño-Soto

Interpretation of intentional actions. Three non reducible features

Pablo Quintanilla

Reflexiones sobre ciencia y filosofía

Óscar Augusto García Zárate

NOTAS

Universidad e investigación en filosofía

Óscar Augusto García Zárate

Jørgensen's dilemma: The quest for semantic foundations of imperatives

Miguel Á. León Untiveros

El algoritmo de la selección natural como ácido universal: Taller sobre

La peligrosa idea de Darwin de Daniel C. Dennett

David Villena Saldaña

OBITUARIOS

Patrick Suppes (1922-2014)

Jaakko Hintikka (1929-2015)

Ingmar Pörn (1935-2014)

NOTICIAS

I Encuentro Latinoamericano de Filosofía Científica – Homenaje a Mario Bunge

Taller de Filosofía Matemática

ANALITICA

Revista de Filosofía, N.º 9

Director

Óscar Augusto García Zárate

Comité Editorial

David Villena Saldaña

José Antonio Tejada Sandoval

Javier Vidal López

Pablo Quintanilla Pérez-Wicht

Miguel Ángel León Untiveros

Rafael Félix Mora Ramírez

Comité Consultivo Internacional

Alberto Cordero-Lecca

(City University of New York, EE. UU.)

Jean-Pierre Cometti

(Universidad de Provenza, Francia)

Pascal Engel

(Universidad de Ginebra, Suiza)

W. D. Hart

(Universidad de Illinois, Chicago, EE.UU.)

Øystein Linnebo

(Birkbeck College, University of London, Reino Unido)

Georg Meggle

(Universidad de Leipzig, Alemania)

Francisco Miró Quesada Cantuarias

(Sociedad Peruana de Filosofía)

Luis Piscoya Hermoza

(UNMSM, Perú)

Jorge Secada Koechlin

(Universidad de Virginia, EE. UU.)

Scott Soames

(Universidad de California Sur, EE. UU.)

Revista indizada en LATINDEX (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, España y Portugal)

Correo-e: analítica@cesfia.org.pe

URL: <http://www.cesfia.org.pe/analitica>

Incluida en The Philosophers's Index

ISSN: 1996-1464

Depósito Legal: 2012-01040

ANALITICA

REVISTA DE FILOSOFÍA N° 9

SUMARIO

Presentación	5
--------------	---

ARTÍCULOS

<i>Philosophy of Science in Latin America</i> Alberto Cordero Lecca	9
<i>Explicating Structural Realism in the Framework of the Structuralist Meta-Theory</i> Thomas Meier	43
<i>Actualización y Ampliación del Sistema de Aritmetización Completa del Nivel de la Lógica Bivaluada de Hugo Padilla-Chacón</i> Gabriel Garduño-Soto	69
<i>Interpretation of Intentional Actions. Three non Reducible Features</i> Pablo Quintanilla	113
<i>Reflexiones sobre ciencia y filosofía</i> Óscar Augusto García Zárate	123

NOTAS

<i>Universidad e investigación en filosofía</i> Óscar Augusto García Zárate	145
<i>Jørgensen's dilemma: The quest for semantic foundations of imperatives</i> Miguel Á. León Untiveros	149
<i>El algoritmo de la selección natural como ácido universal: Taller sobre La peligrosa idea de Darwin de Daniel C. Dennett</i> David Villena Saldaña	167

OBITUARIOS

<i>Patrick Suppes (1922-2014)</i>	177
<i>Jaakko Hintikka (1929-2015)</i>	179
<i>Ingmar Pörn (1935-2014)</i>	181

NOTICIAS

I Encuentro Latinoamericano de Filosofía Científica – Homenaje a Mario Bunge	185
Taller de Filosofía Matemática	187

PRESENTACIÓN

El Centro de Estudios de Filosofía Analítica (CESFIA) ha cumplido once años de vida institucional en forma ininterrumpida, dedicando sus mejores esfuerzos al estudio, cultivo y difusión de la filosofía analítica dentro del Perú y el de fomentar el desarrollo de investigaciones en lengua castellana e inglés a nivel iberoamericano, emparentadas con la filosofía analítica y su historia, en tanto método y temática.

La filosofía analítica, como es sabido, se originó en los países anglosajones entre comienzos y mediados del siglo XX como resultado de la confluencia del positivismo lógico del Círculo de Viena, los proyectos lógicos de Frege, el análisis lógico de Russell, la filosofía del análisis del lenguaje ordinario de Moore y el estilo de reflexión de Wittgenstein. Constituye –qué duda cabe– una rica tradición de pensamiento y un estilo peculiar y fructífero de practicar la filosofía. La labor crítica de evaluar, expresada en el deseo no de fundar doctrina alguna, sino de evaluar sistemáticamente el lenguaje y el modo en que su articulación da lugar a los argumentos sobre los que se erigen los diversos discursos que se ordenan en los heterogéneos ámbitos de problematización que integran el quehacer filosófico, representa uno de los rasgos fundamentales de la tradición analítica. Estos once años dejan tras de sí numerosas satisfacciones y tiene como corolario la edición del noveno número de *Analítica*, revista de CESFIA, que ofrecemos hoy a la comunidad filosófica.

El Comité Editorial, con la venia de sus árbitros, ha considerado incluir, en este número, valiosas contribuciones de Alberto Cordero Lecca de la CUNY Graduate Center & Queens College CUNY, de Thomas Meier de la Munich Center for Mathematical Philosophy Ludwig-Maximilians-Universität München, de Gabriel Garduño-Soto de la Universidad Nacional Autónoma de México y de Pablo Quintanilla de la Pontificia Universidad Católica del Perú. A ellos nuestro reconocimiento y profunda gratitud por habernos hecho llegar generosamente sus importantes colaboraciones, que contribuyen con la institucionalización de espacios de debate para la filosofía analítica en la región.

Finalmente, gracias les sean dadas a la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en la persona de su decano, el Dr. Raimundo Prado Redondez, por su auspicio institucional. De igual modo, al Dr. José Antonio Beraún Barrantes, rector de la Universidad de Huánuco, por el auspicio económico. Sin sus generosos apoyos, habría sido difícil llevar a término esta empresa editorial.

Óscar Augusto García Zárate

Presidente de CESFIA y director de *ANALÍTICA*

Lima, diciembre de 2015

ARTICULOS

PHILOSOPHY OF SCIENCE IN LATIN AMERICA

Alberto Cordero

CUNY Graduate Center & Queens College CUNY
acordelec@outlook.com
New York

Ever since philosophy of science began as a professional field in the late 1940s, many contributions from Latin America have joined the forefront of the international debate. This article aims to provide an overview of philosophy of science in the subcontinent. The primary focus is on contributions produced in Latin America by thinkers living in the region, with an emphasis on “mainstream philosophy of science”—a discipline centered in the study of scientific knowledge, metaphysics, methodology, and values, broadly analytic in style, as exemplified by works published in such major journals as *Philosophy of Science*, *Erkenntnis*, *The British Journal for the Philosophy of Science*, and *Studies in the History and Philosophy of Science*.

This entry has six parts. Section 1 provides historical background. Sections 2 through 5 are devoted to philosophy of science in various regions of the subcontinent (going roughly) from north to south. The final section briefly considers some of the difficulties and prospects for philosophy of science in Latin America. Effort is made to provide an even-handed and objective picture, but of course only a selective sketch is possible, made of choices influenced by the author’s interpretation of the field.

- 1. Background
- 2. Mexico, Central America, and the Caribbean
- 3. Brazil
- 4. Andean Countries
 - 4.1 Venezuela
 - 4.2 Colombia
 - 4.3 Peru
 - 4.4 Chile
- 5. Argentina and Uruguay
- 6. Concluding Remarks
- Bibliography
- Academic Tools

1. Background

It is useful to begin with a brief historical background. Science and scientific thought have long functioned in Latin America as beacons of civic hope and progress amidst multiple recurrent frustrations varying in kind and texture from place to place. In most of the region, the Enlightenment ideals that fueled independence movements of the early 19th century were quickly disappointed by the military chaos and general barbarism that followed; social turmoil and economic deterioration afflicting much of the region until the 1860s. It was different in Brazil, where emancipation from Europe occurred gradually and orderly during the century, but there too the problems grew as did also tensions between the economic elite and the country's leading liberal thinkers.

Reacting against expanding frustration, many Latin Americans saw a solution in the "scientific" ways of thinking dominant in the industrialized countries. In the 1850s a progressive philosophy was in full flight in the larger world, ready-made for Latin American visionaries: French Positivism, a doctrine of progress and secular religion, centered on hope in modern science, led by Auguste Comte. Committed to fighting the common temptations of barbarism and its discontents, the positivists sought to continue the project of the Enlightenment. Against the impulsive decision-making then prevailing in most of Latin America, local positivists sought to extend scientific thought to philosophy and political action, convinced it would promote objectivity, rational consensus, publicly accessible cumulative truth in all spheres, along the material success characteristic of modern science. Between about 1870 and 1910 positivism took strong hold in much of Latin America, with an agenda that called for methodological improvement in the local practice of the natural sciences, medicine and education, greatly influencing also activity in philosophy, history, art, and the law (see, e.g., Zea 1943 &1944; Frondizi 1943; Nachman 1977; Quintanilla 2006). In Argentina, scientism and Comte's philosophy had influential defenders, notably Domingo Faustino Sarmiento, numerous scientists (e.g., paleontologist Florentino Ameghino), physician-philosophers (e.g., José Ingenieros y Alejandro Korn), educators (e.g., Pedro Scalabrini), and lawyers (e.g., Carlos Octavio Bunge, whose nephew Mario A. Bunge would become a world figure in philosophy of science in the following century). A conviction these thinkers shared stated that a modern and efficient system of public education was indispensable for achieving the desired transformations. Interest in advancing the positivist approach grew to religious heights especially in Brazil, where it was championed by distinguished political figures, notably Miguel de Lemos, a reorganizer of the country's curriculum and a decisive force in the construction of

the first Humanity Temple for the propagation of Comte's ideas in the world. When Brazil became a republic in 1889, positivist doctrine made its way to the new flag, the motto "Order and Progress" lifted from Comte's writings—in *Système de Politique Positive* (1851), the preliminary discourse's conclusion begins with the words "Love for principle, order for base, and progress for aim" (*L'amour pour principe, l'ordre pour base, et le progrès pour but*; p. 321).

The influence of positivism in Mexico was not much weaker, particularly in education, as exemplified by the labors of the respected chemist and medical doctor Gabino Barreda, who banned religion and traditional philosophy from the school curriculum and centralized access to higher education and culture. In Chile two leading advocates of Comte's philosophy and his Humanity Religion were the brothers Jorge and Enrique Lagarrigue. In Colombia Rafael Nuñez, an educational reformer and three times president of Colombia actively promoted positivism, as did in Peru (with touches of Herbert Spencer's evolutionism) such figures as Javier Prado, Manuel González Prada, Celso Bambarén, and Manuel Vicente Villarán. In Bolivia too positivism had influential defenders from the 1870s through the 1890s, notably a circle of writers, *Círculo Literario*, in whose journal works by Charles Darwin, Luis Dumont, Ernst H.P.A. Haeckel and other naturalists appeared in translation.

With all this intellectual and progressive enthusiasm in the air, hopes of imminent general improvement ran high, but "positive" results were slow in coming if at all. The expectations of economic advancement and civic improvement did not materialize as advertised. To compound matters, the devastation caused by the Great War in Europe badly compromised social faith in the products of science. Positivism waned accordingly in Latin America, replaced in the 1920s by more radical social thought, especially Marxism, as well as approaches distrustful of naturalist reasoning (Bergsonian spiritualism, phenomenology, and later on existentialism). Metaphysics unbridled by standard logic became dominant in many university circles.

Interest in science remained latent however. Reactions to excessively "high philosophy" began to form in the 1940s, helped by the arrival of thinkers from Europe, for example Juan D. García Bacca in the cases of Ecuador, Mexico and Venezuela; Hans Lindemann in Argentina, and Gilles-Gaston Granger in Brazil. Along the way came a revival of interest in logic, science-friendly epistemology, and the study of conceptual structures. Thanks to these developments, when philosophy of science became a professional field late in the late 1940s, Latin America had some scientists and philosophers ready and willing to

fully join their counterparts in Europe and North America. Since those early days, seventy years or so ago now, a number of philosophers of science based in Latin America, often in uncooperative environments, have nonetheless managed to produce work of the highest international standards (something not so clearly apparent in the developing world in other branches of international philosophy).

2. Mexico, Central America, and the Caribbean

Philosophy of science has a robust presence at *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM), a major institution at the forefront of intellectual life in the country and the Spanish-speaking world. The discipline gained strength in the 1960s and early 1970s, through the efforts of prominent faculty, especially Fernando Salmerón (1925–1997), Luis Villoro (1922–2014), and Alejandro Rossi (1932–2009), who encouraged rigor and clarity in philosophy and provided scholarship support to enable students to do post-graduate work in Europe, the United Kingdom, and the United States. Together they founded the journal *Crítica* in 1967, a choice venue for philosophy in Latin America and Spain. An influential work by Salmerón, *La Filosofía de las Matemáticas*, came out the following year. Major international seminars and meetings became a regular feature at UNAM's Institute for Philosophical Investigations (*Instituto de Investigaciones Filosóficas* – IIF), which in the 1970s and 1980s hosted some now legendary seminars and short courses led by world-class figures. One of these international seminars focused on the history and philosophy of science, started by Argentinian-born philosopher and polymath Mario Bunge. IIF became the host of many a spirited philosophical debate, those between Bunge and Guatemalan-born analytic philosopher Héctor-Neri Castañeda (1924–1991) being among the most gaudily remembered. With Bunge's help, in 1976 an epistemology forum was established—*Asociación Mexicana de Epistemología*.

The structuralist approach came to Mexico in a big way with Carlos Ulises Moulines, who moved to IIF from Munich in the mid-1970s. Born in Venezuela, he studied in Europe, first under Jesús Mosterín in Barcelona and then under Wolfgang Stegmüller in Munich. His early focus was on the rise of the logical empiricist approach, particularly the projects of logical reconstruction of the empirical world variously advocated by Bertrand Russell, Rudolf Carnap, and Nelson Goodman, investigations which Moulines developed into his first monograph, *La Estructura del Mundo Sensible* (1973). He took an interest in integrating some of Stegmüller's original contributions into earlier structuralist work by Patrick Suppes in the United States and Gunther Ludwig in

Germany, an effort displayed by some of his articles from this period (notably Moulines 1975 and 1976). Responding to the historical turn in philosophy of science, Moulines, like Joseph Sneed in the United States and Stegmüller in Germany, focused on the issue of theory change. He devoted much of his research during the 1970s and 1980s to the dynamics of theories, applying the resources of diachronic structuralist reconstruction and Kuhnian analysis (in terms of disciplinary matrices) to the development of Newtonian mechanics and equilibrium thermodynamics. The resulting investigations found expression in book form in *Exploraciones Metacientíficas* (1982). Moulines became an important intellectual force at IIF, where he stayed for over a decade, engaged in cutting-edge research that made him a leading figure in the international structuralist movement. In Moulines' view, scientific theories are cultural constructs of philosophical interest. He regards philosophy of science as a discipline whose epistemology is primarily interpretive rather than prescriptive or descriptive—a theorization about theorizations. A good proportion of the philosophy of science conducted at IIF during his tenure was directly helped by him. A relevant point for present purposes is that his work in Mexico during these years reached the highest levels within the worldwide structuralist movement. In 1984 Moulines left the country, first for Bielefeld University, then to Berlin, and finally to the Center for Mathematical Philosophy at Ludwig-Maximilians University, Munich, where he became Stegmüller's successor and is now a Professor Emeritus. Many of his subsequent publications have a lasting impact in Latin America, notably *An Architectonic for Science: The Structuralist Program* (with W. Balzer and J.D. Sneed; Balzer et al. 1987), along numerous papers (including Moulines 2000, 2006, 2010).

Research seminars at IIF have continued to develop and strengthen since the 1980s, beginning with a series of international symposia of philosophy started by Enrique Villanueva, a venture of impressive scale that brought together world-class figures from many parts of Latin America, the United States, Britain, and Europe. The high-quality interactions these venues generated proved remarkably fruitful as starting points of much subsequent research activity in Mexico and elsewhere in the subcontinent. This period was also marked by institutional investment in specialized research libraries and the reinforcement of publishing programs at UNAM and other institutions in Mexico. Scholarships programs helped researchers and students to spend periods at major international centers. At IIF philosophical research reached a level of support never seen before in Latin America. At this point Mario Otero (Uruguay) formally joined IIF, to considerable

effect to studies in the philosophical history of science. Significant papers and monographs began to flow regularly from seminars on general philosophy of science, the philosophy of physics, and the philosophy of biology.

Activity in the field also became more diverse at IIF in the 1980s. One major area focused on the limits of scientific knowledge, represented by Luis Villoro, whose critique of scientism in *Creer, Saber, Conocer (Belief, Wisdom, Learning)*, published in 1982, advocates a revaluation of “wisdom” (characterized as knowledge drawn from lived experiences), which in Villoro’s view is richly found in the “wise men” of traditional cultures; in this book he explores how human reason has operated throughout history and the extent to which it has led to situations of domination and/or emancipation from subjection.

On the topic of value issues in science, technology and society, Leon Olivé’s book *Knowledge, Society and Reality* (1993) has enjoyed favorable reception, as have other contributions by him focusing on realism, relativism, rationality, and naturalism. A member of IIF since 1985 and its director for many years, Olivé worked on an interdisciplinary project at Oxford for his doctoral dissertation (*The Significance of Epistemological and Ontological Preconceptions in three Sociological Theories of the State*). His recent publications include the book *La Ciencia y la Tecnología en la Sociedad del Conocimiento* (2007).

Also at IIF is Sergio Martínez, a Guatemalan thinker based in Mexico since the 1990s. He completed a doctorate with Linda Wessels at Indiana University on the philosophy of quantum mechanics, a field in which he has some major international papers, especially on the Luders Rule (1990, 1991). At the turn of the century he broadened his interests toward how explanatory patterns play a role in the formation and stabilization of scientific disciplines. His recent publications include *De los Efectos a las Causas* (1997), and *Geografía de las Prácticas Científicas: Racionalidad, Heurística y Normatividad* (2003), plus numerous articles (e.g., Martínez 2013 and 2014). The philosophical history of science continues alive at IIF, as shown by valuable work produced there in recent years. Laura Benítez, in particular, has published extensively on early science (e.g., Benítez 2000) and with José A. Robles the book *Espacio e Infinito en la Perspectiva de la Modernidad* (2000). Ana-Rosa Pérez Ransanz has a book much discussed in the Spanish-speaking world, *Kuhn y el cambio científico* (1999), as well as numerous papers (e.g., 1996, 2000); more recently she and Olimpia Lombardi have published *Los múltiples mundos de la ciencia: Un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física* (Lombardi and Pérez Ransanz 2012). Also at IIF, Carlos López Beltrán works on the philosophy of biology, chiefly the impact of evolutionary studies;

he is the author of *El Sesgo Hereditario: Ambitos Históricos del Concepto de Herencia Biológica* (2005a) and *La Ciencia como Cultura* (2005b).

IIF runs a leading postgraduate program in philosophy of science in Latin America. Among the research lines most actively pursued are investigations on conceptual change, the semantic view, the debate over realism, and social-philosophical studies of science. Research in the field is also conducted at other UNAM units. For more than two decades Lourdes Valdivia has worked on the interface between neurobiology and the philosophy of mind. Atocha Aliseda focuses on scientific reasoning; among her recent publications are Aliseda 2003 and the monograph, *Abductive Reasoning: Logical Investigations into Discovery and Explanation* (2006). Claudia L. García studies the interface between cognitive studies and the philosophy of science (see, e.g., García 2010).

Centers of significant activity outside UNAM include Mexico City's Metropolitan University, *Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa*, where Godfrey Guillaumin is an active researcher on topics in the philosophical history of science. He is the author of *El surgimiento de la noción de evidencia: Un estudio de epistemología histórica sobre la idea de evidencia científica* (2005). More broadly, Mexico has continued to attract significant figures from the wider world. For many years these included Larry (affiliated with IDIF) and Rachel Laudan. Also in residence for two terms a year and affiliated with Universidad Panamericana, Mexico D.F., is Evandro Agazzi, whose recent publications include *Scientific Objectivity and its Contexts*, published in 2014.

Interest in philosophy of science is also strong beyond the discipline, notably in science education, where the need to expand and improve teaching has led to including applications from the history and philosophy of science to both teacher education and the junior and senior science curricula (see, e.g., Ana Barahona, José Antonio Chamizo et al., 2014).

South of the border too, philosophy of science shows signs of growth. In Guatemala, the curriculum for careers in science and engineering commonly comprises one core course in philosophy of science. A philosophy venue, *Congreso Centroamericano de Filosofía*, regularly meets in the region (its most recent gathering was held in San José, Costa Rica, in 2014). In the Caribbean, Puerto Rico became a major stronghold in the field during the years that Roberto Torretti spent at the Rio Piedras Campus of *Universidad de Puerto Rico*, where he led a fruitful career until his retirement in 1995. During most of this period he was the editor of *Diálogos*, one of the leading philosophy journals in Latin America. In Puerto Rico he became an internationally recognized

authority in the philosophy of 19th century mathematical physics and the philosophical history of the theory of relativity, subjects on which he remains a world-class figure. Torretti's contributions are discussed in Section 4. In Puerto Rico the discipline experienced a loss when he left, but the field endures, notably in work on the history of philosophy of science by Guillermo Rosado Haddock, the author of numerous publications (including Rosado Haddock 2008). Also, at the Humacao Campus, Carlos Rojas Osorio—who wrote his doctoral dissertation on the problem of causality in Bunge's philosophy—teaches regular courses along the lines of Rojas (2001).

In Cuba, ideological fervor dominated philosophical interest in logic and science at public centers in the 1960s. Particularly influential in this regard were various blends of dialectical materialism and local attempts to integrate theory and practice in the specific context of the Cuban Revolution, a trend exemplified by *Pensamiento Crítico*, a journal published between 1967 to 1971. As freer approaches broke through in the 1970s, the Cuban Academy of Science promoted the study of the social history of science. Also at the Academy, investigations less burdened by ideological constraints grew in the 1980s at *Centro de Estudios de Historia y Organización de la Ciencia*, a center for science studies, where some of the activities focused on the debates between the philosophies of Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, and Paul Feyerabend, a topic then much discussed in Anglo-American and West-European circles. This line of local interest is reflected in e.g., "Indagaciones científicas acerca de las revoluciones Científicas", by J. Núñez and Alonso (1985). International visits and improved communications with the wider world expanded the field. Cuban colleagues began to have a regular presence at international meetings, notably the World Congress of Logic, Methodology, and Philosophy of Science held in Moscow in 1987. A visit by Mario Bunge in the early 1990s stirred interest in his naturalist approach to materialist philosophy and his defense of a strong version of scientific realism. Another influential visit, by León Olivé (UNAM), included a comprehensive series on the interface between the philosophy and sociology of knowledge. International seminars prospered. Academic exchanges, especially with Spanish universities, have proved long-lasting and fruitful. Philosophy of science remains strongly tilted towards the history, sociology and political economy of science, branches of science studies presently enjoying expansion in Cuba, particularly at the University of Havana, where a master's program in science, technology and society studies opened in 1997, followed by the creation of chairs in such interdisciplinary fields as bioethics and complex systems at various universities in the country.

For a panoramic view of the field in Cuba over the last half century see e.g., Núñez, Alonso and Ramírez (2015).

3. Brazil

An influential textbook by Gilles-Gaston Granger, *Lógica e Filosofia das Ciências*—first published in 1955—is acknowledged as the first introduction to the field in Portuguese. A disciple of Gaston Bachelard, Granger taught at the University of São Paulo (USP) from 1947 to 1953 and was a major force in the development of philosophy of science in Brazil. His work favored a historically-oriented approach hospitable to the Anglo-Saxon analytic style. Back in Europe he associated himself with various philosophical and social projects; in 1986 he was elected to the Chair of Comparative Epistemology at the *Collège de France*. The research projects Granger started in Brazil continued to prosper after his tenure, especially thanks to the efforts of Oswaldo Porchat.

In 1966 a military coup led to government action to eradicate academics suspected of leftist sympathies, seriously disrupting many fields, including philosophy of science. Nevertheless, faculty groups were soon able to restore activity. In 1970, at USP João Paulo Monteiro managed to start *Ciência e Filosofia*, a journal dedicated to logic and philosophy of science from a plurality of perspectives. Revitalization of the discipline continued throughout the decade with timely research projects, often carried out in conjunction with international visits and courses, notably ones organized by Porchat, first at USP and after 1975 at State University of Campinas (UNICAMP), where he headed a new unit, *Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência* (CLE), whose members included Zeljko Loparic and other distinguished scholars. In 1977 CLE launched the prestigious journal *Manuscrito*, supplemented in 1980 by *Cadernos de Filosofia e História da Ciência*, and in 1987 by a book series (*Coleção*). CLE quickly became a symbol of hope for philosophers and historians of science, as well as logicians (CLE is involved in the articulation of “Paraconsistent Logic”, a field Newton C. da Costa began to develop in the late 1950s and early 1960s when he was working at Federal University of Paraná). Da Costa is one of the most charismatic and energetic thinkers in Latin America, a world-class figure in mathematics, logic and philosophy of science, with a widely recognized reputation for original works on non-classical logics, the axiomatization of scientific theories, and structuralist philosophy of science, orientations that continue active in Brazil, with such figures as Itala Loffredo D’Ottaviano and Walter Carnielli.

In philosophy of science CLE supports significant research on the character and structure of modern science, its concepts and theories –

conducted from a variety of perspectives, including investigations into science teaching and the uses of philosophy of science in education. Critical dialogue has been fostered through seminars, distinguished international visits, research funding, faculty and student exchanges, interdisciplinary studies, and the publication of monographs and papers by Brazilian authors as well as translations of major works into Portuguese. Post-graduate studies and postdoctoral fellowships in logic and philosophy of science are thriving accordingly at UNICAMP. One scheme developed by CLE to attract promising faculty recently graduated from institutions worldwide produced excellent results. In the 1980s Michel Ghins and Harvey Brown energized analytic activity on space-time physics. Steven French did likewise in advancing the model-theoretic approach and the metaphysics of quantum mechanics at Campinas. With the help of these and other recruits, philosophy of physics, mathematics, and formal approaches to the philosophy of science thrived. At Campinas, French and da Costa started a long-lasting collaboration that has proved remarkably fertile, resulting in influential contributions to the current debates on the metaphysics of quantum mechanics, structuralism and the semantic approach to theories, as well as a fresher way of looking at the concept of truth ("pragmatic truth" and "partial truth"). These collaborations led to numerous papers (Da Costa and French 1989, 1990, 1991, 1993), and in 2003 also a book they coauthored, *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning* (French and Da Costa 2003), which has received international acclaim for the light it casts on philosophical logic, structuralism, and current debates about realism. Brown and French made Brazil their country, and it is easy to imagine how different the geography of the philosophy of physics and mathematics might have turned out, had circumstances in Brazil been a little kinder to academic life in the 1980s. Together with da Costa, the international recruits and the local talents they began to nurture would have probably turned CLE and USP (where Otávio Bueno had worked with da Costa) into top centers for philosophy of science in the world. Destiny dictated otherwise, however; Ghins left to a professorship at Louvain-la-Neuve, Belgium; Brown moved to a distinguished career at Oxford, where he is now professor of the philosophy of physics; and French went to the United States and then back to England, where he is now professor of philosophy of science at the University of Leeds and Editor-in-Chief of *The British Journal for the Philosophy of Science*. Brown and French have each served terms as presidents of the prestigious British Society for the Philosophy of Science. Happily all these international old members maintain productive ties with Brazilian groups. CLE has continued to prosper over the last two decades.

Philosophical activity has also grown in Brazil at many other institutions. USP has a body of permanent faculty engaged in teaching and research in the history and philosophy of science; the group initially comprised Newton C. da Costa and Jair M. Abe, until they moved to the Federal University of Santa Catarina in Florianópolis, and the Universidade Paulista in São Paulo, respectively. Current faculty includes Osvaldo Pessoa Jr., among whose recent work is a textbook for science teachers, *Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais* (with Olival Freire Jr. and Joan Lisa Bromberg; Bromberg et al. 2011), along with several technical papers (e.g., Pessoa 2011). Another active researcher is Pablo Mariconda (see his 2011). Also participating at São Paulo are Walter Bezerra and Caetano Plastino.

Philosophy of science is expanding nationwide. One case already mentioned is the Federal University of Santa Catarina in Florianópolis, which runs an influential and prolific unit in philosophy of science. In addition to da Costa, it has Décio Krause, a rising philosopher in the world stage. Educated at São Paulo University and with postdoctoral periods in Italy (Florence) and England (Leeds and Oxford), over the last decade. Krause's works on structuralism, the foundations of quantum mechanics, and philosophical logic have gained global recognition, especially his publications on formal philosophical approaches to the metaphysics and epistemology of scientific theories. He is chiefly interested in the notions of "individuality" in quantum mechanical systems, "particle" in quantum field theories, and "entities without identity". In his doctoral research Krause began a critique, now very advanced, of received ontological approaches in quantum ontology that appeal admit indiscernible but not identical individuals, leading Krause to develop an alternative mathematical basis, "quasi-set theory", a work of growing interest to metaphysicians, naturalists, and students of formal methods in philosophy. Krause's ongoing collaborations with Steven French have led to a jointly written book, recognized worldwide as a major contribution, *Identity in Physics: a Historical, Philosophical, and Formal Analysis* (French and Krause 2006). Krause has also authored and coauthored more than 100 papers, including French and Krause (1999), Krause and Magalhães (2001), Krause (2003), Arenhart and Krause (2014a,b), all increasingly influential, putting him along such figures as Mario Bunge (Argentina), Newton da Costa (Brazil), Roberto Torretti (Chile and Puerto Rico) and Ulises Moulines (Mexico), whose works demonstrate that doing world-class philosophy from bases in Latin America is possible.

Other centers in Brazil are also very active. In Rio de Janeiro, the Federal University has a graduate program in epistemology and the

history of science that includes a program of visiting faculty (past guests include Harvey Brown, Steven French, Michel Ghins, Ulises Moulines, Gilles-Gaston Granger, among numerous others). Also active in the field is the State University of Rio de Janeiro, with a well-established graduate program, among whose members is Antonio Videira, who holds a doctorate in philosophy from Paris-7 and focuses on applications of philosophy and history to science teaching (see, e.g., Videira 2006, and Mendonça and Videira 2011). At the University of Brasília there is a lively center in general philosophy of science, where Paulo Abrantes (who earned a doctorate from Paris-Sorbonne) works on "Compatibilism", trying to coordinate the view we have of ourselves with common sense and the current scientific image. Abrantes regards human beings as complex systems whose behavior is caused by mental states, while also attributing mental states to other people and "making sense" of the information they gather, which makes them also "interpreters" (see Abrantes 2011). At Minas Gerais, the Federal University runs a master's and doctorate programs in philosophy of science; one faculty member is Patricia Kauark-Leite, who works on the interface between Kant's philosophy and contemporary philosophy of physics (Kauark-Leite 2010). Other centers where interest in epistemology and the philosophy of science is on the increase are the universities of Paraná and Rio Grande do Sul.

Based at Instituto de Física, Federal University of Bahia, San Salvador, Olival Freire, Jr. is the author of numerous works in the philosophy of physics. His recent contributions include *The Quantum Dissidents: Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950–1990)*, published in 2015. In this book Freire, a former president of the Brazilian Society for the History of Science, traces the passionate foundational controversies that accompanied the ripening of quantum physics during the second half of the 20th century.

The pedagogical uses of the history and philosophy of science is a field well developed in Brazil (see, e.g., Brzezinski et al., 2014). At Bahia, philosophy of science began to build bridges with the sciences and education since the time Granger taught in the country, the successive influences enduring, often integrated into a richer contemporary dialog. For example, the study of Bachelard's philosophy has a presence in a group led by Elyana Barbosa. Links with French colleagues continue, notably with Michel Pati (Paris-7). This trend continues. In recent times, a group of innovative scholars, including Olival Freire, André Luís Mattédi Dias and Robinson Tenório have developed a master's program in history, philosophy and science teaching, which is run jointly by the Federal University of Bahia and the State University of Feira de Santana.

These are only some of the institutions and researchers in the country. The vigor and promise of philosophy of science in Brazil are evidenced by the growth of its activities and their international presence. The strength of the field in the country can be appreciated, for example, in the essays contained in *Brazilian Studies in Philosophy and History of Science* (Krause & Videira 2011). Brazilian philosophers play a leading role in a regional association of growing consequence in the sub-continent (*Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur*), which organizes well-attended biannual meetings.

4. Andean Countries

As with the previous regions, the field developed a presence in the Andean countries in the early days of professional philosophy of science.

4.1 Venezuela

A critic of Francisco Franco, Juan David García Bacca (1901–1992) was forced to emigrate from his native Spain in the late 1930s; first to Ecuador and Mexico, then in 1946 to Caracas, Venezuela, where he led a productive career at the Faculty of Letters and Philosophy, Central University (*Universidad Central de Venezuela*, UCV). In the mid-1930s, after completing a doctoral dissertation on the logico-genetic structure of the physical sciences, García Bacca had joined the Vienna Circle. In Latin America he became a prolific writer, his works including *Teoría de la relatividad* (1941), *La física* (1962), *Historia filosófica de la ciencia* (1963), *Teoría y metateoría de la ciencia*, Vol. I (1977) and Vol II (1984). In Caracas he remained a major force until his retirement in 1971. In the 1970s and 1980s, Andrés Kalnay led a small group interested in the foundations of quantum mechanics, first at UCV's School of Physics and then at Venezuela's leading center for scientific research, *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*. Presently UCV runs a master's program in logic and philosophy of science coordinated by Franklin Galindo.

4.2 Colombia

Philosophy in Colombia has long-enduring ties with Continental European schools, but analytic philosophy of science has not been absent. Already in the 1950s Mario Laserna (1923–2013) at *Universidad de los Andes* (Uniandes), Bogotá, promoted the study of logic and the scientific philosophy of Hans Reichenbach. Subsequently, local groups, helped by international visitors, have played a consistent role in the country, notably Gonzalo Munévar, a Colombian philosopher of science now based in the United States who visits regularly.

Interest in the discipline is growing, especially through the efforts of faculty recently returned with doctorates from centers abroad (Moreno 2010). An instance in point is Andres Páez (who earned a Ph.D. from the CUNY Graduate Center), now at Uniandes and works on explanation as a belief revision operation; his book *Explanations in K* (2006) has received good international reception, especially in Germany; other works by him include Páez 2009, 2013 and 2014. He currently leads PHILOGICA, a research group focused on logic, epistemology and philosophy of science, based in Bogotá at Uniandes and *Universidad del Rosario*. PHILOGICA organizes short international courses (among its recent visitors are Susan Haack, Arnold Koslow, and Larry Laudan, among others), also a well-attended congress that meets every other year. At *Universidad del Rosario* Carlos Alberto Cardona works on the history of philosophy of science, especially the first half of the 20th century (see, e.g., Cardona, 2010a,b). Activity is also growing at other centers in Bogotá. At *Universidad Nacional de Colombia*, Fernando Zalamea does philosophy of mathematics; he is the author of *Filosofía sintética de las matemáticas contemporáneas* (2009). At *Universidad Jorge Tadeo Lozano*, Favio Cala works on the philosophy of spacetime. In other cities, *Universidad del Valle* (Cali) – seemingly the first institution in Colombia to open a faculty position specifically for philosophy of science – maintains an lively program of doctoral and master's studies in the field, led by Germán Guerrero Pino, who works on interpretations of probability and the philosophy of physics; the papers collected in Guerrero Pino 2010 are representative of recent activities by this group.

In neighboring Ecuador, visits by the Spanish philosopher Juan D. García Bacca to Ecuador in the late 1930s and early 1940s encouraged the study of contemporary trends, notably analytic philosophy and the analysis of scientific proposals. Presently, the Catholic University in Quito (*Pontificia Universidad Católica del Ecuador*) offers a first degree in philosophy that stresses the importance of developing a critical stance based in part on innovations contributed by science and scientific thinking.

4.3 Peru

Activity in Peru started early in the 1950s, as attested by gatherings organized at *Universidad Nacional Mayor de San Marcos* (UNMSM, established in 1551, thus the oldest continuously operating university in the Americas) and *Sociedad Peruana de Filosofía*, both in Lima. Broad interest is also reflected in articles published in the 1950s and 1960s in the weekly literary supplement of "*El Comercio*" by Oscar Miró-Quesada, Francisco Miró-Quesada, and other intellectuals interested in logic, science and mathematics.

Francisco Miró-Quesada, the country's leading philosopher, is one of the pioneers in the development of modern philosophical logic and science studies in Latin America, where he has indefatigably encouraged hope in the power of human reason. Miró-Quesada taught at UNMSM for more than two decades, and then at *Universidad Cayetano Heredia* (UPCH) and other centers in the country. He also headed institutes for philosophical research, first at *Universidad de Lima*, and subsequently at *Universidad Ricardo Palma*. Miró-Quesada is the author of numerous works in the area of philosophy of science, including a book in the philosophy of mathematics, *Filosofía de las Matemáticas* (1954). He has also been a champion of research in logic in the region (it was Miró-Quesada who suggested to name Newton da Costa's approach "paraconsistent logic", which he helped to promote). Miró-Quesada's most heartfelt project focuses on the study of human reason, regarded as the capacity to reach truth, broadly understood, as outlined in his preliminary book *Apuntes para una teoría de la razón* (1962), followed in 2013 by *Esquema de una teoría de la razón*, in which Miró-Quesada discusses the pursuit of rational validity in logic, science, metaphysics, and ethical theory.

In the early 1970s, young faculty trained in Europe and the United States expanded and updated the philosophical study of science in the country, particularly at UNMSM. Timely contributions were made, especially by Luis Piscoya (philosophy of psychology and general philosophy of science), Juan Abugattas (philosophy of science), Julio-Cesar Sanz-Elguera (philosophy of science), and David Sobrevilla (philosophy of the social sciences). Ever since, at San Marcos, Luís Piscoya has been working on the interface between philosophy of science and education; he is the author of *Investigación científica y educacional: un enfoque epistemológico* (1995), and numerous papers (e.g., Piscoya 1993). In the late 1970s, an innovative program in philosophy opened at UPCH, one of the leading research universities in the sub-continent. Under Francisco Miró-Quesada, numerous international workshops, seminars and courses took place in Lima as part of this venture. From the late 1980s on, activity at UPCH continued through a program named "Scientific Thought", headed by Alberto Cordero, with the collaboration of Sandro D'Onofrio and other faculty. As the century came to a close, philosophy of science regained strength at UNMSM, where a post-graduate program in the discipline opened in the early 1990s under Julio Sanz. This program was subsequently led for many years by Oscar Augusto García Zárate, who now presides a research center for analytic philosophy (*Centro de Estudios de Filosofía Analítica – CESFIA*) and also directs the journal *Analítica*; his scholarly works include García Zárate 2001 and 2007. At UNMSM activity in the field has growing support

among young faculty, particularly David Villena (who also teaches at Universidad Antonio Ruiz de Montoya, also in Lima).

Interest in the discipline is also rising at other centers, notably Peru's main Catholic University (*Pontificia Universidad Católica del Perú*—PUCP). Although long associated with the study of phenomenology and existentialism, PUCP's institutional focus has expanded in recent years, thanks in part to the incorporation of faculty with degrees from English-speaking universities, who are encouraging analytically oriented work at PUCP. Chief among these is Pablo Quintanilla, who has a Ph.D. in philosophy from the University of Virginia and a M.A. from King's College, London. Quintanilla's main interests lie in naturalism and the philosophy of mind and language, also in the history of ideas in Latin America; on the first two areas his recent publications include Quintanilla 2006, 2011, and 2013. He heads *Mente y Lenguaje*, a unit for the naturalistic study of mind and language that hosts regular meetings and short international courses. In philosophy of science, selected papers from seminars and workshops organized by this group are collected in the volume *Cognición Social y Lenguaje* (Quintanilla 2014). Also at PUCP, Sandro D'Onofrio (Ph.D. SUNY, Buffalo) specializes in medieval philosophy, with a concentration in medieval and early modern science; in addition, he leads an interdisciplinary group focused on applications of philosophy of science to jurisprudence and real-life legal issues.

4.4 Chile

In the 1960s, Gerold Stahl, Nathan Stemmer and Augusto Pescador (1910–1987) made logic a major field in Chile. Later in the decade, Roberto Torretti published a seminal book, *Manuel Kant: Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica* (1967, still in print). Torretti had studied in Chile and Germany (where he completed a doctorate with Wilhelm Szilasi at the University of Freiburg in 1954). After brief periods at the United Nations in New York and elsewhere, Torretti returned to Santiago, where he became a professor of philosophy at *Universidad de Chile* until his move to Puerto Rico in 1970. His subsequent work on Kant led him to wider research on the philosophical history of science, a field that had a growing audience, especially in Santiago. However, life in Chile became increasingly challenging as the decade progressed. In 1970 Torretti left for Puerto Rico, where—as mentioned in Section 2—his philosophical work continued to develop, especially on 19th-century geometry and the theory of relativity. In 1973 a ruthless military dictatorship took over the government. It was a difficult time for academia; Chile's leading journal, *Revista de Filosofía*, ceased publication and remained dormant until 1977. Although the institutional environment suffered greatly

at most centers, quality research continued in logic, as evidenced by internationally acclaimed contributions during the period by Rolando Chuaqui and others.

Based virtually always in Latin American centers (Chile and Puerto Rico), Torretti is an icon of rigor and philosophical sense, the author of world-class level contributions, his writings celebrated for his insightful commentaries and educated perspectives on the rational development of ideas, especially in Galileo, Newton, Leibniz, Kant, 19th century mathematics, Helmholtz, Poincaré, and Einstein. Torretti's major publications on these subjects have a secure place on the reading lists of leading seminars in philosophy of science anywhere, in particular *Philosophy of Geometry from Riemann to Poincaré* (1978), *Relativity and Geometry* (1985), *Creative Understanding: Philosophical Reflections on Physics* (1990), and *The Philosophy of Physics* (1999), each an authoritative work in the philosophy and the philosophical history of science.

In 2001 Torretti became a professor emeritus at Rio Piedras, returning to Chile where he again became a pivotal figure in the advancement of the discipline, teaching for a few years at *Universidad de Chile* and at *Universidad Diego Portales*. His subsequent production has remained strong, notably the volumes *Estudios filosóficos: 1986–2006* (Torretti 2007a), *De Eudoxo a Newton: Modelos matemáticos en la filosofía natural* (2007b), *Crítica filosófica y progreso científico: Cuatro ejemplos* (2008a), *Estudios filosóficos:* (2010a, 2013, 2014). His recent articles include Torretti 2004, 2007c, 2008b,c, and an illuminating paper “Resuestas a mis críticos” (2010b). An extended interview (with Eduardo Carrasco), published in 2006, brings to memory the *joie de vivre* that prevailed in some parts of South America until well into the 1960s, a way of life at once charmed and serious – marked by optimism about the possibilities of science, literature, art, philosophy, music, the classics, and the political future of the region. In this piece Torretti reveals himself as a practical philosopher endowed with a refined sense of irony. In his youth he had shown literary talent – he wrote some short stories with Carlos Fuentes when they were schoolmates at The Grange School – a gracious extension of England’s Cheltenham College in Santiago. In 2011 Torretti received the highest award in the humanities in Chile, *Premio Nacional de Humanidades y Ciencias Sociales*.

The teaching of philosophy of science has expanded in Chile in recent years. *Universidad de Santiago de Chile* (USACH) offers a master's degree in philosophy of science, headed by Wilfredo Quezada (Ph.D, King's College, London), who also runs a study group on causality. He specializes in logic and the philosophy of mathematics; in the latter field his publications include Quezada 2005a,b, among other works. Also at

Usach, Davide Vecchi (Ph.D., London School of Economics) specializes in the philosophy of the biological and social sciences; his works include Vecchi 2011 and 2012, among other publications. Recently retired from *Universidad Diego Portales*, Juan Manuel Garrido, who holds a doctorate in philosophy from Marc Bloch University, Strasbourg, is interested in areas at the interface between philosophy and biology; he is the author of *On Time, Being, and Hunger: Challenging the Traditional Way of Thinking Life* (2012). Also in the capital city there is a center for the interdisciplinary philosophical study of complex systems, *Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad*, established in 2007. It is an autonomous center that promotes philosophical research on complex systems, biology and the social sciences, currently led by Pablo Razeto, who works on the philosophy of statistical mechanics, quantum cognition, and modeling in the social sciences; his recent publications include Razeto 2012.

Universidad de Chile (Santiago), the largest and oldest institution of higher education in the country, does not have a formal program in philosophy of science, but the discipline is represented in its regular curriculum; faculty in the field includes Alejandro Ramírez, author of *La transformación de la epistemología contemporánea: De la unidad a la dispersión* (2009). Valparaiso University runs a master's program, Wilfredo Quezada (also at Santiago University) and Carlos Verdugo. Among the latter's publications is Verdugo 2009. Concepcion University has a group interested in the interface between philosophy of biology and philosophy of language. One its most active members is Julio Torres, whose papers include Torres 2011. Francisco Varela, a Chilean philosopher who worked in France but maintained strong ties with academic circles in the country is the author of a book on the phenomenon of life that has had impact in the region, *El Fenómeno de la Vida* (2000).

Started by Quezada and Renato Lewin, each year Chile holds a research gathering, *Jornadas*, in memory of the outstanding Chilean philosopher Rolando Chuaqui (1935–1994), who began as a medical doctor and then moved to scientific methodology and philosophical logic, especially the latter. Additionally, in 2012 the seventh gathering of the increasingly active *Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur* (South Cone Association for the History and Philosophy of Science) met in Santiago, with Wilfredo Quezada as President.

5. Argentina and Uruguay

The arrival of Hans Lindemann in the 1940s marked a turning point in analytic philosophy in Argentina, where his discussions of the philosophy of Bertrand Russell and the Vienna Circle (he had studied

under Moritz Schlick and been a member of the Circle) encouraged further activity, in particular research seminars and courses by Julio Rey Pastor (1888–1962), Mario Bunge, and Gregorio Klimovsky (1922–2009). Throughout the 1950s, the Buenos Aires area enjoyed a decade of optimism about the academic and cultural possibilities of philosophy of science and its applications. Several centers prospered, particularly two that opened in 1952. In one, *Instituto Libre de Estudios Superiores*, Klimovsky and Rolando García (1919–2012) discussed the “logical empiricist” approach and gave courses that presented the new philosophy systematically to wider audiences. The other center was *Círculo Filosófico*, led by Bunge, where his book *Causalidad* and other works of the period took shape, their central materials presented in lectures and discussions. Bunge and Klimovsky managed to secure chairs at *Universidad de Buenos Aires* (UBA) in philosophy of science and logic, respectively. In the mid-1950s, their research and courses turned the university into a world-class place in the field. Bunge’s administrative and cultural efforts during this period put a strong emphasis on making professional philosophical activity possible in Argentina. A new association for logic and scientific philosophy, *Agrupación Rioplatense de Lógica y Filosofía Científica*, opened in 1956, aimed at drawing together thinkers from Argentina and Uruguay who wanted to study philosophy in the rational and rigorous style of the new approach, with Bunge, Klimovsky, Jorge Bosch, Gino Germani (1911–1979), and Rolando García among its members. A consistent group began to form, resulting in such achievements as *Cuadernos de Epistemología*, a series that gave the whole of Latin America and Spain access to key works in the field translated into Spanish.

In *Causalidad*, Bunge focused on the empiricist conception of causality and its shortcomings, blaming the empiricist outlook for having created unnecessary confusion and pessimism in philosophy. In this work Bunge distinguishes causal determination from other forms of determination (structural, teleological, dialectical, and statistical), telling apart three different senses in which the term “causality” enters scientific discourse—as a law stating that same causes produce same effects, as a relation between cause and effect, and as a principle stating that everything has a cause. The book came out in 1959, gaining considerable international reception, especially the realist conception it articulates. *Causality* also marks a turning point: philosophy books one may call “classics” were now coming out of Latin America and finding a place in mainstream reading lists in the English-speaking world and Europe. A citizen of the world, perhaps the most universalist of philosophers in the subcontinent, Bunge is nonetheless very South

American (it is hard to imagine him growing up anywhere else but in cosmopolitan Argentina).

Bunge has always been a socially engaged intellectual, a trend already present in his efforts as founder and secretary general of a college for workers, *Universidad Obrera Argentina*, from 1938 until 1943. He has remained a spirited spokesman for the need to maintain in Latin America cultural and educational institutions capable of promoting the practice of philosophy by minds free from ideological pressure, financial oppression, and political or governmental control. First in Argentina and then elsewhere, Bunge has been at "war" against, as he puts it, the kind of uncritical understanding of philosophy he found prevailing at the Faculty of Philosophy and Letters when he joined in the 1950s, laboring to inspire in his students and collaborators a lasting sense of professional rigor. The series he launched, *Cuadernos de Epistemología*, had a substantial impact on scientists, philosophers and the educated public in the Spanish-speaking world. Bunge's production during these years was remarkable; apart from *Causality*, other works of consequence are Bunge (1959b, 1960, 1961a,b,c, 1962). Unfortunately, these accomplishments were not achieved without friction with colleagues and groups sympathetic to alternative ideas Bunge could not respect. In addition, the country's political and economic conditions were deteriorating. Early in the 1960s, internal fractions within the Argentine army began to make civic life increasingly difficult. Bunge left the country in 1963, first to the United States (where the Vietnam War and other political developments made him uncomfortable), then moving in 1966 to McGill University, Montreal, where he remains to this day.

Few thinkers associated with analytic philosophy strive to produce a comprehensive philosophical system. Bunge is one of them, a thinker trying to integrate ontology, metaphysics, epistemology, semantics, psychology, and science coherently and fruitfully. Thus far Bunge's publications make more than fifty books and hundreds of philosophical and scientific articles, mostly in English and Spanish, his principal works translated into German, Italian, Russian, French, Hungarian, and Portuguese, among other languages. His works of greatest impact in mainstream philosophy of science are arguably *Causality* (1959a), *The Myth of Simplicity* (1963), and *Foundations of Physics* (1967). Bunge's search for a naturalist vision worth having was given systematic expression in his *Treatise on Basic Philosophy* (an eight-volume work published between 1974 and 1989). Other influential publications by Bunge include *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge* (2003), *Chasing Reality: Strife over Realism* (2006), and

Medical Philosophy: Conceptual Issues in Medicine (2013), as well as his much awaited autobiography “Memorias entre Dos Mundos” (2014), to mention a fraction of his abundant production.

Forcefully in his oral presentations and seminars, Bunge gives particular attention to the evaluation of the arguments at hand, championing the use of logic as an expediter of clarity of thought. He is renowned for his scathing critiques of positions that demean reason, the search for truth, and the universality of science, scientific naturalism, as well as positions that fail to respect human beings as individuals. Bunge enthusiastically endorses the way in which the Enlightenment tried to disseminate conceptual and moral tools to revise and improve human thought and life in general. Bunge’s works steadily emphasize the idea that science can lead (and has often led) to what he regards as the only sensible foundation for social and political action: relevant knowledge of the world. Importantly, early on in Latin America Bunge played the role of a much needed exemplar, a leading thinker who in the 1960s became a “possibility proof” that philosophers working in the sub-continent could, despite the often bizarre difficulties academics face, stand up and join the philosophical conversation at the highest levels. No Latin American philosopher had achieved anything comparable before in cosmopolitan philosophy.

Losing Bunge was a major blow, one of many as the decade unfolded. When the military intervened the universities in 1966, many of the most talented minds in science and the humanities fled the country. Klimovsky remained, however, and his presence helped keep the discipline active during this difficult period, first at UBA and then at Belgrano University from the late 1970s until his death. Philosophy of science did not stop in Argentina, young talent continuing to arise, notably Alberto Coffa (1935–1984), at *Universidad de la Plata* until he too left for the United States. The surrounding turmoil was a negative factor, yet a remarkable period of expansion began at the end of the decade, marked by the foundation of the *Sociedad Argentina de Análisis Filosófico* (SADAF), a model institution supported by its own members, in which fellows and invited international guests meet around topics of philosophical interest, including many of central importance in philosophy of science. A major journal saw the light in Buenos Aires in 1975: *Revista Latinoamericana de Filosofía*, followed in 1981 by another important periodical, *Análisis Filosófico*.

Activity in philosophy of science has grown in the country since then. Significant projects are discernible. At UBA Olimpia Lombardi heads *Grupo de Filosofía*, an active unit within the Faculty of Exact and Natural Sciences. With degrees in engineering, physics and philosophy,

Lombardi has managed to form a group that has achieved a considerable international presence. She is the author of numerous publications, including Lombardi (2005, 2010, 2012). She is also coauthor of various collaborative interdisciplinary works, e.g., with Mario Castagnino (2005, 2007, 2008, 2009); with Newton Da Costa (2014); and with Sebastián Fortin (2014). Her books include: *Introduction to the Modal-Hamiltonian Interpretation of Quantum Mechanics* (with Sebastián Fortin, Juan S. Ardenghi and Mario Castagnino; 2010), and *Los Múltiples Mundos de la Ciencia* (with Ana Rosa Pérez Ransanz, 2012). Research in the field is also pursued at the Faculty of Letters and Philosophy by Nélida Gentile, who has recently published *La Tesis de la Incommensurabilidad: A 50 años de la Estructura de las Revoluciones Científicas* (2013). At the faculty's Institute for Philosophical Research is Eleonora B. Cresto, active primarily in epistemology but who works also on topics of the philosophy of science, especially biology. She is back in Buenos Aires from Columbia University, where she completed a Ph.D. in philosophy with Isaac Levi; her recent works include Cresto (2011). Also at UBA is Hernán Miguel, who specializes in applications of philosophy of science in secondary school physics (see, e.g., Miguel 2015, in Other Internet Resources).

In the greater Buenos Aires area, at *Universidad Nacional de Tres de Febrero*, César Lorenzano has a long and distinguished career in the field; one of his most widely read publications is Lorenzano (1980). At *Universidad Nacional de Quilmes*, Pablo Lorenzano and Christian C. Carman lead a lively history and philosophy of science program. Pablo Lorenzano, who has a doctorate from the Free University of Berlin, specializes in structuralist metatheory and the history and philosophy of formal Mendelian genetics, as well as general science studies. His book *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik* (1995) and an ensuing paper written with Wolfgang Balzer (Balzer and Lorenzano 2000) have been well received in Latin America, as has also Lorenzano (2011, 2013), as well recent papers with José A. Díez (e.g. 2013 and 2015). Carman works on scientific realism and ancient astronomy; among his recent publications are Carman (2005 and 2009). Also in the Buenos Aires area, the late Eduardo H. Flichman, who had studied under Klimovsky, taught for many years at *Universidad Nacional de General Sarmiento* (also at UBA), working on causation and counterfactuals (see, e.g., Flichman 1995).

At *Universidad Nacional de La Plata*, a philosophy of science program continues a tradition of activity in the discipline. Further south is Jorge Roetti (*Universidad Nacional del Sur*); although mostly known for his work in philosophical logic, he also has contributions to the philosophical history of science and the philosophy of the social

sciences (see, e.g., Roetti 1999, 2004, and 2006). Juan Manuel Torres is a recognized researcher in the philosophy of medicine and the history and philosophy of genetics and biology, the author of numerous papers (including Torres 1996, 1999a,b, 2000, 2009).

The field also shows growth in other regions, judging by the amount of teaching and research projects in place at various centers. In Cordoba, in particular, annual meetings devoted to epistemology and the history of science (*Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*) have been held now for twenty years under the direction of Víctor Rodríguez, with substantial impact in Latin America. On wider sections of society, influence is especially apparent in science education (see, e.g., Irene Arriassecq and Alcira Rivarosa, 2014).

In neighboring Uruguay, meanwhile, the study of history and philosophy of science has gained strength in recent decades. A key development was the return of Mario Otero (1929–2013), who early in his career had taught epistemology and chaired the department of philosophy of science at Uruguay University. Back after many years at UBA and Mexico's UNAM, Otero has remained one of the forces behind much philosophical activity in the region, particularly some successful history and philosophy of science encounters organized jointly by several Latin American institutions. Highly appreciated in the entire subcontinent is a regular series of colloquia, *Coloquios de Historia y Filosofía de la Ciencia* hosted by *Universidad de la Repùblica*, Uruguay; the last meeting, held in 2014, focused on conceptual change and theory choice.

6. Concluding Remarks

The developments reported in this entry provide only a rough picture of the state of philosophy of science in Latin America. One relevant lesson of the preceding sections is that, despite endemic obstacles to academic careers, contrary to what the circumstances might have led one to expect, a number of thinkers, working from bases in the subcontinent, have managed to produce work of the highest international level in philosophy of science. No comparable development seems quite like it in other branches of standard philosophy in Latin America, or for that matter the developing world, except perhaps in the field of logic. As explained in the previous sections, the works developed by – to mention some clear cases – Bunge in Argentina, da Costa in Brazil, Torretti in Chile and Puerto Rico, Moulines in Mexico, and most recently Krause in Brazil show that it is possible in practice to fully actualize the dialogical aspirations of philosophy from centers in Latin America. These and other thinkers have engaged worldwide

in real and fruitful dialogue with leading members of the discipline, transcending limitations imposed by “borders”, background traditions and picturesque restrictions. Explaining this phenomenon is difficult, as numerous factors suggest themselves. One obvious component, already mentioned in the Introduction, is the hope many Latin Americans have about modern science and learning, a trend fortified by the centrality of science to contemporary life. Another factor is the comparative clarity, precision, and translatability, of writing in mainstream philosophy of science. A related aspect has to do with the initial concentration of philosophers of science on highly international themes from physics and mathematics, which facilitated communication and dialogue across linguistic and cultural barriers. Another factor, also noted in the Introduction, may be that philosophy of science arose in Latin America right at the start of the professional discipline in the late 1940s. Last, but not least, of course, is the considerable talent of many of the individuals involved.

The technical quality of the best works produced in the region has steadily improved in recent decades. Studies in the philosophical history of science remain high in some groups while a growing number of history-oriented colleagues are moving closer to the interface with the sociology and political philosophy of science. Sneed's and Stegmuller's structuralist approaches remain influential in Latin America, but seemingly less so than in the 1970s and 1980s, with many of the most active structuralist groups now working within perspectives closer to recent British varieties of the approach. At the same time, other projects have been gaining strength, for example research on the antirealist moves started in the 1980s in different but complementary ways by Bas van Fraassen and Larry Laudan (presently living in Mexico, as noted). On the opposite camp, there is a revival of interest in moderate realist positions – such selectivist approaches as those championed in recent decades by Mario Bunge, Ronald Giere, Philip Kitcher, Jarrett Leplin, and Stathis Psillos, among others.

On the professional side, in many countries of the region philosophers of science now have access to funding for research, workshops and international exchanges, particularly in Mexico, Brazil, Colombia, Chile and Argentina. Another crucial recent improvement throughout Latin America is access to electronic libraries, especially top periodicals. Exchange visits within the Spanish and Portuguese-speaking worlds are increasingly frequent and vibrant. Unfortunately, this is less widely so between Anglo-American and Latin American groups, despite the existence of considerable room for fruitful and mutually beneficial interaction.

Arguably, among the most persistent problems in the region is the comparative hardship of academic careers, a difficulty unlikely to improve until universities and research centers provide appropriate stability and salaries, as well as research facilities on a regular, long-term basis. In the view of many Latin American colleagues, having access to proper university positions, earned on the basis of clear academic merit, adequately funded and not conditioned to “political” interference from central administrations, would be the most promising line of solution to these and other lingering problems.

Bibliography

- Abrantes, Paulo, 2011, “Human Evolution: Compatibilist Approaches”, in Krause & Videira 2011: 171–183.
- Agazzi, Evandro, 2014, *Scientific Objectivity and its Contexts*, Heidelberg & New York: Springer.
- Aliseda, Atocha, 2003, “Mathematical Reasoning vs. Abductive Reasoning: A Structural Approach”, in C. Alvarez and M. Panza (eds.), *Special Issue on Logic and Mathematical Reasoning, Synthese*, 134: 25–44.
- _____, 2006, *Abductive Reasoning. Logical Investigations into Discovery and Explanation*, Dordrecht: Springer.
- Arenhart, Jonas R.B. and Décio Krause, 2014a, “Why Non-individuality? A Discussion on Individuality, Identity, and Cardinality in the Quantum Context”, *Erkenntnis*, 79: 1–18.
- _____, 2014b, “Separability and Non-Individuality: Is It Possible to Conciliate (At Least A Form Of) Einstein’s Realism with Quantum Mechanics?” *Foundations of Physics*, 44: 1269–2014.
- Arriassecq, Irene and Alcira Rivarosa, 2014, “Science Teaching and Research in Argentina: The Contribution of History and Philosophy of Science”, in Matthews 2014: 2301–2328.
- Balzer, Wolfgang, C.U. Moulines, and J.D. Sneed, 1987, *An Architectonic for Science: The Structuralist Program*, Dordrecht: Reidel.
- Balzer, Wolfgang and Pablo Lorenzano, 2000, “The Logical Structure of Classical Genetics”, *Journal for General Philosophy of Science*, 31: 243–266.
- Barahona, Ana, José Antonio Chamizo et al., 2014, “The History and Philosophy of Science and their Relationship to the Teaching of Sciences in Mexico”, in Matthews 2014: 2247–2269.
- Benítez, Laura, 2000, “Los lunarios en la perspectiva de la filosofía natural de Carlos de Sigüenza y Góngora”, in *Libro de Homenaje*, México, D.F: IIH-UNAM (2000).
- Benítez, Laura and José A. Robles, 2000, *Espacio e Infinito en la Perspectiva de la Modernidad*, México DF: Edic. Cruz.

- Bromberg, Joan Lisa, Olival Freire Jr., and Osvaldo Pessoa Jr., 2011, *Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais*, São Paulo: EDUEPB.
- Brzezinski Prestes, Maria Elice, Cibelle Celestino Silva, and Roberto De Andrade Martins, 2014, "History and Philosophy of Science in Science Education, in Brazil", in Matthews 2014: 2271–2300.
- Bueno, Otávio, Steven French, Don Howard, Bas van Fraassen, 2010, "The physics and metaphysics of identity and individuality", *Metascience*, 19: 1–30.
- Bunge, Mario, 1959a, *Causality. The place of the causal principle in modern science*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- _____, 1959b, *Metascientific queries*, Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher.
- _____, 1960, "The place of induction in science", *Philosophy of Science*, 27: 262–270.
- _____, 1961a, "The complexity of simplicity", *Journal of Philosophy*, 59: 113–135.
- _____, 1961b, "Kinds and criteria of scientific law", *Philosophy of Science*, 28: 260–281.
- _____, 1961c, "The weight of simplicity in the construction and assaying of scientific theories", *Philosophy of Science*, 28: 260–281.
- _____, 1962, *Intuition and science*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- _____, 1963, *The myth of simplicity. Problems of scientific philosophy*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- _____, 1967, *Foundations of Physics*, New York: Springer-Verlag.
- _____, 1974–1989, *Treatise on Basic Philosophy, 8 volumes*, Dordrecht: Reidel.
- _____, 2003, *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*, Toronto: University of Toronto Press.
- _____, 2006, *Chasing Reality: Strife over Realism*, Toronto: University of Toronto Press.
- _____, 2013, *Medical Philosophy: Conceptual Issues in Medicine*, London: World Scientific Publishing Company.
- _____, 2014, *Memorias entre Dos Mundos*, Buenos Aires: Gedisa.
- Cardona Suárez, Carlos Alberto, 2010a, "La constitución de objetos físicos en el *Aufbau*: Quine contra Carnap", *Critica*, 42: 51–76.
- _____, 2010b, "Carnap y Husserl: a propósito de la constitución de la experiencia", *Dianoia*, 55: 153–173.
- Carman, Christian C., 2005, "Realismo Científico se dice de muchas maneras, al menos de 1111: Una elucidación del término 'Realismo Científico'", *Scientiae Studia*, 3: 43–64.

- _____, 2009, "Rounding numbers: Ptolemy's Calculation of the Earth-Sun Distance", *Archive for History of Exact Sciences*, 63: 205–242.
- Castagnino, Mario and Olimpia Lombardi, 2005, "Self-induced decoherence and the classical limit of quantum mechanics", *Philosophy of Science*, 72: 764–776.
- _____, 2007, "Non-integrability and mixing in quantum systems: on the way to quantum chaos", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 38: 482–513.
- _____, 2009), "The global non-entropic arrow of time: from global geometrical asymmetry to local energy flow", *Synthese*, 169: 1–25.
- Comte, Auguste, 1851, *Système de Politique Positive, Ou, Traité de Sociologie Instituant La Religion de L'Humanité*, Paris: La Librairie Scientifique e Industrielle de L. Mathias. [[Comte 1851 available online](#)]
- Cresto, Eleonora, 2008, "In Search of the Best Explanation about the Nature of the Gene: Avery on Pneumococcal Transformation." *Studies in History and Philosophy of Science, Part C* (39): 65–79.
- _____, 2011, "How DNA became an important molecule. Controversies at the origins of molecular biology". In O. Nudler (ed.) *Controversy Spaces*. Amsterdam, John Benjamin Publishing Company: 135–162.
- Da Costa, Newton C. and Steven French, 1989, "Pragmatic Truth and the Logic of Induction", *British Journal for the Philosophy of Science*, 40: 333–56.
- _____, 1990, "The Model-Theoretic Approach in the Philosophy of Science", *Philosophy of Science*, 57: 248–65.
- _____, 1991, "On Russell's Principle of Induction", *Synthese*, 86: 285–295.
- _____, 1993, "A Model Theoretic Approach to 'Natural Reasoning'", *International Studies in Philosophy of Science*, 7: 177–90.
- Da Costa, Newton and Olimpia Lombardi, 2014, "Quantum mechanics: ontology without individuals", *Foundations of Physics*, 44: 1246–1257.
- Díez, José; and Lorenzano, Pablo, 2013, "Who Got What Wrong? Sober and F&PP on Darwin: Guiding Principles and Explanatory Models in Natural Selection". *Erkenntnis* (78): 1143–1175.
- _____, 2015, "Are Natural Selection Explanatory Models A Priori?" *Biology & Philosophy* (30): 787–809.
- Estany, Anna and Sergio Martínez, 2013a, "'Scaffolding' and 'affordance' as integrative concepts in the Cognitive Sciences", *Philosophical Psychology*, 27: 98–111.
- Flichman, Eduardo H., 1995, "Hard and Soft Accidental Uniformities", *Philosophy of Science*, 62: 31–43.
- Fortin, Sebastián and Olimpia Lombardi, 2014, "Partial traces in decoherence and in interpretation: What do reduced states refer to?" *Foundations of Physics*, 44: 426–446.

- Freire, Olival, Jr., 2015, *The Quantum Dissidents: Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950–1990)*, Berlin and Heidelberg: Springer.
- French, Steven and Décio Krause, 1999, "The Logic of Quanta", in T.Y. Cao (ed.), *Conceptual Foundations of Quantum Field Theory*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 324–342.
- _____, 2006, *Identity in Physics: a Historical, Philosophical, and Formal Analysis*, Oxford: Oxford University Press.
- French, Steven and Newton da Costa, 2003, *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*, (Oxford Studies in Philosophy of Science), Oxford University Press.
- Frondizi, Risieri, 1943, "Contemporary Argentine Philosophy", *Philosophy and Phenomenological Research*, 4: 180–186.
- García Bacca, Juan D, 1941, *Filosofía de las ciencias. Teoría de la relatividad*, México: Editorial Séneca (Colección Árbol).
- _____, 1962, *Filosofía de las ciencias. La física*, Caracas: Instituto Pedagógico, 1962
- _____, 1963, *Historia filosófica de la ciencia*, México: Universidad Autónoma de México, 1963
- _____, 1977, *Teoría y metateoría de la ciencia. Curso sistemático. Vol. I: Teoría de la ciencia*, Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1977.
- _____, 1984, *Teoría y metateoría de la ciencia. Vol. II*, Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1984.
- García, Claudia L., 2010, "Functional Homology and Functional Variation in Evolutionary Cognitive Science", *Biological Theory*, 5: 124–135. [[preprint available online](#)]
- García Zárate, Oscar Augusto, 2001, "Positivismo lógico, ¿Filosofía Analítica?", *Letras*, 2001: 101–102, Lima: UNMSM.
- _____, 2007, "Ciencia y filosofía", *Cultura*, 21: 305–323, Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Garrido, Juan Manuel, 2012, *On Time, Being, and Hunger: Challenging the Traditional Way of Thinking Life*, New York: Fordham University Press.
- Gentile, Nélida, 2013, *La Tesis de la Incommensurabilidad: A 50 años de la Estructura de las Revoluciones Científicas*, Buenos Aires: Editorial Eudeba.
- Granger, Gilles-Gaston, 1955, *Lógica e Filosofia das Ciências*, Edições Melhoramentos.
- Guerrero Pino, Germán (compilador), 2010, *Einstein: científico y filósofo*, Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Guillaumin, Godfrey, 2005, *El surgimiento de la noción de evidencia. Un estudio de epistemología histórica sobre la idea de evidencia científica*, Mexico, D.F.: UNAM.
- Krause, Décio, 2003, "Quantum Vagueness", *Erkenntnis*, 59: 97–2003.

- Krause, Décio and J.C.M. Magalhães, 2001, "Suppes predicate for genetics and natural selection", *Journal of Theoretical Biology*, 209: 141–153.
- Krause, Décio and Antonio Videira (eds), 2011, *Brazilian Studies in Philosophy and History of Science* (Boston Studies in the Philosophy of Science 290). Dordrecht: Springer.
- Kauark-Leite, Patricia, 2010, "Transcendental Philosophy and Quantum Physics", *Manuscrito*, 33: 243–267.
- Lombardi, Olimpia, 2005, "Dretske, Shannon's theory and the interpretation of information", *Synthese*, 144: 23–39.
- _____, 2010, "The central role of the Hamiltonian in quantum mechanics: decoherence and interpretation", *Manuscrito, Revista Internacional de Filosofía*, 33: 307–349.
- _____, 2012, "Prigogine and the many voices of nature", *Foundations of Chemistry*, 3: 205–219.
- Lombardi, Olimpia and Mario Castagnino, 2008, "A modal-Hamiltonian interpretation of quantum mechanics", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 39: 380–443.
- Lombardi, Olimpia, Sebastián Fortin, Juan Sebastián Ardenghi, and Mario Castagnino, 2010, *Introduction to the Modal-Hamiltonian Interpretation of Quantum Mechanics*, New York: Nova Science Publishers Inc.
- Lombardi Olimpia and Ana-Rosa Pérez Ransanz, 2012, *Los múltiples mundos de la ciencia: Un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física*, México D.F.: UNAM y Siglo XXI Editores.
- López Beltrán, Carlos, 2005a, *El Sesgo Hereditario: Ambitos Históricos del Concepto de Herencia Biológica*, México, D.F.: UNAM.
- _____, 2005b, *La Ciencia como Cultura*, México, D.F: Paidós.
- Lorenzano, César, 1980, "Dos Racionalismos Críticos: Claude Bernard y Karl Popper", *Teoría* (México), 1: 223–245.
- Lorenzano, Pablo, 1995, *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*, Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.
- _____, 2011, "What Would Have Happened if Darwin Had Known Mendel's Work?", *History and Philosophy of the Life Sciences*, 33: 3–48.
- _____, 2013, "The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe's Criticisms", *Studies in History and Philosophy of Science* (44): 600–607.
- Matthews, Michael R. (ed.), 2014, *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer
- Mariconda, Pablo, 2011, "Galileo and Modern Science", in Krause & Videira 2011: 57–69.
- Martínez, Sergio, 1990, "A Search for the Physical Content of Luders Rule", *Synthese*, 82: 97–125.

- _____, 1991, "Luders Rule as a Description of Individual State Transformations", *Philosophy of Science*, 58: 359-376.
- _____, 1997, *De los Efectos a las Causas*, México D.F.: Paidós
- _____, 2003, *Geografía de las Prácticas Científicas: Racionalidad, Heurística y Normatividad*, México D.F.: UNAM.
- _____, 2013, "The scientific undercurrents of philosophical naturalism", in José Ignacio Galparsoro and Alberto Cordero (eds.), *Reflections on Naturalism*, Amsterdam: Sense publishers: 105-128.
- _____, 2014, "Technological Scaffolds for Culture and Cognition," in *Developing Scaffolds in Evolution, Culture and Cognition*, L. Caporael, J. Griesemer, and W. Wimsatt (eds.), Cambridge, MA: MIT Press, pp. 249-264
- Mendonça, André L. de O. and Antonio Videira, 2011, "Contextualizing the Contexts of Discovery and Justification: How to do Science Studies in Brazil", in Krause & Videira, 2011: 233-243.
- Miró-Quesada C., Francisco, 1954, *Filosofía de las Matemáticas*, Lima: UNMSM.
- _____, 1962, *Apuntes para una teoría de la razón*, Lima: UNMSM.
- _____, 2013, *Esquema de una teoría de la razón*, Lima: Universidad Ricardo Palmaem.
- Moreno, Juan C., 2010, "Philosophy of Science in Colombia. Historic Development", *Praxis Filosófica*, Nueva serie, No. 31: 159-167.
- Moulines, C. Ulises, 1973, *La Estructura del Mundo Sensible*, Barcelona: Ariel.
- _____, 1975, "A Logical Reconstruction of simple Equilibrium Thermodynamics", *Erkenntnis*, 9: 101-130.
- _____, 1976, "Approximate Application of Empirical Theories", *Erkenntnis*, 10: 201-227.
- _____, 1982, *Exploraciones Metacientíficas*, Madrid, Spain: Alianza Editorial.
- _____, 2000, "Is There Genuinely Scientific Progress?" in A. Jonkisz and Leon Koj (eds.), *On Comparing and Evaluating Scientific Theories*, Amsterdam: Rodopi, pp. 173-197.
- _____, 2006, "Ontology, reduction, emergence: A general frame", *Synthese*, 151: 313-323.
- _____, 2010, "The crystallization of Clausius's phenomenological thermodynamics", in *Time, Chance and Reduction*, G. Ernst et al. (eds), Cambridge: Cambridge University Press: 139-158.
- Nachman, Robert G., 1977, "Positivism, Modernization, and the Middle Class in Brazil", *The Hispanic American Historical Review*, 57: 1-23.
- Núñez, Jorge and Lourdes Alonso, 1985, "Indagaciones científicas acerca de las revoluciones Científicas", *Filosofía y Ciencia, La Habana, Ciencias Sociales*, pp. 152-180.

- Núñez, Jorge, Lourdes Alonso, and Grisel Ramírez, 2015, "La Filosofía de la Ciencia entre Nosotros: Evolución, Institucionalización y Circulación de Conocimientos en Cuba", in *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 10: 147–158.
- Olivé, Leon, 1993, *Knowledge, Society and Reality*, Amsterdam: Rodopi.
- _____, 2007, *La Ciencia y la Tecnología en la Sociedad del Conocimiento*, México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Páez, Andrés, 2006, *Explanations in K*, Oberhausen: Athena Verlag
- _____, 2009, "Artificial Explanations: The Epistemological Interpretation of Explanation in AI", *Synthese*, 170: 131–146.
- _____, 2013, "Probability-Lowering Causes and the Connotations of Causation", *Ideas y Valores*, 151: 43–55.
- _____, 2014, "La prueba testimonial y la epistemología del testimonio", *Isonomía*, 40: 95–118.
- Pérez Ransanz, Ana Rosa, 1996, "Evolución de la idea de incommensurabilidad", *Arbor*, 611: 51–75.
- , 1999, *Kuhn y el cambio científico*, Colección Filosofía, México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- _____, 2000, "La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico", in *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*; A. Ibarra y T. Mormann (eds.), Barcelona: Ariel, pp. 107–116.
- Pessoa, Osvaldo Jr., 2011, "The Causal Strength of Scientific Advances", in Krause & Videira, 2011, 223–231.
- Piscoya,, 1993, *Metapedagogía: un análisis de las denominadas ciencias de la educación*, Lima: Ediciones Episteme.
- _____, 1995, *Investigación científica y educacional: un enfoque epistemológico*, Lima: Amaru Editores.
- _____, 2009, *Tópicos en Epistemología*, 2^a edición, Lima: Eds. Universidad Inca Garcilaso de la Vega
- Quezada, Wilfredo, 2005a, "Fictionalismo Matemático y si-entonicismo russeliano: ¿Dos caras de la misma Moneda?", *Revista de Filosofía* (Madrid), 29: 73–97.
- _____, 2005b, "¿Quién revisa, cómo se revisa y qué hace posible revisar la matemática?" *Signos Filosóficos*, 13: 107–114.
- Quintanilla, Pablo, 2006, "La recepción del positivismo en Latinoamérica", *Logos Latinoamericano*, 1(6); Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- _____, 2011, "The evolution of agency", in Jorge Martínez Contreras y Aura Ponce de León (eds.), *Darwin's Evolving Legacy*, México, D.F.: Siglo XXI editores y Universidad Veracruzana, pp. 444–457.
- _____, 2013, "Naturalism and the Mind: The Final Questions", in José Ignacio Galparsoro and Alberto Cordero (eds), *Reflections on Naturalism*, Amsterdam: Sense Publisher, pp. 33–43.

- _____, (ed.), 2014, *Cognición Social y Lenguaje*, Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Ramírez, Alejandro, 2009, *La transformación de la epistemología contemporánea. De la unidad a la dispersión*, Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Razeto, Pablo, 2012, "Autopoiesis 40 years later. A review and a reformulation", *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 42: 543–567.
- Roetti, Jorge A., 1999, "¿Es posible un 'fundacionalismo' contemporáneo? (Defensa de un racionalismo mí nim o)", *Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires*, 1999: 459–469.
- _____, 2004, "Is normative economics possible?", *Energeia*, 2004, Buenos Aires, 63–79.
- _____, 2006, "La ciencia en Kant y en la actualidad: algunas consecuencias filosóficas", *Escritos de Filosofía* (Buenos Aires), XXIV: 259–285.
- Rojas Osorio, Carlos, 2001, *Invitación a la Filosofía de la Ciencia*, Humacao: Universidad de Puerto Rico.
- Rosado Haddock, Guillermo E., 2008, *The Young Carnap's Unknown Master: Husserl's Influence on Der Raum and Der logische Aufbau der Welt*, Hampshire, UK: Ashgate Publishing Ltd.
- Torres, Juan Manuel, 1996, "Competing research programmes on the origin of life", *Journal for General Philosophy of Science*, 27: 325–346.
- _____, 1999a, "On the falsification of the Central Dogma and the de novo synthesis of molecular species. A methodological analysis", *Philosophia Naturalis*, 36: 1–18.
- _____, 1999b, "Test genético, medicina génica y la evolución del concepto de salud", in S. Bergel y J.M. Cantú (eds.), *Bioética y Genética*, Ciudad Argentina, pp. 365–394.
- _____, 2000, "The effect of the hypothetical-deductive methodology on the molecular biology", *Cuadernos del Sur*, 29: 77–96.
- _____, 2009, "The puzzling role of philosophy in life sciences: Bases for a joint program for philosophy and history of science", in S. Rahman, J. Symons et al. (eds.), *Logic, Epistemology and the Unity of Science*, Vol. 1: 213–228. Dordrecht: Springer.
- Torres, Julio, 2011, "Esencialismo, valores epistémicos y conceptos de especie", *Theoria*, 26: 129–272.
- Torretti, Roberto, 1967, *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*, Santiago: Ediciones de la Universidad de Chile, 1967.
- _____, 1983, *Relativity and Geometry*, Oxford: Pergamon Press, 1983.
- _____, 1978, *Philosophy of Geometry from Riemann to Poincaré*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Co. Corrected reprint, 1984.
- _____, 1985, *Relativity and Geometry*, Oxford: Pergamon Press. Corrected reprint. New York: Dover, 1996.

- _____, 1990, *Creative Understanding: Philosophical Reflections on Physics*, Chicago: The University of Chicago Press.
- _____, 1999, *The Philosophy of Physics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- _____, 2004, "Geometry in the 19th Century", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2004 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2004/entries/geometry-19th/>>.
- _____, 2007a, *Estudios filosóficos: 1986–2006*, Santiago de Chile: Universidad Diego Portales.
- _____, 2007b, *De Eudoxo a Newton: Modelos matemáticos en la filosofía natural*, Santiago de Chile: Universidad Diego Portales.
- _____, 2007c, "Getting rid of the Ether: Could Physics have achieved it sooner, with better assistance from Philosophy?" *Theoria*, 60: 353–374.
- _____, 2008a, *Crítica filosófica y progreso científico: Cuatro ejemplos*, 2008). Santiago de Chile: Universidad Diego Portales.
- _____, 2008b, "Nuevos ensayos de filosofía de la biología", *Revista de Filosofía* (Chile), LXIV: 215–229, 2008).
- _____, 2008c, "Objectivity: A Kantian Perspective", in Michela Massimi (ed.), *Kant and Philosophy of Science Today*, Royal Institute of Philosophy Supplement 63, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 81–94.
- _____, 2010a, *Estudios filosóficos: 2007–2009*, Santiago de Chile: Universidad Diego Portales.
- _____, 2010b, "Respuestas a mis críticos", *Teorema*, XXIX: 147–151.
- _____, (2013): *Estudios Filosóficos 2010-2011*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Diego Portales.
- _____, (2014): *Estudios Filosóficos 2011-2014*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Diego Portales.
- Torretti, Roberto and Eduardo Carrasco, 2006, *En el cielo sólo las estrellas: Conversaciones con Roberto Torretti*, Santiago de Chile: Ediciones Universidad Diego Portales.
- Varela, Francisco, 2000, *El Fenómeno de la Vida*, Santiago de Chile: Dolmen.
- Vecchi, Davide, 2011, "Taking Biology Seriously: Neo-Darwinism and Its Many Challenges in 'Evolution'", in Martin Brinkworth & Friedel Weinert (eds), *Implications of Darwinism in Philosophy and the Social and Natural Sciences*, Heidelberg: Springer, 225–248.
- _____, 2012, "The Trouble with Natural Genetic Engineering", *Biological Theory*, 7: 80–88.
- Verdugo, Carlos, 2009, "Popper's Thesis of the Unity of Scientific Method: Method versus Techniques", in Z. Parusnikova & R.S. Cohen (eds), *Rethinking Popper*, Boston: Springer, Boston Studies in the Phil. Sc., (Vol. 272: 155–160.

- Videira, Antonio, 2006, "Boltzmann, física teórica e representação", *Revista Brasilera de Ensino de Física*, 28: 269–280.
- Villoro, Luis, 1982, *Creer, Saber, Conocer*, Mexico, D.F.: Siglo XXI.
- Zalamea, Fernando, 2009, *Filosofía sintética de las matemáticas contemporáneas*, Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Zea, Leopoldo, 1943–44, *El Positivismo en México*, Vol. 1 (1943), Vol. 2 (1944), Mexico, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

EXPLICATING STRUCTURAL REALISM IN THE FRAMEWORK OF THE STRUCTURALIST METATHEORY

Thomas Meier

Munich Center for Mathematical Philosophy
Ludwig-Maximilians-Universität München
meier060782@googlemail.com
München

ABSTRACT

A form of structural realism affirms that, when our theories change, what is always retained is their structural content and that there is structural continuity between our theories, even through radical theory change. I first introduce and discuss structural realism, with a focus on structural realism and theory change. Then, I will consider some critiques on structural realism. In order to address them, I introduce the framework of the so-called structuralist meta-theory and allude to the notion of reduction, arguing that this notion provides the formal elucidation of the notion of structural continuity. This aims to get a precise notion of continuity of structure, which is central to structural realism and to the understanding of theory change. In this sense, I propose a new way of formulating structural realism in an appropriate formal framework, namely, the framework of structuralist meta-theory.

Keywords: structural realism - theory change - structural continuity - structuralist meta-theory - reduction

1. Introduction

During the last decades, there have been several developments concerning a formulation of mainly two views within the debate on structural realism, so-called epistemic and ontic structural realism. The former affirms that all our knowledge is structural, but we remain ignorant with respect to the properties of the entities that are part of these structures¹. Ontic structural realism asserts that all that exists is structure. Following this view, objects only fill places in structures and

¹ This position can be traced back to Poincaré (1905), Russell (1912), Carnap (1928) and Worrall (1989). Though the distinction between epistemic and ontic structural realism has been introduced later, Worrall is usually seen as an adherent of epistemic structural realism.

This might be somehow misleading, since Worrall never argues that what we can know is the structure of the world, but what persists through theory change, are certain mathematical structures.

do not exist independently at a fundamental level. The ontologically basic entities are structures².

This work concentrates on a contribution to the development of the epistemic form of structural realism. In this work, I examine the central features of Worrall's 1989 original proposal of structural realism from the perspective of structuralist meta-theory and argue that the former can be formulated in a novel way if we apply notions of the latter. I will argue that, by adopting the formal framework of structuralist meta-theory³, there is a way to formulate a new formal approach to structural realism, in particular to its epistemic formulation of it.

Since this work mainly concerns the issue of theory change and the persistence of structures through such a change, it is the epistemic version of structural realism which is addressed. I will further argue that the debate on ontic structural realism can be addressed independently of epistemic structural realism, and has its own problems that don't arise for epistemic structural realists.

To address some critiques of structural realism the framework of structuralist meta-theory provides us with a developed methodology and the adequate formal tools for the logical reconstruction of empirical theories. The structuralist concept of reduction will play a central role here. In the last years, much has been said about the appropriate framework for structural realism. Especially in Landry and Rickles (2012), an abundant discussion concerning a framework for structural realism is presented. Other frameworks might work as well for this purpose, such as the Partial Structures Approach (henceforth PSA)⁴, but I will explore the possibilities of structuralist meta-theory and defend them. I think one can be pluralistic up to some point within this context. What is needed is a formal framework that serves to explicate structural realism. We need a combination of a philosophical vision and such a formal framework, in order to do so. A Ramsey-view alone is not sufficient to explain structural continuity in a satisfying way. I will come back to this later. With respect to the choice of such a framework, I remain pluralistic, since for the purpose of modeling structural con-

2 See Ladyman (1998) and French and Ladyman (2003) for the detailed outline of ontic structural realism. For a more recent and detailed work on this view, see also Ladyman and Ross (2007).

3 This view is mainly associated with the works of Joseph D. Sneed (1971) and Wolfgang Stegmüller (1976 et al.). A detailed exposition of the formal framework of this approach is Balzer, Moulines, Sneed (1987). There is no full consensus on the name of this approach. It is often called structuralist program in the philosophy of science, or sometimes Sneed-Stegmüller Structuralism, Structuralist Meta-Theory or Metatheoretical Structuralism. I will adopt the name structuralist meta-theory here.

4 See Da Costa et al. 2003 for a detailed outline of this approach. Also Bueno 1999, 2000, 2008 and 2009 discuss scientific change within the approach of PSA.

tinuity, differences are only marginal. Both structuralist meta-theory and PSA belong to the family of semantic conceptions of theories.

Many structuralist reconstructions of empirical theories out of different disciplines (like physics, chemistry, biology, economics, psychology, linguistics) have been worked out during the past decades⁵. A core part of logical reconstructions in the sense of structuralist meta-theory is to demonstrate precisely which parts of the reconstructed theories under issue are connected to other theories, that is, to represent intertheoretical relations. I will claim that, whenever there is a structural continuity between two theories, structuralist meta-theory provides the adequate formal tools to show precisely how such a structural continuity looks like, namely, by explaining this continuity applying notions from the formal framework of structuralist meta-theory (like the notion of reduction, and possibly others) to it. However, as I already mentioned above, this does not imply that the framework of PSA is not suitable for the same purpose. In this sense, what Worrall originally meant by his appeal to the continuity of structure can be formulated in a more precise way. In this sense, this work is a programmatic proposal for how to approach structural realism within the debate on theory change. It is a proposal for the epistemic version of structural realism, concentrated on making precise sense of the notion of structural continuity, not restricting to equations or Ramsey-sentences.

2. On epistemic and ontic structural realism

Worrall's structural realism is introduced in the context of making use of both worlds, i.e. he aims to incorporate both, the No-Miracle-Argument (NMA), which goes back to Smart (1963, 1979), Putnam (1975) and Boyd (1983), and the Pessimistic-Meta-Induction (PMI), which goes back to Laudan (1981), and to offer in consequence a new proposal to scientific realism, namely, structural realism. As is well known, NMA can be formulated as follows: Our empirical theories are successful. If our empirical theories are successful and our empirical theories are false, then it is a miracle that our empirical theories are successful. But it is not a miracle that our empirical theories are successful. Therefore, our empirical theories are true. PMI, on the other hand, relies on the history of science. Following this argument, it is likely that our present theories are false, given the huge amount of theories we once held true, and that later on turned out to be false.

Let us turn the discussion now to the distinction between OSR and ESR. I argue that OSR can be criticized independently of ESR. The adherents of OSR argue that at the fundamental ontological level, there

⁵ See Diederich, et.al. (1989, 1994) for an overview of structuralist reconstructions.

are no objects, but structures. Probably the main objection to this view is that there can be no relations without relata, in other words ‘one cannot intelligibly subscribe to the reality of relations unless one is also committed to the fact that some things are related’ (Chakravartty 1998: 399). So if it is only relations that there are, it can’t be without having relata as a necessary constitutive part of the relations. However, some adherents of OSR offer the following answer to this problem:

The best sense that can be made of the idea of a relation without relata is the idea of a universal. For example, when we refer to the relation referred to by ‘larger than’, it is because we have an interest in its formal properties that are independent of the contingencies of their instantiation. To say that all that there is are relations and no relata, is therefore to follow Plato and say that the world of appearances is illusory (Ladyman, J. & Ross, D. 2007: 152).

We can see this answer as an example of how the OSR-debate has shifted away from ESR and generated its own problems. To argue like Ladyman and Ross do, is to move away into hard metaphysics, which is something entirely different from the focus on epistemic structuralism.

Another critical point is that OSR seems to be heavily grounded on contemporary physics. In ESR, what is central is the claim that what we can know is the structure of the world, to speak with Poincare’s famous quote:

Fresnel’s theory enables us to do today as well as it did before Maxwell’s time. The differential equations are always true . . . they express relations, and if the equations remain true, it is because the relations preserve their reality. They teach us now, as they did then, that there is such and such a relation between this thing and that; only, the something which we then called motion; we now call electric current. But these are merely names of the images we substituted for the real objects which Nature will hide for ever from our eyes (Poincare 1905: 160-1).

At no point, ESR-adherents claim that at the ontologically fundamental level, there are no objects. For an adherent of ESR, I include myself here, it can be perfectly fine to accept that at the ontologically fundamental level there exist objects. The crucial point is that we can’t know them. What we can know, are the structures which describe the behaviour of these objects. These structures can be mathematical equations, scientific theories as a whole, Ramsey-sentences, model-theoretic structures, or something else.

Moreover, if we want to address Worrall’s original proposal and if we want to contribute to the debate on scientific/structural realism and theory change, we need to work on ESR, since OSR does not have a

concrete relation to this. The main questions about OSR do not bear with theory change, but with the foundations of physics, causality and the metaphysics of science. On the other hand, ESR is about the structure of our scientific theories, but OSR is about the structure of the world at its most fundamental ontological level.

In his original work, Worrall bases his position on a case study of optical theory. He mentions the theoretical change from Fresnel's to Maxwell's theory of optics. He states that, though the referents and names of the postulated entities in our theories change, the mathematical structure is preserved through theory change. Furthermore, what is continuous is the mathematical structure, that is, some equations that reappear in successor theories after theoretical change. Differential equations of Fresnel's theory of the ether reappear in Maxwell's theory of the electromagnetic field. Worrall (1989: 118-119) illustrates this position:

Although Fresnel was quite wrong about what oscillates, he was, from this later point of view, right, not just about the optical phenomena, but right also that these phenomena depend on the oscillations of something or other at right angles to light. Thus if we restrict ourselves to the level of mathematical equations - not notice the phenomenal level - there is in fact complete continuity between Fresnel's and Maxwell's theories.

What is asserted by Worrall, is that our empirical theories are not completely overthrown when they change, the structural parts are retained. Nevertheless, it is not entirely clear on this point. Worrall argues that we do not notice the phenomenal level. But if we would not notice the phenomenal level, there would be no connection to the empirical anymore, it could be a purely mathematical structuralism, dealing with equations that are not attached to reality in any form. This is why it is important to note that the phenomenal level does also matter for the structural realist. But there can be important changes at this level, and still, there can be a structural continuity through theory change, even if the semantic status of the referents of the unobservable entities changes radically. It is central that, for the structural realist, we do not have epistemic access to the referents of the (unobservable) entities that appear in our empirical theories. But we can have knowledge of the mathematical structures (equations), in which these entities appear. If it occurs that the same equations are part of radically different theories, for the structural realist it seems reasonable to assume that what represents the world as best possible are these equations.

But equations should not be necessary for structural realism to work. Many mature scientific disciplines make no use of equations, or

only very little (e.g. Linguistics, Biology, Social Sciences). Disciplines which deal more with qualitative concepts and are less mathematized need also be reconstructable from a structural realist perspective⁶. If this can't be done, structural realism cannot be taken as a serious position, unless one wants to be a strong reductionist about physics.

What we know in the discussion on structural realism, is that certain structures are preserved through theoretical change (see Worrall's 1989 case-study), and that other parts of our theories get lost. Now, the underlying epistemologically fundamental idea behind this whole approach can be made explicit as follows: If only structure is preserved, and if we aim to be scientific/structural realists, only the structures can bear the connection to the world.

Since it is the structures that appear again and again through theoretical change, only these can transmit the real part of our theories. This just follows if we accept that all other parts of our theories (like the terms to which we refer with our theories) get lost through time. So, the epistemic structural realist concludes: our best epistemological access to our theories is through its structures.

For Worrall, structural realism is defensible, for having shown that at least in the case of theory change from Fresnel's to Maxwell's theory, certain mathematical structures persist. However, this is not enough, since one representative case-study does not convince us about the existence of structural continuities in all areas of mature science. For epistemic structural realism to get strengthened, it is necessary that further representative case studies are carried out. The structural realist will have to find such structural continuities in many other cases of theory change. As I will show below, I aim to contribute to this by providing a case-study of theory change in linguistics. This will be done by the application of the formal framework of structuralist meta-theory.

3. Objections to structural realism

The proposal of structural realism made by Worrall raised several objections. These objections have been presented especially by Stathis Psillos⁷. I will shortly mention Psillos' objections (and others). The following list summarizes the objections which are relevant for my proposal in this work:

-
- 6 Biology, Linguistics, Economics and the other social sciences do use equations that describe statistical regressions. New theories in these fields need to recover these equations for well confirmed parts of old theories, just as physics does. And this is so even if one is not a strong reductionist since the statistics relate to higher level laws
 - 7 See Psillos 2001a and his 1999: 146-161. There, he presents several objections to structural realism. My aim is only to address some objections, since it would not be possible to address all objections in one single paper.

3.1 The Standard-Realism Objection

Psillos argues that the notion of structural continuity can be fully explained by standard scientific realism. Mathematical equations have been retained because they form an integral part of the approximately true theoretical content of theories. But furthermore, there needs to be some theoretical content beyond the equations. Psillos explains this as follows:

If the empirical success of a theory offers any grounds for thinking that some parts of a theory have 'latched on to' the world, those parts cannot be just some (uninterpreted) mathematical equations of the theory, but must include some theoretical assertions concerning some substantive properties as well as the law-like behaviour of the entities and mechanisms posited by the theory . . . let me just stress the main point: if one admits that there is substantive (not just formal) retention at the structural-mathematical level, then one should admit that some theoretical content, too, gets retained. But such an admission would undercut the claim that predictive success vindicates only the mathematical structure of a theory (Psillos 1999: 148).

And for Psillos, one would end up with the standard scientific realism picture again. As soon as one accepts more than pure mathematical structure, he is more than a structural realist, Psillos argues. Worrall seems to state that all that is preserved, are the equations. It is not so clear in which part of our theories the theoretical content enters. It is a part of our equations, but, as Psillos argues, there is also theoretical content that is not part of our equations. And if such content is preserved, we would get standard scientific realism again.

3.2 The Uninterpreted-Structures Objection

That certain structures are retained through theoretical change does not imply that these structures (as equations) tell us anything about the structure of the world. It is not clear whether these equations represent relations between physical entities which would be otherwise unknowable. The descriptions of the world, obtained through our empirical theories, cannot be only expressed by equations. Some theoretical assumptions which are not part of equations are also required in order to justify the success of an empirical theory. In Psillos' words: '\. . . in empirical science we should at least seek more than formal structure. Knowing that the world has a certain formal structure (as opposed to natural structure) allows no explanation and no prediction of the phenomena (Psillos 2001a: S21)".

One might think in a first step that this sounds very much like the Standard-Realism objection. However, the Uninterpreted-Structures objection is different in the following sense. One can interpret equations in a merely instrumentalist setting, e.g. one can give purely technical explanations on how certain functions look like, but this does not commit her to scientific realism, since giving purely technical interpretations to mathematical structures does not imply any commitment the scientific realist wants to make.

3.3 The Structure-Nature Objection

The distinction between structure and nature of an entity, as Worrall proposes, has no justification. Following Psillos, scientists normally describe the nature of an entity by ascribing certain properties and relations to it. The nomological behavior is then expressed by some equations. There is no need for the distinction between structure and nature of an entity, since it is metaphysically inflationary. In Psillos' words:

Is the nature of a theoretical entity something distinct from its structure? Equivalently, can one usefully conceive of the physical content of a mathematical symbol (that is, of the entity or process it stands for) as distinct from the totality of the interpreted mathematical equations in which it features, (that is, from the totality of laws which describe its behaviour)? When scientists talk about the nature of an entity, what they normally do - apart from positing a causal agent - is to ascribe to this entity a grouping of basic properties and relations. They then describe its law-like behaviour by means of a set of equations. In other words, they endow this causal agent with a certain causal structure, and they talk about the way in which this entity is structured. I think that talk of 'nature' over and above this structural description (physical and mathematical) of a causal agent is to hark back to the medieval discourse of 'forms' and 'substances'. Such talk has been overthrown by the scientific revolution of the seventeenth century (Psillos 1999: 149).

3.4 The Structure-Loss Objection

Chakravartty (2004), Bueno (2008) and others claim that there are not only cases of structural continuity, but also of structural loss through theory change. This objection relies on historical facts of theoretical change and is hard to reject at first sight. Bueno rightly refers to Laudan (1996), who first discussed such cases of structural-loss, before he says:

However, structural realism also faces a further difficulty. It arises not from the existence of different structures that do the same job, but

from the existence of structural losses in scientific change. There are well-known cases that support the existence of these losses. For example, when we moved from Descartes's celestial mechanics to Newton's, the structure provided by Descartes's theory of vortices was entirely lost. The latter theory explained why the planets moved in the direction that they did, and this was an issue left unexplained by Newton's own theory. In other words, some structure was lost in this case (Bueno 2008: 223-224).

It is right that in the shift from Descartes' to Newton's celestial mechanics, there was a loss of structure. Below, we will see how one can counter this objection, or at least turn it into the favour of the structural realist that aims to apply structuralist meta-theory in the debate on structural realism.

3.5 An open question

Not an objection, but an open question in the debate is the following, formulated by Frigg and Votsis (2011):

How does the exact relation of correspondence between two structures, the one in the abandoned and the one in the successor theory, look like?

In other words, the question Frigg and Votsis ask is about the form of intertheoretical relations between the theories in question, and about how such relations between the structures of the theories in question looks like in a formal sense. In the Fresnel-Maxwell case, how does the formal relation between Fresnel's and Maxwell's equations look like, since Fresnel's theory is the abandoned one and Maxwell's theory is the successor theory. It is clear that this question can only be answered by working out careful and detailed case studies, where the logical structure of the theories in question is reconstructed. It is exactly here where I will argue that structuralist meta-theory has the adequate formal tools for explicating this open question.

The matter of correspondence between the two structures is closely connected to some of the objections I mentioned. First, if we are able to explicate formally how such a correspondence looks like, we can refer to that relation of correspondence as the structure that guarantees a continuity between both theories. This structure is not just an uninterpreted one, since it will hold between two concrete empirical theories. Second, the explication of such a relation will also serve to show how a structural loss is not affecting structural realism. For this to work, of course, it is required that the correspondence relation between two structures includes all relevant facts of both theories. I will come

back to the discussion of structural losses when I give my answers to all objections in section 6.

In the next sections, we will show how these critiques and open questions to structural realism can be addressed by applying the framework of structuralist meta-theory to it. I argue that it will be at least possible to clarify it and to show a clear way of how to address structural realism with the focus on theory change and the persistence of structures, within the framework of structuralist meta-theory.

4 Explicating structural realism

4.1 The Ramsey-sentence and partial structures

Before I start my explication of structural realism by analyzing it within the framework of structuralist meta-theory, I want to argue why I see this step as progressive in the debate. The main reason for this is that an approach in terms of the Ramsey-sentence does not succeed to capture structural continuities adequately. One can represent the structure of an empirical theory in terms of a Ramsey-sentence, but it is not nearly as expressive as it would be in terms of the semantic conception. The main problem for the Ramsey-view is that it is not developed to show the dynamics of theories. It is of course a tenable view if we aim to represent the structure of our theories, but for the modeling of theory change, it seems to be too limited. Let us quickly recall the Ramsey-sentence: Given an empirical theory with theoretical and observational terms: $T C(t1:::tn; o1:::om)$, we substitute the terms for variables and existentially quantify over them: $\exists x1:::\exists xn T C(x1:::xn; o1:::om)$. The Ramsey-sentence, as Worrall and Zahar (2001) argue, gives us a sufficient representation of the cognitive content of a theory. However, it is not entirely clear how a Ramsey-view representation of our theories in question could provide a representation of structural continuity. Nevertheless, Zahar is clear in how such a representation should look like:

Whereas referential continuity demands that as we move from one hypothesis to the next, we continue to talk about roughly the same objects, structural continuity more reasonably requires that we talk, in similar terms, about one thing-in-itself which is not directly accessible to us... there ought to be a translation of the old system into the new one such that all observational functions and predicates remain unchanged, and the old axioms are transformed into theorems, or else into limiting cases of theorems of the new theory (Zahar 2001: 54).

One could approach the debate better within the framework of the semantic conception of theories, as PSA, or with the framework

of structuralist meta-theory. Especially because of the sophisticated development of these frameworks, one can in each case make formally explicit, how a structural continuity between two theories looks like. In PSA, this explication could be in terms of partial morphisms, holding between the structures that represent the theory in question⁸. In PSA, scientific change is represented by partial morphisms between structures that represent our theories in question. Let us recall the notion of Partial Isomorphism (see Da Costa and French 2003, among others): A partial structure is an ordered pair $hD; R_{ii}2I$, where D is a non-empty set and $(R_i)2I$ is a family of partial relations defined over D. Partial relations are characterized as triples $hR_1; R_2; R_3$, where $R_1; R_2; R_3$ are mutually disjoint sets, with $R_1 \sqsubset R_2 \sqsubset R_3 = D_n$. And R_1 is the set of n-tuples that belong to R. R_2 is the set of n-tuples that do not belong to R, and R_3 is the set of n-tuples for which it is not defined whether they belong or not to R. There is only a partial preservation of structure. To model this, the notion of partial isomorphism is developed: Let $S_1 = hD; R_{ii}$ and $S_2 = hD_0; R_{i0}$ be two partial structures, where $R_i = hR_1; R_2; R_3$ and $R_{i0} = hR_{10}; R_{20}; R_{30}$ are partial relations.

A partial function $f : D \rightarrow D_0$ is a partial isomorphism between S_1 and S_2 if:

- (i) f is bijective
- (ii) for every x and $y \in D$; $R_{1xy} \subseteq R_{10} f(x)f(y)$ and $R_{2xy} \subseteq R_{20} f(x)f(y)$.

We can see that with the tools of PSA, we can model scientific change easily. While I can see the advantages of PSA over a Ramsey-view, I see it also as a weakness of PSA that its adherents do not focus on carrying out detailed reconstructions of cases of theory change. Their framework would allow a detailed representation of such cases. In this sense, PSA is a promising approach for the purpose of my proposal, but I argue that structuralist meta-theory serves even better, since there is a focus in case studies about the dynamics of our theories. Since structuralist meta-theory has also a precise criterion for theoretical terms, I see its framework as more appropriate for the purpose of explicating structural realism.

4.2 Structuralist meta-theory

Let us now have a look at the framework of structuralist meta-theory and how the notion of structural continuity can be explicated within this framework. In structuralist meta-theory, an empirical theory consists of its models, which are sequences of the following form:

⁸ A proper comparison of both PSA and structuralist meta-theory should be the goal of a different paper. In the scope of this work, I only want to make clear that both approaches seem to be suitable for making the notion of structural continuity explicit.

$hD_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_n$. The D_i are so-called basic sets and the R_j are relations constructed on these sets. The D_i contain what is taken to be the ontology of the theory, i.e. they contain the objects assumed by the theory as real. Note that these objects are part of a structure. The existence of the entities which are taken to be the elements of the basic domains of our structures is merely a posit. It is noteworthy that also in structuralist meta-theory, objects do only exist within these domains, which are itself a constitutive part of a structure and specified by the R_j , which are usually functions. In empirical theories which make use of quantitative tools, they usually are functions mapping empirical objects into the real numbers, or some other mathematical entities. Structuralist meta-theory makes use of set-theoretic predicates, relying on Suppes (1957) original proposal.

A set-theoretic predicate P specifies the following:

The type of a structure $hD_1; \dots; D_k; R_1; \dots; R_n$ in determining the number k of base sets and the number n of relations;

The specification of the relations $R_1; \dots; R_n$;

The axioms that the relations $R_1; \dots; R_n$ need to satisfy for the structure $hD_1; \dots; D_k; R_1; \dots; R_n$ to be an instance of the set-theoretic concept P .

More specifically, in structuralist meta-theory, a theory is understood to consist of the following sets of models: A set of potential models (M_p) fixes the general framework, in which an actual model of a theory is characterized. All entities that can be subsumed under the same conceptual framework of a given theory are members of the sets of the potential models of this theory. Let's consider an example of such a potential model, expressed as a set-theoretic predicate, which makes the structure of an empirical theory explicit.

The example of a potential model, the potential model M_p of Classical Collision Mechanics, see (Balzer et al. 1987: 26-27):

1. $M_p = hP; T; R; v; m$
2. P is a finite, non-empty set
3. T contains exactly two elements
4. $v : P \rightarrow R^3$
5. $m : P \rightarrow \mathbb{R}^+$

P is a set of discrete bodies (that can be called 'particles'), T is a set of instants. v is the velocity function, assigning to each particle p and point of time its velocity as an element of R^3 . Velocity is a time-dependent vectorial function whose range are triples of real numbers. It assigns a three-component vector (one component for each direction in

space) to each particle at each time. m is the mass function, assigning to each particle its mass.

Sets of partial potential models (M_{pp}) represent the framework for the cor-roboration or refutation of the theory in question, they represent the framework of data, which shall corroborate or refute a theory. The concepts in M_{pp} can be determined independently of T . Terms which are theoretical (and proper to T) in the potential models of the respective theory are cut out. In other words, this means that partial potential models are the pure data-models within the struc-turalist framework. These sets of models do not contain any theoretical terms or functions, no concepts which are introduced properly by a theory.

Sets of models which do not only belong to the same conceptual framework, but also satisfy the laws of the same theory are called the sets of actual models (M) of a theory.

The example of an actual model, (Balzer et al. 1987: 27): x is an actual model of classical collision mechanics ($x \in M(CCM)$) if and only if there exist $P; T; R; v; m$ such that:

1. $x = hP; T; R; v; mi;$
2. $x \in M_{pp}(CCM)$
3. P
- $m(p) v(p; t1) = m(p) v(p; t2);$
 $p2P \quad p2P$

In the actual model of CCM, the fundamental law of of this theory is added, the law of conservation of momentum, expressing that the sum of the products of mass and velocity of each particle must remain the same before and after a col-lision. Furthermore, it is a fact that local applications of a scienti c theory may overlap in space and time. For this purpose, the formal notion of global constraint is introduced. The sets of global constraints (GC) are formal requirements that restrict the components of a model in dependence of other components of other models. Constraints express physical or real connections between di erent appli-cations of a theory, i.e. the inner-theoretical relations. To explain it intuitively, think of a physical object that is part of a system. This object, say, a certain train waggon, must have the same weight, no matter to which physical system that waggon belongs. It may stand on a railroad somewhere in Nebraska, or on a railroad close to Berlin. The same waggon will have the same weight, if we think of physical systems on earth. This fact cannot be overseen. Because of such overlaps, the notion of constraint is required in structuralist meta-theory.

Some empirical theories deal with the same or very similar domains of objects. Particles will have the same mass in Classical Collision Mechanics and in Classical Particle mechanics. Anyhow, these are different theories. The sets of global links (GL) represent the intertheoretical connections between such theories.

1. An empirical theory T consists of its core K and of the intended applications

I. K is itself a complex structure and consists of sets of potential models Mp, partial potential models Mpp, actual models M, global constraints GC and the global links GL.

2. The I are the sets of the intended applications of a theory. These are not formally characterized. Their determination depends on pragmatic constraints.

3. A theory-element is then, formally, the following tuple:

$$T = hK; I_i; \text{where } K = hMp; Mpp; M; GC; GL_i.$$

One central methodological claim of structuralist meta-theory is that, after a logical reconstruction of some theories under issue, we gain results about their relations to other theories. In the intertheoretical relations, it is possible to identify structures that might appear in both related theories. The respective potential models (i.e. their general frameworks) of different theory-elements can be related through such relations. Such intertheoretical relations can count as one version of structural continuity. In the Fresnel-Maxwell case, the continuity would be that some differential equations appear in both the older and in the successor theory.

What could be said against this proposal is that, from the fact that certain intertheoretical (and inner-theoretical) relations can be shown, it does not follow that these structures are in any form real. But if these structures persist again and again during radical theory change, this tells us that at least that our formal representation of the persisting structures reflects the world correctly. The parts of a structure which would persist, would then show that we got at least something of the world right. This cannot be the entities as objects, since the referents of the objects of our theories can change radically.

Of course the persistence of these structures needs to be linked somehow to the empirical level, i.e. the structures need to be empirically grounded. Within the approach of structuralist meta-theory, this occurs only if one builds such structures up, based on concrete empirical theories. This means that the formal structures are always a metatheoretical representation of a concrete empirical theory. We will

see more concretely how this looks like, when we consider an example of structural continuity in the next section.

As it is a general aim of this work to outline the methodological framework of structuralist meta-theory and to show its relations and its applicability to structural realism, it is important to outline that Sneed in his (1983) mentions the relation between scientific realism and structuralist meta-theory in the following way:

It is important to understand that, on the structuralist view, empirical theories do make straightforward, descriptive, falsifiable claims about their subject matter. Structuralism is not just a new version of instrumentalism hiding behind a cloud of set-theoretic notation. On the other hand, structuralists see the mathematical structures associated with a theory to be much more essential features of the theory than the claims it makes. The claims may change with the historical development of the theory, but the mathematical apparatus remains the same. Thus both structuralist and realist would agree that empirical science makes descriptive claims but disagree about the extent to which empirical scientists, speaking professionally, mean what they say (*ibid*: 351).

Sneed explicitly states that some claims of our theories may change through history, but that the mathematical apparatus remains the same. This, I argue, must be seen as closely related to the structural realist notion of structural continuity through theoretical change, as Worrall claims it. Sneed in fact endorses a structural realist view here. But as mentioned above in the case of Worrall (1989), the phenomenal level and its connection to the structures that supposedly represent it needs to be included. In fact what Sneed proposes here sounds strongly like structural realism, but it is only tenable if the role of the phenomenal level becomes clear.

In structuralist meta-theory, the usual approach is to reconstruct some representative empirical theories logically. By doing so, the aim is to provide clarity about the logical structure and the ontological commitments of the reconstructed theory. Reconstructions show the logical structure of scientific theories. These are identified with structures in the above mentioned formal sense. When doing so, the methods of structuralist meta-theory contribute to a clarification of structural realism. For they enable us to show what structural connections between empirical theories look like logically.

In this sense, the somehow too restricted or insufficient approach of Worrall, which is only about mathematical structure in the sense of equations (in the sense of the Ramsey-sentence), can be abandoned or, even better, amplified. Despite the fact that structuralist meta-theory

has been formulated principally as a program for outlining the logical structure of our empirical theories and to model the dynamics of scientific theories, and that it is usually understood as being neutral to debates on scientific realism⁹, the acceptance of its framework as an instrument for logically reconstructing our empirical theories, combined with the epistemological assumption made above, lead to a form of structural realism. The structural realist can see herself strengthened in a significant way, once she adopts the framework of structuralist meta-theory. However, one can still be a representative of structuralist meta-theory without committing herself to structural realism. The step of accepting both structural realism and structuralist meta-theory requires the acceptance of the above mentioned two epistemological assumptions.

4.3 Structural continuity in the structuralist framework

In order to represent structural continuities between our theories, I propose to make use of the structuralist concept of reduction, as it is discussed and defined by Díez and Moulines (2003: 391–96):

Definition: Let $M_p(T)$; $M(T)$; $I(T)$ respectively be the sets of potential models, actual models and intended applications of T .

Analogously, let $M_p(T')$; $M(T')$; $I(T')$, with respect to T' . T is reducible to T' if there exist the relations and e such that:

1. $M_p(T) \subseteq M_p(T')$.
2. $\forall x; x \in (hx; x \in T' \wedge x \in M(T)) \rightarrow x \in M(T')$.
3. $\forall y(y \in I(T') \rightarrow \exists y; y \in e \wedge y \in r[M(T)] \rightarrow y \in r[M(T')])$:

The first condition establishes that both theories are connected through their conceptual frameworks, their sets of potential models. Condition two expresses the derivability of laws from the reducing theory T to the reduced theory T' . And condition three expresses the preservation of the successful applications of the theories, where e is the relation at the non-theoretical level.

I want to propose that, if two theories are related through the structuralist reduction relation, it can be seen as a case of a structural continuity. This criterion of structural continuity is of course not a necessary one, but sufficient. It would be absurd to claim that all cases of structural continuity should be cases of theory-reduction. As examples

⁹ This has been made clear to me in personal conversation with Wolfgang Balzer and also with Pablo Lorenzano, Jose Díez and Ulises Moulines, all being representatives of this view. Although it should be the task of a proper investigation whether structuralism can really be a neutralist position. Especially, if one thinks of Stegmüller's notion of the relativized a priori, which seems to incline into a type of structural realism. This question will have to be addressed in a different work.

of reduction in the structuralist framework, one can consider the cases of the reduction of Classical Collision Mechanics to Classical Particle Mechanics, and the reduction of Rigid Body Mechanics to Classical Particle Mechanics shown in Balzer, et al. (1987: 255-84).

4.4 An example of structural continuity - theory change in linguistics

As an example of structural continuity, I will discuss a case of reduction in linguistics. The relation of reduction between theories will be taken as an exemplar case of structural continuity. This continuity is expressed in the reduction relation as defined in the framework of structuralist meta-theory.

Before the development of transformational grammar in the late nineteen-ties of the twentieth century by Zellig Harris and later Noam Chomsky, structural linguistics was the paradigm. One main figure in structural linguistics, in its mature form, was Leonard Bloomfield¹⁰. If structural realism wants to be explicated, it is only by carrying out case studies of all fields of mature science, how the question of structural continuity can be definitely answered. The case of linguistics is important for this purpose, since linguistics has become a mature science at least since the Chomskyan revolution, where a first important step towards mathematization was provided and a significant step concerning the explanatory power of linguistics could be made. This holds especially for the linguistic discipline of syntax.

Since Zellig Harris was the predecessor and teacher of Chomsky and the pioneer of transformational grammar, it becomes a natural question for the philosophy of science to ask whether there has been a structural continuity through this apparently revolutionary phase of theoretical change, namely, the phase of change from the paradigm of structural linguistics to transformational grammar, and shortly after to generative transformational grammar. Bloomfield already mentioned what was systematized later by Harris: That certain morpheme-classes correctly combined build up a grammatical sentence. In his words: "Each position in a construction can be filled only by certain forms" (Bloomfield 1926: 158). We can think of the example: The tree is old. as opposed to The is old. In the empty slot, only certain classes of morphemes (or forms) can occur. In this case, certain noun-classes. Bloomfield is also clear on the notion of substitution:

¹⁰ Structural linguistics has its roots in Europe and is normally traced back to Ferdinand de Saussure, as its main developer, amongst many others. However, for the development of transformational grammar, Bloomfield's structural linguistics is more relevant, since Bloomfield was the main figure of linguistics in America in the first half of the twentieth century.

A substitute is a linguistic form or grammatical feature which, under certain conventional circumstances, replaces any one of a class of linguistic forms . . . thus, in English, the substitute 'I' replaces any singular-number substantive expression, provided that this substantive expression denotes the speaker of the utterance in which the substitute is used . . . the substitute replaces only forms of a certain class, which we may call the domain of the substitute; thus, the domain of the substitute 'I' is the English form-class of substantive expressions (1933: 247).

Harris wanted to go further than Bloom did and searched for a systematization of sentence-types. By doing so, he developed a method that enabled linguists to describe how sentences are built and changed, like from active to passive. These changes he called transformations. He introduced a formalism to label different types of phrases: noun phrases (N), verbal phrases (V), prepositional phrases (P), the transformation arrow (\$), etc. His notion of kernel sentence becomes central for this enterprise: '\The kernel is the set of elementary sentences and combiners, such that all sentences of the language are obtained from one or more kernel sentences (with combiners) by means of one or more transformations" (Harris 1957: 335).

We can think of an elementary sentence as follows: John saw Jill. Furthermore, Harris states '\Our picture of a language, then, includes a finite number of actual kernel sentences, all cast in a small number of sentence structures built out of a few morpheme classes by means of a few constructional rules; a set of combining and introducing elements; and a set of elementary transformations" (1957: 339). Following Harris, sentences like: John saw Jill, The cat sits on the mat, The tree is old, etc. are examples of such kernel sentences. To see a transformation as introduced by Harris, we can think of the following example:

The kernel sentence: John saw Jill, in active is obtained from the passive

Jill was seen by John, through a transformation.

Harris' formalism in this case: N1V N2 \$ N2V N1.

For Harris, morphemes could be grouped into classes (e.g. the class of suffix-morphemes, e.g. -hood, etc.). The members of a class have similar sets of co-occurrences (here: neighbour-, false-, likely-, etc. Each class occurs with specific other classes to make a sentence structure. Furthermore, certain sequences of classes could build up sentences. These sequences are products of a small number of elementary class sequences (constructions) which are combined in certain ways. As here: T NP N V (= The risk of crisis vanished) results from the more elementary class sequences T NV and NP N.

The notion of form is central for Bloom eld: \The vocal features common to same or partly same utterances are forms; the corresponding stimulus-reaction features are meanings. Thus a form is a recurrent vocal feature which has mean-ing, and a meaning is a recurrent stimulus-reaction feature which corresponds to a form" (Bloom eld 1926: 155). Forms are non-observational, as opposed to ut-terances, with which the empirical linguist is acquainted when she actually works descriptively. The components of words, in their minimal occurrence, the mor-phemes, are forms. Following Bloom eld, a form is then any vocal feature which frequently is uttered and which is at least partially alike to further utterances. I introduce the set F of forms.

I will quickly introduce both the potential models of Bloom eld's and of Harris theories of syntax. I restrict here to syntax because there, structural continuity is most eminent. The study of the complete logical structure of both theories is far more complex and requires an investigation on its own, and can not be part of this work. For the purpose of this work, it is su cient to outline that both theories are related through the structuralist reduction-relation, concerning the linguistic sub-discipline of syntax.

The model M of Bloom eld's syntax T BS:

1. $M = hF; \text{concat}; @_i$.
2. F is a nite, non-empty set.
3. $\text{concat} : F1 \ F1 ! F1$.
4. $@ F1 \ F1$.
5. $8x (x \text{ is a form}) ! 9y (y \text{ is a form and } y \text{ can be concatenated with } x)$.

Basic intended interpretation: F is a set of linguistic forms. The more spe-ci c linguistic entities such as morphemes, words, phrases or sentences, are all linguistic forms. Hence, only forms are required in the ontology of the the-ory. Several linguistic forms can be concatenated. We introduce the function $\text{concat} : F1 \ F1 ! F1$. This is the concatenation function on forms, where ($F1 = fhf1; \dots; fnjfi \ 2 \ F; n \ 1g.$). We want to express that two or more linguistic forms can be combined in order to build bigger linguistic forms. Mor-phemes, for instance, are connected and construct bigger forms like words. These then can be connected to build up bigger forms, like phrases. Hence, we intro-duce an ordering relation on the set of linguistic forms. We call this the parthood relation for forms. It is a re exive, antisymmetrical and transitive relation. As an example, we can think of the word 'unspeakable' which we can decompose into the three morphemes 'un', 'speak' and 'able'. By concatenating these three morphemes, the word 'unspeakable' is built.

The model M of Harris' syntax T HS:

1. $M = hF; concat; @; transi.$
2. F is a finite, non-empty set.
3. $concat : F1 \ F1 ! F1.$
4. $@ : F1 \ F1.$
5. $trans : F ! F.$
6. $\lambda x (x \text{ is a form}) ! \lambda y (y \text{ is a form and } y \text{ can be concatenated with } x).$
7. $\lambda x (x \text{ is a form}) ! \lambda y (y \text{ is the transform of } x).$

The potential model of Harris' theory states the same as the model of Bloom eld, but expresses one more crucial fact, the fact that linguistic forms do always have a transform. The function *trans* expresses that forms are always transformed to other forms. This aims to adequately represent cases like the active-passive transformation, where an active sentence like John saw Jill, in active is obtained from the passive Jill was seen by John, through a transformation.

Now, structural continuity between TBS and THS is expressed through the reduction of TBS to THS, in the following reduction relation :

1. $M(T HS) \ M(T BS); hx ; xi 2 , i :$
2. $x = hF; concat; @; transi 2 M(T HS)$
3. $x = hF0 ; concat0 ; @0 i 2 M(T BS)$
4. $F = F0 ; concat = concat0 ; @ = @0$
5. $\lambda x (x \text{ is a form}) ! \lambda y (y \text{ is a form and } y \text{ can be concatenated with } x).$
6. $\lambda x (x \text{ is a form}) ! \lambda y (y \text{ is the transform of } x).$

Condition one states that the models of both theories are related through the reduction relation , where in condition two and three, x and x are one set of the actual model. In four, it is expressed that the entities of both theories are identical, both theories deal with the same entities, namely, linguistic forms and their combination. Condition ve expresses the syntactic law of both theories, that every form can be concatenated with another form. The new law, which makes THS the reducing theory over TBS, is expressed in condition 6, where it is stated that every form has a transform, such as the example sentence John saw Jill. We have seen that in our case-study, Bloom eld's theory is reduced to Harris' theory. But the important fact for structural realism is that, the structure of Bloom eld's theory is completely overtaken and continuous with the structure of Harris' theory. It is just that Harris' theory is more complex, it has one law that is not part of Bloom eld's theory, but all other parts of the structure of T BS are continuous with T

HS. It is a structural continuity for the following reason. Both theories are represented as structures themselves. Now, the reduction relation provides the continuity of structure.

Structuralist meta-theory provides tools for a clarification of the notion of structural continuity. Empirical theories are taken to be structural entities themselves (in the formal sense explained above). Some information about intertheoretical relations (called links) or reductions might be trivial and not really informative. Anyhow, I argue, the structuralist framework provides formal notions for capturing all kinds of structural continuities, trivial and non-trivial.

When Worrall mentions the continuous appearance of certain equations in different theories, structuralist meta-theory provides us with a far more universal and abstract notion of structural continuity of more sophisticated and detailed formal explanatory power. The notion of structural continuity, in this case, has the form as in the definition of the reduction above. But in each particular re-construction of an empirical theory, a theory-net will have a certain structure. In this sense, when a theory has reached sufficient development and sophistication, it is possible to identify a structural continuity of some form. The important question is whether there is a relation of structural continuity which provides us with any important information concerning questions on theory change and structural realism. In the case of Bloomfield and Harris, it is the structure of their theories of syntax, that is preserved. As I have showed in the reduction relation above, Harris' theory adds more features to the theory, but all structures in Bloomfield are continuous with those in Harris.

The mentioning of the structuralist concept of reduction in this work should be understood as a simple illustrative example in order to promote the idea of approaching structural realism by applying the framework of structuralist meta-theory to it. It is clear that the whole framework of structuralist meta-theory offers a whole series of more complex and generally richer concepts which all might be perfectly well applicable to address the structural realist concern for structural continuity¹¹.

5 Responses to the objections on structural realism

Finally, I want to propose the following answers to the above mentioned objections to structural realism. First, I argue that the Standard-Realism Objection is blocked if we accept the framework of structuralist meta-theory. In the case of the reduction from Bloomfield to

¹¹ Especially Moulines (2011) introduced the notions of embedding and replacement. Whether these can also serve to describe structural continuities on a meta-theoretical level is up to future inquiries.

Harris, there are not even equations that could be part of these theories. This makes it such an important case, for if structural realism wants to be a tenable position, it should be applicable to all domains of empirical science, and not only to physics, or to sciences that have equations as a necessary part of them. By equations I mean differential equations, as they appear in physics, for instance. But generally, there cannot be a need for mathematical equations (in the sense of differential equations) for structural realism to make sense.

What about linguistics, again? I do not think it is necessary to have such equations to make sense of structural realism. But of course, the more mathematized a scientific discipline becomes, the easier it gets for structural realism to sort out relevant structures that can become relevant for the discussion on structural continuity. A tree, as it appears in the constituent analysis of syntax-theory is also a mathematical structure, and henceforth it enters into the discussion on structural realism.

My answer to the first objection goes very much along with my answer to the next objection. To the Uninterpreted-Structures Objection, I propose that if we approach structural realism with the framework of structuralist meta-theory, we will not only talk about equations as structures, but of the whole empirical theories as structures. We will never have the problem of having only uninterpreted structures, if we rely on structuralist reconstructions of real empirical theories. In the case of TBS and THS, the structures of both theories are not uninterpreted, for they represent real physical entities, namely, linguistic forms, and the ways in which they are put together. It is important to mention that linguistic forms, as existing physical entities, have to be understood as tokens, just analogous to physics. When physicists measure the movement of electrons, they measure tokens, but when a theory about electrons is formulated, it is about types. This is the same case in linguistics. Within a theory, forms are types, but as entities, measured in a physical system (in this case, a natural language), they are tokens.

The Structure-Nature Objection, I argue, can be answered in a Carnapian way, if we think of the Aufbau, where Carnap explains the distinction between structure and nature, where he calls it the material.

Every scientific statement can in principle be so transformed that it is only a structural statement. . . . For science wants to speak about the objective; however, everything that does not belong to the structure but to the material, everything that is ostended concretely, is in the end subjective . . . If we aim, in spite of this, at agreement in the names given for the objects constituted on the basis of the experiences, then this cannot occur through reference to the completely diverging material

but only through the formal indicators of the object-structures (Carnap 1928: x16.).

From the perspective of structuralist meta-theory, our empirical theories describe the structure of the material, to speak with Carnap's words. The tools of structuralist meta-theory allow to represent all empirical theories as structural entities. Hence, there is a well-established distinction between these two levels. It is true that Worrall's use of 'nature' is somehow misleading, for it gives the debate a problematic and unnecessary metaphysical touch. But if we rely on Carnap's concept 'the material', I argue, we don't get that surplus avor of metaphysical connotation.

It is well known that Carnap was not a realist, and that he aimed to stay neutral with his program, in the *Aufbau* as well as in his later works. Nevertheless, I see that Carnap's structuralist methodology of the *Aufbau* can be applied to epistemic structural realism. I argue with Carnap that, for the epistemic structural realist, only the structural components can be objective, since all other ways of describing our knowledge (e.g. via ostension) will end up being subjective, in Carnap's words. Now, if we put this into the context of epistemic structural realism, I want to recall that one of Worrall's main points in his 1989 paper is exactly that the terms to which we refer with our theories can change completely, and that we therefore should better focus on certain structural than on referential continuities. In this sense, I find Carnap's structuralist methodology helpful in order to strengthen epistemic structural realism. And in this way, such a distinction between structure and nature does make sense, without being in ationary or metaphysically unnecessary.

To the Structure-Loss Objection I propose the following answer. It is exactly through concrete case studies that one can show concrete cases of structure-loss. The same holds for the inverse case, i.e. one can also show how a structural continuity looks like. It might well be the case that there exist cases of structural loss. But what the adherent of this objection is urged to do is to work out careful case studies on these supposed structural losses. The same, again, for the structural realist. And it is exactly the aim of this work to contribute to this with the case study of linguistics provided here. It can be seen that, with the approach I am proposing, the question of structural continuity becomes a matter of accumulating convincing case studies. I argue that, once we have a certain amount of case studies, we can at least make an inductive step in the way Laudan (1981) does it with the PMI, but hopefully towards the other direction.

It might well turn out that the result will be that there are more cases of losses than of continuities, but this is a question, I argue, which cannot be answered normatively, and must be pursued in a way of accumulating logical reconstructions of concrete cases of scientific change. The crucial point for the solution of the question of structural losses is concerned with the importance of every specific case-study. As the structural realist will have to find representative cases of structural continuities, the same holds for those arguing in favor of structural losses. Is the case of the continuity of structure from Fresnel's to Maxwell's theory convincing enough? Surely not. There is a need for more case-studies. At the end, both sides will have to argue for the importance of each case in question.

6 Conclusion

First, I introduced structural realism by mainly alluding to Worrall's work and distancing my position from OSR. I mentioned a series of critiques that had been made to structural realism. I argued that an adequate tool for characterizing epistemic structural realism in a clear way is by means of structuralist meta-theory. By applying certain technical notions of this program, the notion of structural continuity can be understood in a broader sense as only in the sense of a reappearance of certain mathematical equations. The result helps both to clarify Worrall's original proposal and to amplify structural realism. I argued that the structuralist notion of reduction can be used to represent formally what structural realists mean by 'structural continuity'. It is clear that only after taking out further concrete case studies, structural realism will find its corroboration or refutation. These case studies have to be worked out of all scientific disciplines which provide representative cases of theory change. In this sense I have pointed out which way might be a promising one to pursue for both structural realists and its opponents in order to bring out clear results within the debate.

It should also be clear that by no means this work does aim to provide ultimate answers to all objections that have been raised against structural realism. Moreover, it is a specific proposal of how to approach epistemic structural realism with a focus on theory change in a new way in order to provide solutions to some of its problems.

References

- Balzer, W. / Moulines, C.U. / Sneed, J. (1987) *An Architectonic for Science*. Dordrecht: Reidel.
- Bloomfield, L. (1926) 'A Set of Postulates for the Science of Language'. *Language*, Vol. 2, No. 3, pp. 153-164.
- Bloomfield, L. (1933). *Language*. London: Allen and Unwin.

- Boyd, R. (1983) On the Current Status of the Issue of Scientific Realism", *Erkenntnis* 19: 45-90.
- Bueno, O. (1999) What is Structural Empiricism? Scientific Change in an Empiricist Setting", *Erkenntnis* 50, 1999, pp. 59-85.
- Bueno, O. (2000). "Empiricism, Scientific Change and Mathematical Change." *Studies in History and Philosophy of Science*, 31: 269-296.
- Bueno, O. (2008) "Structural Realism, Scientific Change, and Partial Structures", *Studia Logica* 89, pp. 213-235.
- Bueno, O. (2009) "Models of Reduction", *Principia* 13, pp. 269-282.
- Carnap, R. (1928) *Der logische Aufbau der Welt*. Hamburg: Felix Meiner. 1998.
- Chakravarthy, A. (1998) "Semirealism", *Studies in History and Philosophy of Modern Science*, 29: 391-408.
- Chakravarthy, A. (2004). "Structuralism as a Form of Scientific Realism." *International Studies in Philosophy of Science*, 18: 151-171.
- Da Costa, N.C.A. French, S. (2003). *Science and Partial Truth. A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*. Oxford: Oxford University Press.
- Díez, J. / Moulines, C.U. (1997) *Fundamentos de la filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- French, S. Ladyman, J. (2003) "Remodeling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure", *Synthese* 36: 31-66.
- Frigg, R., Votsis, I. (2011) "Everything you Always Wanted to Know about Structural Realism but Were Afraid to Ask", *European Journal for Philosophy of Science*, No. 1(2): 227-276.
- Harris, Z. (1957) *Methods in Structural Linguistics*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Ladyman, J. (1998) "What is Structural Realism?", *Studies in History and Philosophy of Science* 29, 409-424.
- Ladyman, J., Ross, D., together with Spurrett, D. and Collier, J. (2007) *Everything Must Go. Metaphysics Naturalized*. Oxford: Oxford University Press.
- Landry, M.E., Rickles, P.D. (eds.) (2012) *Structural Realism. Structure, Object, and Causality*. The Western Ontario Series in the Philosophy of Science, Vol. 77. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Laudan, L. (1981) "A Confutation of Convergent Realism", *Philosophy of Science*, 48, No.1.
- Laudan, L. (1996) *Beyond Positivism and Relativism*. Boulder: Westview Press.
- Moulines, C.U. (2011) "Cuatro tipos de desarrollo teórico en las ciencias empíricas", *Metatheoria*, 1(2)(2011): 11-27.
- Poincaré, H. (1905) *Science and Hypothesis*. Dover: New York. 1952.
- Psillos, S. (1999) *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. Routledge: London.
- Psillos, S. (2001) "Is structural realism possible?" *Philosophy of Science*, 68 (Supplementary Volume): S13-S24.
- Putnam, H. (1975) *Philosophical Papers*, Vol. 1: *Mathematics, Matter and Method*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Russell, B. (1912). *The Problems of Philosophy*. Oxford: Oxford University Press. 2009.

- Smart, J.J.C. (1963) *Philosophy and Scientific Realism*. London: Routledge.
- Smart, J.J.C. (1979) "Difficulties for Realism in the Philosophy of Science", in L.J. Cohen et.al. (eds.) *Logic, Methodology and the Philosophy of Science VI*. Amsterdam: North- Publishing Company.
- Sneed, J. (1983) "Structuralism and Scientific Realism". *Erkenntnis* 19, 345-370.
- Stegmüller, W. (1976) *The Structure and Dynamics of Theories*. New York, Heidelberg: Springer.
- Suppes, P. (1957) *Introduction to Logic*. New York: Dover. (1999).
- Worrall, J. (1989) "Structural Realism: The Best of Both Worlds?". *Di-alectica* 43, 99-124.
- Worrall, J. and Zahar, E. (2001). "Ramsification and structural realism." Appendix in E., Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology, pp. 236-251. Chicago and La Salle: Open Court Publishing Co.

ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ARITMETIZACIÓN COMPLETA DEL NIVEL DE LA LÓGICA BIVALUADA DE HUGO PADILLA-CHACÓN

Gabriel Garduño-Soto

Universidad Nacional Autónoma de México

ygardho@ymail.com

México

1. Aritmetización del nivel de la lógica

La aritmetización de la lógica pasa por ser un tema novedoso actualmente, sin embargo, esto es debido al desconocimiento del trabajo de los autores que primeramente idearon y plantearon formalmente la posibilidad de esta aritmetización, como el filósofo alemán G.W. Leibniz –quien inicia este planteamiento en el s. XVIII, al proponer la noción de un cálculo exacto en lógica, llegando incluso presentar una versión aritmetizada de la silogística aristotélica (Sotirov, V., 1999)– y el lógico inglés G. Boole, quien desarrolla en 1854 lo que aun hoy llamamos álgebra booleana, la cual constituye, propiamente hablando, una aritmetización de la lógica. Entre numerosos autores involucrados en este terreno, es necesario considerar el importante trabajo de formalización teórica que abordaron G. Frege (1879), E. Schröder (1890-1910) y A.N. Whitehead y B. Russell (1910-1913), abriendo el camino que hizo posible el franco desarrollo de la aritmetización moderna, en la primera mitad del siglo XX (E.T. Bell, 1927, I.I. Zhegalkin, 1928 y K. Gödel, 1931), citando sólo algunos de los más destacados autores relacionados con la aritmetización de la lógica (Uckelman, S.L., 2010), que aun continúa siendo investigada y desarrollada.

Por otra parte, es preciso mencionar la actual tendencia hacia la implementación automática de los esquemas de aritmetización de la lógica, desde los inicios del diseño de las primeras computadoras (Quine, W.V.O, 1959) y aun más recientemente, se ha presentado una pléthora de autores con los más novedosos –a veces farragosos– enfoques desde muy diversas áreas de la disciplina matemática, especialmente la algebraica. La gran mayoría de estos contemporáneos enfoques e implementaciones han tenido un propósito eminentemente práctico, ante la multiplicidad de problemas que involucra el diseño computacional, especialmente en nuestros días, con las exigencias que presupone la construcción de unidades lógicas de alto desempeño (VLSI:

very large scale integrators)¹. De modo tal que actualmente se impone una perspectiva de automatización que, en muchos aspectos, pasa por alto las exigencias teóricas y filosóficas que inicialmente inspiraron el proyecto de aritmétizar la lógica, al echarse mano en estas implementaciones de la más variopinta gama de recursos matemáticos –con el manejo de ingentes cantidades de memoria computacional– que en mucho rebasa la inicial aspiración o *desideratum* de usar solamente recursos propiamente aritméticos. Aun en medio de esta feraz competencia en microelectrónica por disponer de recursos ‘prácticos’ que circunvengan los límites teóricos conocidos dentro de la lógica, especialmente en universos infinitos, se observa ya un retorno al propósito inicial dentro de la aritmética primitivista (Salehi P.S., 2002; Schang F., 2011).

Así pues, el sistema de aritmétización primitivista² de Hugo Padilla-Chacón, aquí actualizado y ampliado por este autor, aborda –desde una perspectiva finitaria y original– íntegramente el nivel de la lógica, para la solución de problemas estándares y no-estándares, que constituyen a su vez toda una novedad en el seno de la tradición lógica contemporánea.

2. Aritmetización y tablas de verdad

Hasta hace muy poco tiempo se consideraba que, aun en universos finitos, no existía un método infalible o algorítmico para llegar a establecer la irrefragable validez de una deducción, o corrección de una operación cualquiera en lógica, excepción hecha de las *tablas de verdad* concebidas independientemente por el lógico polaco Jan Łukasiewicz, el lógico austriaco Ludwig Wittgenstein y el lógico inglés Emil Post en el primer cuarto del siglo XX, si bien, según Quine, esta pauta de razonamiento fue cosa de Frege, Peirce y Schröder y data de 1880.

A continuación veamos la más explícita concepción de Ludwig Wittgenstein acerca de las funciones lógicas (funciones de verdad) como expresiones de “las posibilidades de verdad de los argumentos de verdad,” para cualquier número de proposiciones elementales, en este caso, de dos proposiciones elementales –también llamadas independientes– *P* y *Q*.³

1 Véase: Yanushkevich, S., 1995 y 1998.

2 Cuyos únicos recursos son los cuatro operadores aritméticos fundamentales (+, -, ×, ÷) y la función entero ([]).

3 Véase: *Tractatus Logico-Philosophicus* 5.101.

Tabla 2.1. Posibilidades de Verdad de los Argumentos de Verdad que Verifican a una Proposición (*Fundamentos de la Verdad*, según Wittgenstein).⁴

VVVV	(P, Q)	Tautología		Si P entonces P ; si Q entonces Q $(P \rightarrow P) \wedge (Q \rightarrow Q)$	15
FVVV	(P, Q)	En palabras: No conjuntamente <u>P y Q</u>		- $(P \wedge Q)$	7
VFVV	(P, Q)	» Si Q entonces P		$Q \rightarrow P$	11
VVFV	(P, Q)	» Si P entonces Q		$P \rightarrow Q$	13
VVVF	(P, Q)	» P ó Q		$P \vee Q$	14
FFVV	(P, Q)	» No Q		- Q	3
FVFV	(P, Q)	» No P		- P	5
FVVF	(P, Q)	» P ó Q , no ambas		$(P \wedge -Q) \vee (Q \wedge -P)$	6
VFFV	(P, Q)	» Si P entonces Q y si Q entonces P		$P \leftrightarrow Q$	9
VFVF	(P, Q)	» P		P	10
VVFF	(P, Q)	» Q		Q	12
FFFV	(P, Q)	» Ni P ni Q		$(-P \wedge -Q) \delta (P \mid Q)$	1
FFVF	(P, Q)	» P y no Q		$(P \wedge -Q)$	2
FVFF	(P, Q)	» Q y no P		$(Q \wedge -P)$	4
VFFF	(P, Q)	» P y Q		$(P \wedge Q)$	8
FFFF	(P, Q)	Contradicción		P y no P ; y Q y no Q $(P \wedge -P) \wedge (Q \wedge -Q)$	0

Para ejemplificar la aplicación de estas funciones veritativas, veamos a continuación un ejemplo en el nivel lógico bivaluado (L_2), biproposicional ($_2L_2$), es decir en lógica clásica tradicional con dos valores de verdad, a saber: (<Falso, Verdadero>, <-,+>, <0,1>) y también en este caso, con dos proposiciones independientes, o elementales según Wittgenstein, (P y Q):

Tabla 2.2. Definición del Operador de la Conjunción Lógica (*And*)⁵ en $_2L_2$

Q	P	P	\wedge	Q
F	F	F	F	F
F	V	V	F	F
V	F	F	F	V
V	V	V	V	V

4 Para introducir desde el inicio la visión panorámica de la aritmétización de la lógica y su mapeo en los números naturales (\mathbb{N}_0), en esta tabla del *Tractatus* se ha adicionado la última columna a la derecha, que contiene la interpretación en sistema numérico decimal, de la lectura en sistema numérico binario de las funciones veritativas propuestas por Wittgenstein, en la primera columna de la izquierda: (V=1, F=0).

5 Véase el penúltimo renglón de la tabla 2.1.

Es decir que la función *and* (en negritas) sólo es válida cuando ambas proposiciones *P* y *Q* son verdaderas. De este modo hemos de tomar en cuenta que la función *and* es solamente una de las dieciséis funciones que Wittgenstein propone para este nivel de la lógica. Para entender a cabalidad este lenguaje combinatórioico que es el fundamento moderno de la lógica bivaluada biproposicional ($_2L_2$), debemos distinguir también otras propiedades de estas funciones lógicas, tales como: *a)* la *cardinalidad* del conjunto que las contiene a todas ellas, es decir su dominio, ya que su número (2^n)⁶ varía a medida que el número (*n*) de proposiciones independientes, o elementales, se incrementa; *b)* su nombre y su símbolo; *c)* la extensión de la aplicación de cada función (*aridad*), la cual nos habla acerca del número de proposiciones independientes sobre el cual realmente aplica la operación lógica que representa cada función de verdad, también comúnmente conocidas como “operadores lógicos”; *d)* el número de condiciones de verdad que cada función verifica (valuaciones no nulas); y asimismo, para los fines de la aritméticización de la lógica, *e)* su posible interpretación en el sistema numérico binario y decimal –o cualquier otro que convenga para ese mismo fin–.

Con este propósito en mente conviene especificar los dos niveles lógicos que anteceden a ($_2L_2$), es decir, el nivel de la lógica bivaluada con cero proposiciones –o variables lógicas–, al cual podemos llamar propiamente ceroádico ($_0L_2$) y el nivel de la lógica bivaluada monoproposicional, o monádica ($_1L_2$) –es decir, con una sola variable lógica–.

Tabla 2.3. Definición de las Dos (2^0) Expresiones Constantes 0-ádicas (cero variables) de la Lógica Bivalente ($_0L_2$)

Cero Variables Proposicionales	?	>
	(Contradicción o <i>Falsum</i>)	(Tautología o <i>Verum</i>)
	F	V

En el nivel de la lógica bivaluada ceroádica se podrá pensar éste como un ejercicio superfluo, ya que no contiene variable lógica alguna, sin embargo, conviene especificarlo para apreciar cómo la concepción, la construcción misma de toda lógica (bivaluada en este caso), conlleva desde el inicio mismo –aun en ausencia de carga proposicional– como rúbrica las funciones constantes que representan a la *contradicción* y a la *tautología*, funciones mismas que estarán siempre presentes en cualquier nivel proposicional.

6 Véase esta fórmula en: Post E. *Introduction to a general theory of Elementary Propositions*. 1921.

Como puede observarse en el siguiente nivel lógico monádico ($_1L_2$) las expresiones pueden dividirse en dos clases, las cuales prevalecerán siempre en cualquier nivel lógico –excepto en el nivel ceroádico ($_0L_2$) el cual únicamente contiene expresiones constantes–, es decir, *a) la clase de las expresiones constantes o invariantes, a saber, como ya se mencionó arriba, la contradicción –siempre falsa bajo cualquier circunstancia veritativa– y la tautología –siempre verdadera bajo cualquier circunstancia veritativa– y b) la clase de las expresiones contingentes cuyos valores de verdad son a veces verdaderos y otras falsos.*

Tabla 2.4. Definición de las Cuatro (2^1) Expresiones Posibles de la Lógica Bivalente Monádica ($_1L_2$).

Una sola variable proposicional (P)	? Contradicción o <i>Falsum</i>	$\neg P$ (negación de P)	P (variable única)	> Tautología o <i>Verum</i>
F	F	V	F	V
V	F	F	V	V
Clase:	<i>constante</i>	<i>contingente</i>	<i>contingente</i>	<i>constante</i>

Una vez definidas todas las expresiones posibles de los niveles lógicos ceroádico y monádico, es necesario examinar exhaustivamente el nivel bivaluado biproposicional ($_2L_2$), con el fin de mejor conocer todas las expresiones que lo conforman, así como sus propiedades.

En la tabla 2.5 se despliega una tabla de verdad tradicional para las funciones u operadores lógicos biproposicionales donde se ha sustituido los valores veritativos (F,V) por los valores binarios (0,1) respectivamente, tal como actualmente se representa a estos operadores lógicos en el área computacional. Esta interpretación, en diversas modalidades, se ha convertido en un estándar, si bien \rightarrow y \leftarrow son referidos compuestos como $(P \wedge \neg Q)$ y $(Q \wedge P)$.

Tabla 2.5. Tabla de Verdad para las 16 (2^2) Expresiones Posibles y Semánticamente Distintas del Nivel Bivaluado Biproposicional $_2L_2$.

Q	P	?	\downarrow	\rightarrow	$\neg Q$	\leftarrow	$\neg P$	\Downarrow	\jmath	\wedge	\leftrightarrow	P	\leftarrow	Q	\rightarrow	\vee	$>$
0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Como podrá observarse, en la tabla anterior se despliega propiamente la interpretación veritativa que Wittgenstein propone ya en el *Tractatus* 5.101, para mejor apreciar esta similitud, con fines de aritmétizar completamente el nivel de la lógica, en la tabla 2.6 se reinterpreta, reordena y modifica la tabla original de Wittgenstein. En esta tabla se utiliza el método conocido como suma de productos, para que cada función, o expresión lógica, quede plenamente representada por su equivalente numérico en base decimal, tomemos por ejemplo el operador diádico del condicional ($P \rightarrow Q$) el cual es representado por las condiciones veritativas VVFV (véase el 4º renglón de la tabla 2.1), que una vez convertidas a la notación en sistema numérico binario nos produce la expresión **1101** (véase 16ª columna de la tabla 2.5), de modo tal que cada valuación no nula se utiliza como coeficiente para la respectiva multiplicación de la base 2 elevada a la potencia correspondiente de derecha a izquierda, así pues tenemos: $(1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 8 + 4 + 1 = 13$.

Tabla 2.6. Aritmetización de las Condiciones de Verdad del Nivel Lógico Bivaluado Biproposicional $_2L_2$

Nombre de la función lógica	Notación simbólica	Aridad	Número de evaluaciones no nulas	Posibilidades de verdad de la función lógica expresada como <i>Forma Normal Disyuntiva</i> *				<i>Aritmetización:</i> Suma de productos en base decimal
				$Q \wedge P$	$Q \wedge \neg P$	$\neg Q \wedge P$	$\neg Q \wedge \neg P$	
Contradicción lógica (p.ej.: P y no P)	?	0	0	0	0	0	0	0
Nor: Negación de la alternativa “trazo de Peirce” (ni P ni Q)	\downarrow	2	1	0	0	0	1	1
Negación del condicional (P y no Q)	$\sim \rightarrow$	2	1	0	0	1	0	2
Negación de la variable Q	$\neg Q$	1	2	0	0	1	1	3
Negación del condicional inverso (Q y no P)	$\sim \leftarrow$	2	1	0	1	0	0	4

Negación de la variable <i>P</i>	$\neg P$	1	2	0	1	0	1	5
Xor: Alternativa exclusiva (<i>P o Q</i> , pero no ambas)	\mathcal{Q}	2	2	0	1	1	0	6
Nand: Negación de la conjunción “trazo de Sheffer” (no conjuntamente <i>P</i> y <i>Q</i>)	\mathbb{J}	2	3	0	1	1	1	7
And: Conjunción (<i>P y Q</i>)	\wedge	2	1	1	0	0	0	8
Ssi o Iff: Equivalencia lógica (si <i>P</i> entonces <i>Q</i> y si <i>Q</i> entonces <i>P</i>)	\leftrightarrow	2	2	1	0	0	1	9
Variable lógica <i>P</i>	<i>P</i>	1	2	1	0	1	0	10
Condicional inverso (Si <i>Q</i> entonces <i>P</i>)	\leftarrow	2	3	1	0	1	1	11
Variable lógica <i>Q</i>	<i>Q</i>	1	2	1	1	0	0	12
Condicional (si <i>P</i> entonces <i>Q</i>)	\rightarrow	2	3	1	1	0	1	13
Or: Alternativa lógica o Alternativa inclusiva (<i>P o Q</i> , o ambas)	\vee	2	3	1	1	1	0	14
Tautología (p.ej.: si <i>P</i> entonces <i>P</i>)	$>$	0	4	1	1	1	1	15

* Véase las dos primeras columnas de la tabla 2.2 (notación canónica: disyuntos de la FND).

** Véase las dos primeras columnas de la tabla 2.5.

Dado el intrincado y minucioso tejido conceptual y operativo que significa propiamente realizar el mapeo del nivel de la lógica bivaluada en los números naturales (\bullet_0), aun en este incipiente nivel biproposicional, será de utilidad abundar en este método, ilustrando sintéticamente a continuación toda la operación realizada en este nivel ($_2L_2$), en la siguiente tabla 2.7, donde a las sumas de productos resultantes ubicadas en el último renglón, se les ha añadido, en itálicas, un subíndice a la izquierda para denotar la *aridad* de cada expresión ya codificada en un número del sistema decimal, de modo tal que las expresiones *constantes* o *invariantes* poseen un subíndice izquierdo cero ($_00$ y $_015$), el cual denota su condición *ceroádica*, las expresiones correspondientes a cada *variable lógica* y sus respectivas *negaciones* poseen un subíndice izquierdo igual a la unidad ($_13$, $_15$, $_10$ y $_12$), el cual denota su característica *monádica*, y las expresiones lógicas propiamente *aplicables sobre dos proposiciones* cualesquiera poseen un subíndice izquierdo igual a 2 ($_21$, $_22$, $_24$, $_26$, $_27$, $_28$, $_29$, $_211$, $_213$ y $_214$) para denotar su naturaleza realmente *diádica*. El eventual

uso de este subíndice izquierdo italicizado, es opcional y únicamente informativo, ya que no significa operación aritmética alguna, pues cada número decimal –amén de codificar directamente una expresión en lógica, perteneciente al dominio lógico correspondiente al número total de las variables lógicas incluidas en el cálculo de referencia (n)– es plena, propia y operativamente hablando, un número natural con todo el potencial de ser utilizado en cualquier operación aritmética:

Tabla 2.7. Síntesis del Proceso de Aritmetización Completa de Todas las Expresiones Posibles del Nivel Lógico Bivaluado Biproposicional

$_2L_2$.†

j	2^j	\bar{Q}	P	?	\downarrow	$\widetilde{\rightarrow}$	$\widetilde{\neg Q}$	$\widetilde{\leftarrow}$	$\neg P$	\mathbb{C}	j	\wedge	\leftrightarrow	P	\leftarrow	Q	\rightarrow	\vee	$>$
0	2 ₀	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	2 ₁	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
2	2 ₂	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
3	2 ₃	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Σ	=		0	2	22	13	24	15	2	2	2	29	11	21	11	21	21	01
				0	1				6	7	8		0	1	2	3	4	5	

† La primer columna “ j ” representa la lectura decimal de las condiciones de verdad en binario de las variables P y Q (4^a y 3^a columnas).

En la tabla 2.7 puede apreciarse una simetría bilateral numérica, tomando como eje de la simetría, la división existente entre la décimosegunda y la décimotercera columnas que contienen respectivamente a los números con código decimal 7 y 8, los cuales a su vez, representan la función *Nand* (j) y la función *And* (\wedge). Así pues, constatamos que cada columna tiene su contraparte o columna complementaria, en el área opuesta, a la misma distancia del centro de simetría, con los valores veritativos exactamente invertidos, esta característica nos permite ubicar claramente las funciones complementarias en cada caso, de este modo la variable P ubicada en la columna con número de código decimal 10, tiene su negación o complemento $\neg P$ en la columna opuesta con número de código decimal 5. Retomaremos esta simétrica propiedad más adelante para el cálculo de las negaciones de toda posible expresión en lógica.

Para finalizar esta revisión exhaustiva del nivel $_2L_2$ en la tabla 2.8 se muestra la representación matricial habitual para los operadores diádicos de este nivel.

Tabla 2.8. Representación Matricial de los 10 (16-4-2) Operadores Realmente Diádicos (de 2 Variables: P y Q) de la Lógica Bivaluada Biproposicional (${}_2L_2$).

28 And		214 Or		213 Cond.		211 CndInv.		29 Equiv.	
Q	\wedge	Q	\vee	Q	\rightarrow	Q	\leftarrow	Q	\leftrightarrow
V	F	V	V	V	V	V	F	V	F
F	F	F	V	F	V	F	V	V	V
	F	V		F	V	F	V	F	V
	P		P		P		P		P
27 Nand		21 Nor		22 NegCnd.		24 NgCdIn.		26 Xor	
Q		Q	\downarrow	Q	$\widetilde{\rightarrow}$	Q	$\widetilde{\leftarrow}$	Q	ζ
V	V	F	V	V	F	V	V	V	F
F	V	V	F	F	V	F	F	F	V
	F	V		F	V	F	V	F	V
	P		P		P		P		P

En la tabla 2.8 también se aprecia un eje de simetría que se establece entre los valores veritativos que contiene cada matriz, con aquellos de su contraparte vertical, es decir con su negación o complemento lógico. Asimismo resulta evidente, en los renglones superiores, la complementación entre los propios valores de los códigos numéricos decimales correspondientes, cuya suma resulta indefectiblemente ser el valor decimal de la tautología de este nivel bivaluado biproposicional (${}_{10}15$ en este caso). Es importante visualizar esta representación pues más abajo se verá cómo estas estructuras de los operadores lógicos se verán reflejadas siempre, en forma independiente del número de variables (n) que constituyan un dominio de aplicación. Perfundiendo o percolando así, según se analice, la totalidad de las estructuras resultantes -las cuales, como veremos, se revelarán de naturaleza fractal (véase las figuras 5.1-5.10)- pertenecientes a dominios lógicos con mayor número de proposiciones independientes, es decir, variables lógicas.⁷

Hasta aquí hemos utilizado el método de las tablas de verdad para estudiar las definiciones de todas y cada una de las funciones de verdad posibles en los niveles lógicos ${}_0L_2$, ${}_1L_2$ y ${}_2L_2$, ahora se ilustrará su uso

7 Para conocer todas las expresiones del siguiente dominio lógico bivaluado, es decir, triproposicional (${}_3L_2$), véase Piaget J. *Essais sur les Transformations des Opérations Logiques. Les 256 opérations ternaires de la logique bivalente des propositions*. Bibliothèque de Philosophie Contemporaine. Logique et Philosophie des Sciences. PUF, París, 1952; Garciúñ-Soto G. "2. The Tripropositional Bivalent Level (${}_3L_2$) and its Relationship with the Aristotelic Syllogistic." En: *Opuscula Logica....* Edición de autor. México D.F., 2008a (https://www.academia.edu/14750611/Opuscula_logica_2_The_Tripropositional_Bivalent_Level_3L2_and_its_Relationship_with_the_Aristotelic_Syllogistic) y Boll M., *Manuel...* Dunod, París, 1948.

para conocer el resultado de una operación lógica –cualquiera que se pudiera elegir entre aquellas que forman parte de la totalidad del elenco de un dominio lógico definido–, ya sea éste contingente, tautológico o contradictorio y sobre todo para evaluar la validez de una deducción lógica –a través del condicional– bajo cualquier eventual situación veritativa. Asimismo se mostrarán las severas limitaciones que se revelan casi de inmediato –es decir propiamente desde los primeros niveles lógicos, ya sean éstos bivaluados o multivaluados– en el uso del método de las tablas de verdad.

A continuación se presenta un ejemplo de construcción de una tabla de verdad en lógica bivaluada triproposicional (${}_3L_2$) correspondiente al silogismo aristotélico *BARBARA*.⁸

Tabla 2.9. Validación del Silogismo *BARBARA* en Interpretación Triproposicional (${}_3L_2$).⁹

<i>R</i>	<i>Q</i>	<i>P</i>	$\{(Q \rightarrow R)\}$	\wedge	$(P \rightarrow Q)\}$	\rightarrow	$(P \rightarrow R)$
F	F	F	V	V	V	V	V
F	F	V	V	F	F	V	F
F	V	F	F	F	V	V	V
F	V	V	F	F	V	V	F
V	F	F	V	F	F	V	V
V	F	V	V	F	F	V	V
V	V	F	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V

La expresión propuesta no es contradictoria, siempre falsa, ni tampoco una contingencia, a veces cierta, a veces falsa, sino que es completa y necesariamente válida (tautológica: $>$), bajo cualquier circunstancia veritativa (véase la penúltima columna en negritas).

Como se ha mencionado anteriormente, el método de validación de deducciones a través la construcción de tablas de verdad es muy limitado, por el rápido crecimiento de estos arreglos combinatóricos ya que el número de renglones está dado por la fórmula B^n y el número de columnas totales posibles por la fórmula (B^{B^n}) siendo B el número de valores de verdad del nivel lógico en que se trabaja y n el número de variables independientes involucradas en el cálculo de referencia. De este modo veremos cómo rápidamente el tamaño de estas tablas vuelve

8 En la silogística aristotélica las figuras válidas se forman combinando las primeras vocales de los vocablos latinos *AFIRMO* y *NEGO*, denotando de este modo el universal afirmativo (*A*), el particular afirmativo (*I*), el universal negativo (*E*) y el particular negativo (*O*). Véase, Łukasiewicz, J. *La silogística aristotélica*.

9 *P*: atenienses, *Q*: hombres, *R*: mortales, (interpretación proposicional de Christine Ladd-Franklin): $[\{ (Q \rightarrow R) \wedge (P \rightarrow Q) \} \rightarrow (P \rightarrow R)]$: Si todos los hombres son mortales y si todos los atenienses son hombres, luego entonces todos los atenienses son mortales (extraído de Jean Piaget: *Essai de logique opératoire*, 1971.)

difícil y hasta punto menos que imposible su manejo en muy pocos pasos.

Tabla 2.10. Expansión Combinatórica para la Construcción de Tablas de Verdad.

B	n	B^n (renglones)	(B^{B^n}) (número total de columnas semánticamente distintas en nL_B)
2	0	1	2
2	1	2	4
2	2	4	16
2	3	8	256
2	4	16	65,536
2	5	32	4,294,967,296
2	6	64	18,446,744,073,709,551,616
2	7	128	$3.4028236692093846346337460743177 \times 10^{38}$
2	8	256	$1.1579208923731619542357098500869 \times 10^{77}$
2	9	512	$1.3407807929942597099574024998206 \times 10^{154}$

Tabla 2.10. Expansión Combinatórica para la Construcción de Tablas de Verdad (cont.)

B	n	B^n (renglones)	(B^{B^n}) (número total de columnas semánticamente distintas en nL_B)
3	0	1	3
3	1	3	27
3	2	9	19,683
3	3	27	7,625,597,484,987
3	4	81	$4.4342648824303776994824963061915 \times 10^{38}$
3	5	243	$8.7189642485960958202911070585861 \times 10^{115}$
3	6	729	$6.6281860542418717610517286421448 \times 10^{347}$
4	0	1	4
4	1	4	256
4	2	16	4,294,967,296
4	3	64	$3.4028236692093846346337460743177 \times 10^{38}$
4	4	256	$1.3407807929942597099574024998206 \times 10^{154}$
4	5	1024	$3.2317006071311007300714876688669 \times 10^{616}$
4	6	4096	$1.0907481356194159294629842447338 \times 10^{2466}$

Habida cuenta de las ingentes dimensiones posibles para las tablas de verdad, nos vemos obligados a reconocer que su uso se restringe tan sólo a las primeras variables en cualquier nivel lógico bivaluado o multivaluado, ya que si, por ejemplo en la lógica bivaluada, suponemos, a título de ilustración, el uso de una cuadrícula de 0.5 cm^2 para la construcción de una tabla exhaustiva, tendríamos, en el caso de cuatro variables lógicas, una tabla de 327.68 m de largo, de $21,474.83648\text{ km}$ en el caso de cinco variables y para el caso de seis variables de $92,233,720,$

368, 547.75808 km. Estas dimensiones son prohibitivas, ya que escapan en definitiva a cualquier posibilidad razonable de manejo, incluso con el uso de supercomputadoras y aún con la compactación propuesta por Quine. Quedando así palmariamente establecida la utilidad de las tablas de verdad en un nivel muy reducido y provisorio para la visualización o prospección de modestos cálculos -nunca exhaustivos- con muy pocas variables, en cualquier lógica. Sólo la teoría podrá avanzar en esas cardinalidades.

Tomando en cuenta la antigüedad de la lógica desde sus orígenes en la cultura clásica griega (sV-sIV aC), debemos considerar que las tablas de verdad solamente fueron introducidas a principios del siglo XX y que el método usado en la lógica clásica para la validación de deducciones a partir de declaraciones primitivas o axiomas, era la aplicación de definiciones de operación y reglas, en principio tan sólo unas cuantas, que ampliadas con la silogística aristotélica constituyeron la única guía para el razonamiento humano durante más de veinticuatro siglos, transcurso durante el cual se registró muy pocas novedades en el ejercicio del pensamiento puro.

A la fecha aún se enseña estas definiciones de operación y reglas (ahora llamadas reglas de inferencia), que gravitan alrededor de 19 (Irving Copi), hasta aproximadamente unas 100 (Benson Mates), si bien siempre se ha buscado obtener el número más pequeño de operadores y reglas que garanticen su irrefragable completud dentro de la lógica, p.ej. en L_2 : $\{, \downarrow, (\neg, \wedge), (\neg, \vee), (\neg, \rightarrow)\}$, (Sheffer H.M., Peirce C.S., Whitehead A.N. y Russell B., Post E.L., Quine W.V.O., Enderton H.) Veamos algunos ejemplos de reglas lógicas tradicionales: *a) Conjunción, b) Adición, c) Asociación, d) Distributividad, e) Simplificación, f) Absorción, g) Implicación material, h) Contraposición, i) Silogismo Constructivo, j) Silogismo Destructivo, k) Modus Ponendo Ponens, l) Modus Tollendo Tollens, m) Reductio ad absurdum*, etcétera.

La humanidad no dispuso de otras herramientas para comprobar, aun en universos finitos, la irrefragable validez de un razonamiento puro hasta bien entrado el siglo XX, ahora, con el advenimiento de las computadoras (pseudo-razón exosomática),¹⁰ de la biblioteca global (Internet),¹¹ ahora, cuando nuestros modelos y representaciones más avanzados de la realidad no son discernidos con la cabeza,¹² sino en el interior de circuitos electrónicos preprogramados en lenguaje hexadecimal, y en última instancia binario, y a enorme velocidad, esta palmaria realidad apenas nos parece verosímil. Las posibles

10 Véase: Peter B. Medawar. *Los límites de la ciencia*. (Memoria exosomática). 1971.

11 Véase: Arthur C. Clarke. *Profiles of the Future*. 1958.

12 Véase: Yuval Noah Harari. *Sapiens. A Brief History of Humankind*. 2014.

razones de esta dilación en el avance de la lógica —ya señalada por Kant en 1787, al decir que la lógica nunca había dado un solo paso atrás, pero tampoco uno solo adelante— se encuentran, tal vez, en la complejidad misma del cálculo lógico ya sea deductivo o inductivo, en las enormes cardinalidades de los conjuntos de las posibles expresiones, y transformaciones (sintácticas o semánticas) lógicas, así como en el desconocimiento de las formalizaciones y límites teóricos que apenas se establecieron en los siglos XIX y XX. Ahora el panorama de la lógica es totalmente distinto, pues munidos de estos avances teóricos los lógicos contemporáneos disponen de una gama de recursos otrora impensables, más allá de las solas definiciones, reglas de operación y exhaustivas tablas de verdad, que constitúan, hasta hace relativamente poco tiempo, el único apoyo al ejercicio del pensamiento puro.

Para finalizar este apartado sobre las tablas de verdad y con el fin de mostrar un ejemplo del cálculo lógico estándar (véase Rosser, J.B., 1953), es decir, a través de declaraciones primitivas, o premisas, de la aplicación de definiciones y reglas de operación, veremos a continuación un ejemplo de deducción natural¹³ en el dominio de cuatro variables lógicas (P, Q, R y S) y su comprobación a través de una tabla de verdad en este dominio (${}_4\mathcal{L}_2$):

Ejemplo de deducción natural en lógica tradicional:

Premisas o Axiomas

1. $P \rightarrow R$
2. $Q \rightarrow S$
3. $S R$
4. $Q \vee S$ $\vdash \neg S \leftrightarrow P$

Deducciones

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 5. $(Q \rightarrow S) \wedge (Q \vee S)$ 6. $(Q \vee S) \wedge (Q \vee S)$ 7. S 8. $\neg R$ 9. $S \vee P$ 10. $\neg S \rightarrow P$ 11. $(\neg P \vee R)$ | <ol style="list-style-type: none"> 2.4. Conjunción 5. Implicación material 6. Simplificación 3. 7. Exclusión 7. Adición 9. Implicación material 1. Implicación material |
|---|--|

¹³ El término ‘deducción natural’ se refiere a un cálculo deductivo donde las declaraciones primitivas o premisas pueden ser o no tautológicas, en contraposición, el término ‘deducción axiomática’ se refiere a un cálculo deductivo donde las declaraciones primitivas o axiomas deban ser necesariamente tautologías.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 12. $(\neg P \vee R) \wedge \neg R$ | 11.8. Conjunción |
| 13. $(\neg P \wedge \neg R) \vee (\neg R \wedge R)$ | 12. Distribución |
| 14. $\neg P \wedge \neg R$ | 13. Simplificación |
| 15. $\neg P$ | 14. Simplificación |
| 16. $\neg P \vee \neg S$ | 15. Adición |
| 17. $P \rightarrow \neg S$ | 16. Implicación material |
| 18. $\neg S \leftrightarrow P$ | 10.17. Conjunción (<i>q.e.d.</i>) |

Tabla 2.11. Comprobación del Ejemplo Deductivo Anterior mediante una Tabla de Verdad*

S	R	Q	P	$P \rightarrow R$	$Q \rightarrow S$	$S \mid R$	$Q \vee S$	$\&$	\rightarrow	$\neg S$	\leftrightarrow	P
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0

* “ $\&$ ” simboliza la conjunción de todas las premisas o axiomas.

La validez de la deducción propuesta, previamente comprobada por el método tradicional, se certifica por verificarce ésta llanamente bajo cualquier circunstancia veritativa en todas y cada una de las instancias que puedan presentar sus argumentos (véase la columna en negritas).

Ahora bien, examinando la conjunción de todas las premisas (“ $\&$ ”, en la 17^a columna) es decir:

$$(P \rightarrow R) \wedge (Q \rightarrow S) \wedge (S \mid R) \wedge (Q \vee S)$$

observamos que es posible postular su equivalencia con la expresión:

$$(S \xrightarrow{\sim} P) \wedge \neg R$$

es decir:

$$[(P \rightarrow R) \wedge (Q \rightarrow S) \wedge (S \mid R) \wedge (Q \vee S)] \leftrightarrow [(S \xrightarrow{\sim} P) \wedge \neg R]$$

Lo anterior podemos conocerlo a partir del hecho de que los únicos renglones (sombreados) donde se verifica la conjunción de las premisas, nos sugiere la negación del condicional entre S y P ($S \xrightarrow{\sim} P$), o bien literalmente, ($S \wedge \neg P$), lo cual acontece únicamente bajo la circunstancia veritativa donde se registra simultáneamente la negación de R (R).

Poniendo a prueba nuestra hipótesis de equivalencia lógica entre ambas expresiones, *aparentemente distintas* en virtud de su notación lógica o sintaxis, tenemos:

Tabla 2.12. Ejemplo de Transformación Tautológica de una Expresión Lógica.*

S	R	Q	P	\rightarrow	R	Q	\rightarrow	S	S	$ $	R	Q	\vee	S	$\&$	\leftrightarrow	S	$\xrightarrow{\sim}$	P	\wedge	$\neg R$	
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0

Tabla 2.13. Verificación de la Identidad Deductiva de la Equivalencia Lógica Propuesta.*

S	R	Q	P	S	$\xrightarrow{\sim}$	P	$\neg R$	$\&$	\rightarrow	$\neg S$	\leftrightarrow	P	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1

* “&” simboliza la conjunción de todas las premisas o axiomas, atendiendo al dominio lógico de referencia en (L_2) , su número de código decimal es $2^8 + 2^{10} = 1280$ y el número de código decimal de la tautología (\rightarrow) es 65535, ya que sus respectivos códigos en binario son 0000010100000000 y 1111111111111111 (véase las columnas 17^a y 18^a en la tabla 2.12 y en la tabla 2.13, las columnas equivalentes 9^a y 10^a).

Resultando de todo punto y necesariamente válida la equivalencia propuesta en nuestra hipótesis (véase en tabla 2.12 la 18^a columna en negritas) podemos, sin temor a equivocarnos, afirmar que la conjunción de las premisas, tal como fue presentada al inicio del ejercicio de deducción [$(P \rightarrow R) \wedge (Q \rightarrow S) \wedge (S \mid R) \wedge (Q \vee S)$] y la sucinta expresión [$(S \rightarrow P) \wedge \neg R$] son, estrictamente hablando y desde el punto de vista semántico, tan sólo una y la misma función veritativa u operador lógico, ya que ambas apuntan al mismo contenido dentro de la lógica de referencia (L_2), teniendo contemporáneamente el mismo número de código decimal 1280 –a la par de las expresiones, o transformaciones, equivalentes: $((P \downarrow R) \wedge S)$, $((S \rightarrow P) \downarrow R)$, $((S \rightarrow R) \downarrow P)$, $((S \rightarrow P) \rightarrow R)$, $((S \rightarrow R) \rightarrow P)$ y $(S \rightarrow (P \vee R))$ – y por ende ambas –e incluso las seis expresiones equivalentes adicionales– permiten deducir válidamente la conclusión ($\neg S \leftrightarrow P$).

Baste este solo ejemplo para sentar como sólida base que en lógica la sola diferencia notacional o sintáctica entre dos expresiones no garantiza su diferencia semántica. Esta exactitud con la cual toda expresión lógica denota, estrictamente hablando, un determinado y único contenido lógico, incluso a través de muy diversas posibles y aun infinitas formas notacionales o sintácticas, permite que una vez aritmétizada cualquier expresión lógica, nos rinda, en un dominio lógico de referencia, un solo número, aun si esta expresión pueda presentarse en muy diversas notaciones, que a la intuición den tan sólo la *apariencia* de ser distintas, diversamente a aquellas en las cuales es relativamente sencillo percibir su identidad, por ejemplo, en el caso de la doble negación o cualquier negación con número de iteraciones par: $(P \leftrightarrow \neg\neg P, P \leftrightarrow \neg\neg\neg\neg P, P \leftrightarrow \neg\neg\neg\neg\neg\neg P)$, en contraposición con expresiones de las cuales difícilmente percibimos su identidad, en virtud de su más compleja notación o sintaxis, por ejemplo: [$P \leftrightarrow ((P \downarrow Q) \downarrow \neg P)$, $P \leftrightarrow (\neg P \mid (P \rightarrow Q))$, $P \leftrightarrow ((P \rightarrow Q) \rightarrow (P \wedge Q))$, o bien, $P \leftrightarrow ((P \mid Q) \otimes (P \rightarrow Q))$].

Lo anterior nos permite distinguir, con toda claridad, dos niveles dentro de la lógica finitaria (y aun infinitaria), a saber: *a*) el nivel sintáctico y *b*) el nivel semántico, pudiéndose registrar, dentro de un dominio lógico finito de referencia, en el nivel sintáctico, infinitas formas notacionales –sin duda redundantes– para cada una de las expresiones posibles y en el nivel semántico, tan sólo un número finito, determinado y susceptible de ser conocido, de expresiones realmente distintas, en virtud de su contenido lógico.

3. El mapeo completo de la lógica

Como se mencionó más arriba, han existido diversos intentos por aritmétizar la lógica completamente, resultando esquemas funcionales

con fines específicos, en cambio, el planteamiento inicial del proyecto iniciado por Hugo Padilla-Chacón, más afín a la línea Poincaré-Brower-Weyl (intuicionismo) que a los enfoques Hilbert-Ackerman (formalismo) y definitivamente influido por los trabajos de Boole (*An investigation of the laws of thought..., 1854*), de Frege (*Begriffsschrift. 1879*) y de Gödel (*On formally undecidable propositions of Principia Mathematica and related systems I. 1931*), no contempla un solo fin específico, sino la elaboración de un sucido y autosuficiente sistema aritmético primitivista, con el uso de tan sólo los cuatro operadores aritméticos fundamentales y la función entero (+, -, ×, ÷ y []), que a la par de la lógica nos conduzca a la resolución de los problemas lógicos, en forma natural, para lo cual se plantea un total trasvase del nivel de la lógica en los números naturales, y su ulterior retorno al nivel de la lógica -una vez obtenidas las soluciones a los problemas propuestos-, entrando así directamente en el panorama teórico que se avizora en el teorema de Löwenheim y Skolem,¹⁴ donde -simplificando en pocas palabras- se establece que si un problema es resoluble en cualquier dominio, luego entonces es resoluble en el dominio de los números naturales. A la fortaleza de este conocido y doblemente comprobado teorema se adiciona, en dominios lógicos finitos, lo que ha venido a llamarse el *teorema cero* de Hugo Padilla-Chacón:

"Todo problema lógico es en el fondo un problema aritmético." (P0)

El lector avezado en lógica y filosofía de las matemáticas seguramente percibirá la definitiva contundencia, y aun la estridencia, de esta declaración teórica, por primera vez formalmente emitida, a contracorriente, en la historia de la lógica, cuando más bien la tradición ha transitado conceptualmente en sentido inverso, tratando de fundamentar las matemáticas en la lógica (Whitehead A.N. y Russell B. *Principia Mathematica. 1910-1913*); declaración teórica emitida aun en consonancia, con la formalización lógica de la aritmética (Peano G. *Arithmetices Principia, Nova Methodo Exposita. 1889*).¹⁵

Por otra parte, debe considerarse la fuerte oposición a considerar cualquier tipo de jerarquía u orden en el universo lógico. Veamos por ejemplo la opinión del lógico Ludwig Wittgenstein quien rechaza todo intento de introducir prioridades, distancias o cualquier otro tipo de orden en lógica, al decir que en lógica no hay estar uno al lado de otro,

14 Löwenheim L. *On possibilities in the calculus of relatives*, 1915. Skolem T. *Logico-combinatorial investigations in the satisfiability or provability of mathematical propositions: A simplified proof of a theorem by L. Löwenheim and generalizations of the theorem*. 1920. En: Heijenoort J.V. *From Frege to Gödel*. Harvard University Press, 1967.

15 En: Heijenoort J.V. *From Frege to Gödel*. Harvard University Press, 1967.

esto es, estar más adelante o más atrás, es decir, no existe la noción de sucesor. Wittgenstein expresa claramente esta postura en el *Tractatus*:

4.128 Las formas lógicas son anuméricas.

No hay pues, en lógica números privilegiados, no hay tampoco ningún monismo o dualismo filosófico, etc.

5.453 En lógica todos los números deben ser susceptibles de justificación. O mejor; debe resultar esto: que en lógica no hay números. No hay números privilegiados.

5.454 En lógica no hay estar uno al lado de otro, no puede darse un más general y un más especial.

A pesar de esta tan intransigente postura de Wittgenstein, nada obsta para que a la lógica le pueda ser introducido o vinculado, a título provvisorio, un ordenamiento cualquiera –como Wittgenstein mismo manifiesta: ‘Las funciones de verdad se pueden ordenar en series. Este es el fundamento de la teoría de la probabilidad.’¹⁶ entrando entonces lisa y llanamente, muy a pesar de sus previas objeciones, en el dominio de la aritmética–, para resolver un problema, sin que por ello se promulgue un cambio epistemológico en la naturaleza de la lógica, la solución así obtenida podrá siempre ser demostrable por los métodos tradicionales de la propia lógica, la única disciplina que, con la pretensión de devenir autónoma, se prohíbe a sí misma utilizar recursos ajenos a sus propios métodos.

Tabla 3.1. Asignación numérica a los signos usados

Número de Gödel	Símbolo	Significado
1	~	Negación
2	∨	Alternativa (or)
3	→	Condicional
4	∃	Existe un ...
5	=	Igual
6	0	Cero
7	s	Sucesor
8	(Puntuación
9)	Puntuación
10	,	Puntuación
11	+	Adición
12	×	Multiplicación

16 Véase : Tractatus Logico-Philosophicus 5.1.

17 Tomado de: Ernst Nagel, James R Newman. Gödel's Proof. (ed. Douglas R. Hofstadter) Edición revisada. New York, University Press, 2001.

Antes de explicitar el sistema aritmético de Hugo Padilla-Chacón y su actualización, no puede dejarse de mencionar como antecedente inmediato la aritmetización hecha por Gödel en su escrito de 1931 arriba mencionado. A continuación se ilustra en forma sucinta la aritmetización de Gödel.¹⁷

Tabla 3.3. Determinación de los exponentes a usar sobre la sucesión de números primos, p.ej. para la expresión: $(\$x) (x=sy)$

(\exists	x)		(x	=	s	y)
8	4	13	9		8	13	5	7	17	9

de donde se desprende la expresión numérica decimal:

$$2^8 \times 3^4 \times 5^{13} \times 7^9 \times 11^8 \times 13^{13} \times 17^5 \times 19^7 \times 23^{17} \times 29^9 =$$

$$17222550580395939874262165165967887788696540408231190838921494 \\ 58770049120022499202159375000000000$$

El cual es el único número de Gödel correspondiente a $(\$x) (x=sy)$.

La operación inversa se ejemplifica en la siguiente tabla.

Tabla 3.4 Obtención de expresiones lógicas a partir de su número de Gödel, p.ej. para el número 243, 000, 000

Pasos	Operación Numérica
A	243, 000, 000
B	$64 \times 243 \times 15, 625$
C	$2^6 \times 3^5 \times 5^6$
D	6 5 6
E	0 = 0

A toda expresión en lógica le corresponde un único número de Gödel, pero la relación recíproca no es necesariamente cierta, ya que no a todo número le corresponde necesariamente una expresión en lógica (Garduño-Soto G. et al., 1989).

En el formalismo de Gödel no es posible conocer de primera vista, sin desplegar previamente la factorización en números primos, si un determinado número codifica o no una expresión lógica cabal, una fórmula lógica bien formada (WFF, por sus siglas en inglés).

En la aritmetización de Hugo Padilla-Chacón a todo número dentro de un dominio de referencia le corresponde indefectiblemente una expresión WFF en lógica -o su fórmula booleana canónica (normal

17 Tomado de: Ernst Nagel, James R Newman. Gödel's Proof. (ed. Douglas R. Hofstadter) Edición revisada. New York, University Press, 2001.

disyuntiva: FND o normal conjuntiva: FNC)- y viceversa. Lo anterior permite confirmar la extensión previamente propuesta (Garduño-Soto G. et al., 1989) al teorema de Shannon (1938): Cada fórmula del álgebra booleana (FAB) es realizable como un circuito en serie paralelo (CSP) y cada circuito en serie-paralelo es representable como una fórmula del álgebra booleana. Luego entonces: a cada número (NUM) le corresponde un circuito en serie-paralelo y a cada circuito en serie-paralelo le corresponde un número, siendo válidas también todas las correspondencias recíprocas, a saber, dentro de una relación de correspondencia C , se forman los siguientes pares relacionados: a) $C(FAB, CSP)$, b) $C(CSP, FAB)$, c) $C(FAB, NUM)$, d) $C(NUM, FAB)$, e) $C(NUM, CSP)$ y f) $C(CSP, NUM)$. Esta extensión del teorema de Shannon da lugar a nuevas e insospechadas interpretaciones y aplicaciones de la lógica.

A continuación se muestra, por primera vez, los algoritmos que constituyen el sistema, actualizado y ampliado, de aritmética completa de la lógica bivaluada finitaria; se enfatiza su carácter finitario, ya que el conocido teorema de incompletud de Gödel (1931), no opera en universos finitos, donde, en principio, siempre será posible verificar la validez de un teorema (D. Knuth, 1997). El lector percibirá que aun dado el carácter finitario del sistema, sus algoritmos operan en un infinito potencial, nunca en un infinito en acto, de modo tal que la única condicionante para su funcionamiento es la inicial declaración del número de variables lógicas (N), tan grande como se quiera y se pueda manejar, en que se encuadra un problema o una indagación lógica.

4. Actualización y Ampliación del Sistema Primitivista de Aritmetización Completa de la Lógica Binaria Proposicional Finitaria de Hugo Padilla-Chacón

Con el paso del tiempo se ha observado que el sistema original de Hugo Padilla-Chacón tal como fue por él presentado en la publicación original (Padilla-Chacón H., 1984), así como las adiciones a este sistema (*proyección*: deducción exhaustiva y *retroyección*: deducción inversa) presentadas en las conferencias internacionales UNAM-UNISYS (Garduño-Soto G. et al., 1989) conservan aún íntegra su vigencia, ya que a pesar de la profusión de publicaciones en materia de deducción lógica, no ha sido reportado en la literatura un sistema similar, con toda su autonomía, funcionalidad y potencia, ni aun han sido siquiera avizorados los problemas no-clásicos de la proyección y la retroyección. Asimismo, se ha visto la necesidad de aligerar la notación y hacer más fluido el sistema -cuyo aprendizaje y dominio, vista su divergencia conceptual y operativa de los enfoques estándares, requería de dos

semestres académicos de posgrado-, coordinando mejor sus algoritmos –que eran inicialmente unos cien–, sustituyendo algunos de ellos por otros más tradicionales¹⁸ o sucintos y aun, como aquí se presenta, ampliándolo con nuevos conceptos y aportaciones personales del autor al proyecto aritmético primitivista original de Hugo Padilla-Chacón, como son la ‘progenitura’¹⁹ y la ‘libre operación’.²⁰

4.1. Funciones de inicialización

Número de variables lógicas involucradas en el cálculo

$$N = \text{Número total de variables} \quad (1)$$

Dominio Finito (DF) o rango de operación según el número (N) de variables involucradas:

$$DF_N = \{0, \dots, (2^{2^N}) - 1\} \quad (2)$$

Cardinalidad del Dominio Finito [DF] según el número (N) de variables involucradas:

$$[DF]_N = (2^{2^N}) \quad (3)$$

4.2. Valores de las funciones constantes

Función Contradicción:

$$FNC = 0 \quad (4)$$

Función Tautológica:

$$FNT = (2^{2^N}) - 1 \quad (5)$$

4.3. Funciones básicas

*Función Identidad de fx:*²¹

$$Ifx = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times V_2^j fx \quad (6)$$

18 Como los concebidos en el inicio de la ciencia computacional, citados en: Yanushkevich S., 1998.

19 La generación, a través del condicional, de todo posible conjunto de premisas y sus respectivas conclusiones –en proyección–, de modo tal que estos pares deductivos rindan como resultado de su operación una expresión cualquiera propuesta, ya sea ésta tautológica, contingente o contradictoria.

20 Función mediante la cual puede calcularse no solamente el resultado de aplicar un operador convencional sino que es posible también conocer el resultado de una operación libre propuesta al ser aplicada en forma directa sobre la serie de los argumentos (g(k)) que son el objeto de su operación.

21 A la forma numérica de una expresión lógica cualquiera se le denomina fx, fy, etcétera.

Valor de la negación de la expresión lógica fx (complemento de fx):

$$Cfx = FNT - fx \quad (7)$$

Valuación (0,1) de fx en la potencia j de la base 2 :

$$V_2^j fx = \left[\frac{fx}{2^j} \right] - \left(2 \times \left[\frac{\left[\frac{fx}{2^j} \right]}{2} \right] \right) \quad (8)$$

es decir:

$$V_2^j fx = \left[\frac{fx}{2^j} \right] \bmod 2 \quad (9)$$

Se introduce la función módulo (mod) para simplificar la notación anterior, siendo esta función mod expresable, como puede observarse en (8), tan sólo con los cuatro operadores aritméticos fundamentales (+, -, ×, ÷) y la función entero ([]) que son las únicas herramientas utilizadas en este sistema aritmético primitivista.

Forma Normal Disyuntiva:

$$FND(fx) = \overline{\langle j_2 \rangle_j} \quad (10)$$

para: $j = 2^N - 1, \dots, 0$

$$\text{y} \quad V_2^j fx \neq 0$$

La representación de la FND(fx) se efectúa en notación vectorial inversa, para cada valuación no nula de fx, leyendo las potencias de la base 2 y las variables, ambas, de derecha a izquierda:

$$\text{p.ej. } 5: 2^2 + 2^0 = <10> \text{ n } <00> = <Q \text{ m-}P> \text{ n } <\neg Q \text{ m-}P> = \neg P$$

$$\text{y no: } 2^0 + 2^2 = <00> \text{ n } <10> = <\neg P \text{ m-}Q> \text{ n } <P \text{ m-}\neg Q> = \neg Q$$

Número decimal de la variable lógica k:

$$V_k = FNT - \frac{FNT}{2^{2^{k-1}} + 1} \quad (11)$$

para: $k = 1, \dots, N$

4.4. Definición de los diez operadores lógicos diádicos (método de suma de productos)

Condicional:

$$fx \rightarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - \left[\frac{V_2^j fx - V_2^j fy + 1}{2} \right] \right) \quad (12)$$

Condicional inverso:

$$fx \leftarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - \left[\frac{V_2^j fy - V_2^j fx + 1}{2} \right] \right) \quad (13)$$

*Conjunción:*²²

$$fx \wedge fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left[\frac{V_2^j fx + V_2^j fy}{2} \right] \quad (14)$$

o su forma booleana equivalente:

$$fx \wedge fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times V_2^j fx \times V_2^j fy \quad (15)$$

Alternativa inclusiva (disyunción):

$$fx \vee fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left[\frac{V_2^j fx + V_2^j fy + 1}{2} \right] \quad (16)$$

o su forma booleana equivalente:

$$fx \vee fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(V_2^j fx + V_2^j fy - (V_2^j fx \times V_2^j fy) \right) \quad (17)$$

²² Las funciones propuestas por Łukasiewicz: min para la conjunción y max para la disyunción -aun cuando son plenamente expresables con los cuatro operadores aritméticos fundamentales y la función entero- no han sido utilizadas para aligerar la notación.

Alternativa exclusiva (xor):

$$fx \otimes fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times (V_2^j fx + V_2^j fy) \bmod 2 \quad (18)$$

o la forma booleana equivalente:

$$fx \otimes fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times (V_2^j fx + V_2^j fy - (2 \times V_2^j fx \times V_2^j fy)) \quad (19)$$

o bien, la forma más sucinta, propuesta por Łukasiewicz:

$$fx \otimes fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times |V_2^j fx - V_2^j fy| \quad (20)$$

Se conserva la función valor absoluto utilizada por Łukasiewicz siendo ésta también expresable, con los cuatro operadores aritméticos fundamentales y la función entero.

Como se puede observar, ya han sido desplegados cinco diferentes operadores diádicos de los diez que integran el nivel lógico $_2L_2$ (véase la tabla 2.8), a continuación se expondrá sus respectivas formas complementarias.

Negación del condicional:

$$fx \sim \rightarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left[\frac{V_2^j fx - V_2^j fy + 1}{2} \right] \quad (21)$$

Negación del condicional inverso:

$$fx \sim \leftarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left[\frac{V_2^j fy - V_2^j fx + 1}{2} \right] \quad (22)$$

Negación de la conjunción (nand o trazo de Sheffer):

$$fx | fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - \left[\frac{V_2^j fx + V_2^j fy}{2} \right] \right) \quad (23)$$

o su forma booleana equivalente:

$$fx \mid fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - \left(V_2^j fx \times V_2^j fy \right) \right) \quad (24)$$

Negación de la alternativa inclusiva (nor o trazo de Peirce):

$$fx \downarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - \left[\frac{V_2^j fx + V_2^j fy + 1}{2} \right] \right) \quad (25)$$

o su forma booleana equivalente:

$$fx \downarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times CV_2^j fx \times CV_2^j fy \quad (26)$$

Equivalencia lógica (negación del xor):

$$fx \leftrightarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(V_2^j fx - V_2^j fy + 1 \right) \bmod 2 \quad (27)$$

o la forma equivalente basada en el *xor* de Łukasiewicz:

$$fx \leftrightarrow fy = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times \left(1 - |V_2^j fx - V_2^j fy| \right) \quad (28)$$

4.5. Funciones asociadas a la deducción lógica

Deducibilidad de fx (el número de deducciones posibles para fx):

$$Dfx = 2^{\sum_{j=0}^{2^N-1} (1 - V_2^j fx)} \quad (29)$$

es decir:

$$Dfx = 2^{\text{núm. de ceros en la expresión } fx} \quad (30)$$

Deducibilidad inversa de fy (el número de antecedentes válidos para fy):

$$Dify = 2^{\sum_{j=0}^{2^N-1} V_2^j fy} \quad (31)$$

es decir:

$$\text{Dify} = 2^{\text{núm. de unos en la expresión fy}} \quad (32)$$

La dilucidación semántica de todas y cada una de las expresiones proposicionales contenidas en la cardinalidad de los conjuntos Dfx y Dfy puede realizarse: *a) a través del método de fuerza bruta* (sumamente ineficiente) aplicando serial e indiscriminadamente el condicional, bajo las siguientes restricciones: $\{\forall fy \mid fy \geq fx\}$, para Dfx (proyección de fx) y, valga la redundancia, $\{\forall fx \mid fx \leq fy\}$, para Dfy (retroyección de fy) y *b) mediante la aplicación de los más eficientes algoritmos (33) y (34)*, respectivamente.

4.6. Soluciones a problemas no-clásicos, nunca antes vistos, ni planteados, dentro de la tradición lógica de la civilización occidental

Proyección de fx (serie semántica de todas las deducciones válidas para fx):

$$\text{Pry}(fx, i) = fx + \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times (1 - V_2^j fx) \times V_2^{\left(\sum_{m=0}^j (1 - V_2^m fx)\right)-1} i \quad (33)$$

$$\text{para: } i = 0, \dots, \left(2^{\sum_{k=0}^{2^N-1} (1 - V_2^k fx)} \right) - 1$$

Retroyección de fy (serie semántica de todos los antecedentes válidos para fy):

$$\text{Rtry}(fy, i) = C \left(Cfy + \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times (1 - V_2^j Cfy) \times V_2^{\left(\sum_{m=0}^j (1 - V_2^m Cfy)\right)-1} i \right) \quad (34)$$

$$\text{para: } i = \left(2^{\sum_{k=0}^{2^N-1} (1 - V_2^k Cfy)} \right) - 1, \dots, 0$$

4.6.1. Ampliación del sistema de aritmética²³

Progenitura de fz. Serie semántica de todos los posibles antecedentes (f_x 's) y consecuentes (f_y 's) válidos para una expresión fz propuesta a manera de resultado de una deducción a través del condicional:

$$\text{Prg}(fz, i, s) = \text{Pry}(\text{Pry}(Cfz, i), s) \quad (35)$$

$$\text{para: } i = 0, \dots, \left(2^{\sum_{k=0}^{2^N-1} (1 - V_2^k Cfz)} \right) - 1$$

$$\text{para: } s = 0, \dots, \left(2^{\sum_{i=0}^{2^N-1} (1 - V_2^i \text{Pry}(Cfz, i))} \right) - 1$$

La sucesión de los numerales ' i ' corresponde consecutivamente a cada antecedente válido (f_x) y depende solamente de fz –si bien en su cálculo, debido a las propiedades del operador condicional, parte necesariamente del complemento de fz –, por otra parte, la sucesión de los numerales ' s ' corresponde a todos los consecuentes válidos para cada uno de los antecedentes válidos, por lo tanto depende tanto de fz como del valor que adquiere la i -ésima proyección de Cfz que constituye cada antecedente válido (f_x).

Libre operación de cualquier operador (o función veritativa) sobre la serie de argumentos $g(k)$:

$$\text{LibOp}\left(\text{Op}, \{g(k_N), \dots, g(k_1)\}, N\right) = \sum_{j=0}^{2^N-1} 2^j \times V_2^j \times \prod_{k=0}^{N-1} 2^k \times V_2^k (g(k+1)) \quad (\text{Op}) \quad (36)$$

La aritmética permite esta novedosa función adicional mediante la cual puede calcularse no solamente el resultado de aplicar un operador

²³ Los conceptos que originan los algoritmos (35) y (36) no forman parte del proyecto original de Hugo Padilla Chacón, son aportaciones personales de este autor y constituyen parte de un proyecto de aritmética completa en lógicas multivaluadas que data del año 2000, actualmente en proceso de edición.

convencional previamente conocido en la tradición (\neg , \wedge , \vee , \rightarrow , j , \downarrow , \leftrightarrow , ζ , etc.), o algunos que ya han sido reportados en la literatura,²⁴ sino que también es posible, utilizando su número de código decimal –el cual es posible obtener por los métodos anteriores–, conocer inmediatamente y en un solo procedimiento, el resultado de la operación libre propuesta al ser aplicada en forma directa sobre la serie de los argumentos ($g(k)$) que son el objeto de su operación, dichos argumentos deberán ser inversamente ordenados, es decir de derecha a izquierda. La principal característica de este algoritmo (36) es su generalidad y universal aplicación en cualquier nivel lógico finito, bivaluado o multivaluado, necesitándose tan sólo sustituir la base binaria por la base multivaluada de que se trate.

4.7. Características del sistema

- 4.7.0. Todos los algoritmos son válidos, su validez ha sido probada por el método de *inducción matemática*, ya que, si bien, éstos operan en dominios finitos, donde en principio, de acuerdo con Donald Knuth (1997), es posible verificarlos exhaustivamente, especialmente en dominios cuya cardinalidad sea humanamente abordable, también es cierto que la ingente dimensión de los conjuntos resultantes y pertenecientes a dominios de muchas variables lógicas, impone ciertas restricciones a la verificación exhaustiva – incluso para su ‘inspección visual’: el método utilizado por Kiss S.A., (1947)–, por otra parte, habiéndose planteado este sistema para su funcionamiento irrestricto, con cualquier número, previamente definido, de variables lógicas, su validez integral como sistema, también ha sido corroborada por *inducción matemática*, aun tomando en cuenta que su aplicación es posible en un infinito potencial, pero nunca en un infinito en acto.
- 4.7.1. El sistema de aritmétización completa de la lógica bivaluada parte del uso inicial de fórmulas bien formadas (WFF) ya que en su aplicación no admite, en modo alguno, por improcedentes, expresiones mal formadas, pudiéndose sin embargo, acoplársele a este sistema, dada su modularidad, cualquier interfase o analizador sintáctico, como fue el caso de las versiones presentadas años atrás en las conferencias internacionales UNAM-UNISYS.²⁵

24 Véase p.ej.: Piaget J., 1952; Birkhoff G.- Kiss S.A., 1947 y Kiss S.A., 1948.

25 Véase Garduño-Soto G. *et al.*, 1989.

- 4.7.2. Permite transformar cualquier fórmula bien formada, con cualquier número y combinación de los operadores lógicos conocidos, o cualquier otra función veritativa, en una fórmula canónica (normal disyuntiva).
- 4.7.3. Permite decidir si una fórmula determinada cualquiera, con cualquier número y combinación de los operadores lógicos conocidos, o cualquier otra función veritativa, es o no un teorema de un cálculo proposicional axiomatizado.
- 4.7.4. Permite decidir, en deducción natural, todas las conclusiones semánticamente distintas que se deducen de un conjunto de premisas dado. A esta función se le conoce como: *Proyección*.
- 4.7.5. Resuelve un problema inusual dentro de la lógica. A saber: Permite obtener, en deducción natural, todos los conjuntos semánticamente distintos de premisas de los cuales se deduce –una vez determinado el número de variables en que se quiera encuadrar el problema– una fórmula cualquiera propuesta a manera de conclusión. A esta función se le llama: *Retroyección*.
- 4.7.6. La presente ampliación del sistema permite conocer todos los pares deductivos (antecedente: f_x y consecuente: f_y) que producen como resultante, a través del operador condicional, una expresión cualquiera (f_z) propuesta, sea ésta contradictoria, contingente o tautológica. A esta función se le denomina: *Progenitura*.
- 4.7.7. En la ampliación del sistema se ha incluido la posibilidad de conocer el valor resultante de aplicar indistintamente cualquier operador o función veritativa sobre la serie de argumentos que son el objeto de su operación, dentro del dominio finito de referencia, con un número definido de variables lógicas (N). A esta función se le reconoce como: *Libre operación*.
- 4.7.8. Los problemas se pueden plantear con cualquier número y combinación de los operadores lógicos tradicionales, o de cualquier otra función veritativa, las soluciones, en los casos 4.7.4, 4.7.5, 4.7.6. y 4.7.7 se obtienen en forma normal disyuntiva.
- 4.7.9. En el presente sistema los grupos y subgrupos de algoritmos resuelven problemas específicos, pero todos son interrelacionables permitiendo de este modo resolver, teóricamente sin límite, problemas de mayor grado de complejidad, el sistema al cual previamente se ha

denominado ‘SD’ se define como: $SD = <\{A_1, A_2, \dots, A_n\}, \{0, 1, 2, \dots, n\}, R>$,²⁶ en donde $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ es el conjunto de algoritmos, $\{0, 1, 2, \dots, n\}$, es el conjunto de los valores que pueden cobrar las variables y constantes de los algoritmos y R es una relación que permite la interconexión entre los algoritmos.²⁷

4.7.10. El sistema permite trabajar, en principio, con cualquier número finito de variables proposicionales (N), tan grande como se desee, definiendo de este modo el nivel de la lógica elegido ($_N L_2$). La limitación para el uso del sistema se establece, tan sólo, de acuerdo con la capacidad de cómputo o supercómputo disponible, o bien, siguiendo los criterios de eficiencia para algoritmos de Donald Knuth (1997), de acuerdo con la cantidad de papel y lápiz del que se pueda disponer en un tiempo finito. Aun con esta limitación, el sistema se desempeña mejor que las tablas de verdad u otros métodos actualmente tan en boga –tanto en lógicas finitarias, como infinitarias–, como las expansiones booleanas en series Reed-Muller, *tableaux*, cálculo lógico diferencial, etcétera, donde se puede apreciar la aparición de comportamientos indeseables, actualmente abordados, en los límites del colapso catastrófico, con sofistiquerías conceptuales extremas y técnicas como: *no-care* y *no-care-about-no-care*, en nada compatibles con los principios filosóficos que inspiran este sistema exacto.

5. Propiedades y desempeño del sistema de aritmétización de la lógica

Una vez que ha sido desplegado, actualizado y ampliado, el entramado conceptual y operativo del sistema primitivista de aritmétización completa de la lógica bivaluada finitaria, es procedente, antes de finalizar este escrito, mostrar algunos resultados concretos de

26 Véase: Garduño-Soto *et al.*, 1989.

27 Poco se ha tratado aquí sobre R , más allá de su implícita inserción en los algoritmos mismos, sobre esta relación se tratará, dado el espacio disponible, en otro lugar. El lector interesado encontrará una valiosa introducción a este fascinante aspecto de las relaciones y transformaciones de las expresiones lógicas en las poco conocidas y ya olvidadas publicaciones de los químicos Stephen Anthony Kiss (1947) y Marcel Boll (1948), así como en el libro del filósofo Jean Piaget (1952), donde por vez primera introduce y justifica formalmente su concepto de las transformaciones INRC: idéntica, inversa, recíproca y correlativa, para a su vez, incorporarlas posteriormente en su doctrina de epistemología genética como: ‘*opérations réelles de l'esprit parmi l'ensemble des opérations possibles*'; véase también Schang F., 2011.

su aplicación, trayendo previamente a la memoria la humana aspiración –cabalmente expresada en el ‘*Calculemus*’ de Leibniz–, por alcanzar en lógica la fluidez y sencilla armonía de un cálculo exacto, similar al aritmético según Frege, a este respecto conviene citar de nueva cuenta al lógico austriaco Ludwig Wittgenstein:

Las soluciones de los problemas lógicos deben ser sencillas, pues ellas establecen los tipos de la simplicidad.

Los hombres han tenido siempre la vaga idea que debía haber una esfera de cuestiones cuyas respuestas –*a priori*– estuvieran simétricamente unidas en una estructura acabada y regular.

Una esfera en la cual sea válida la proposición *simplex sigillum veri*.²⁸

Ludwig Wittgenstein. *Tractatus Logico-Philosophicus*. 5.4541

asimismo resulta interesante la apreciación de Stephen Anthony Kiss²⁹ quien primero alcanzó a percibir, si bien desde la cultura algebraica, las generales estructuras, ahora conocidas como ‘fractales’, subyacentes en el seno de la lógica, estructuras que son, a la vez, el motivo y la posibilidad de su aritméticación a través los algoritmos arriba expuestos:

La atención del lector es atraída nuevamente hacia la importancia del concepto de Estructura como base de todo conocimiento, ya sea resultante del razonamiento inductivo o deductivo. Las manifestaciones, leyes y regularidades de esta Estructura pueden ser percibidas por cualquier persona inteligente cuyas sensibilidades no hayan sido perturbadas por sus emociones o sus preocupaciones materiales o de otro tipo.

Stephen Anthony Kiss.

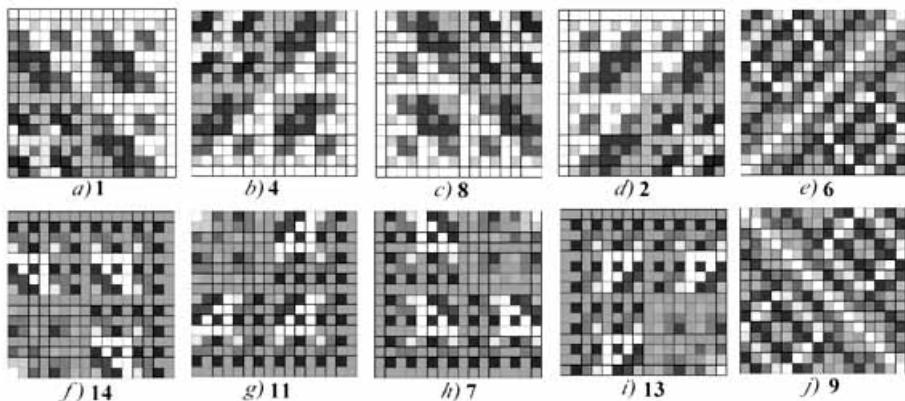
Transformation on Lattices and Structures of Logic

A continuación se muestra en las figuras 5.1 y 5.2 el desplegado completo de los resultados de la aplicación de los diez operadores diádicos del nivel $_2L_2$ (véase la tabla 2.8), así como sus propiedades de complementación, rotación y reflexión, en suma, su estructura:

28 La sencillez es el sello de la verdad.

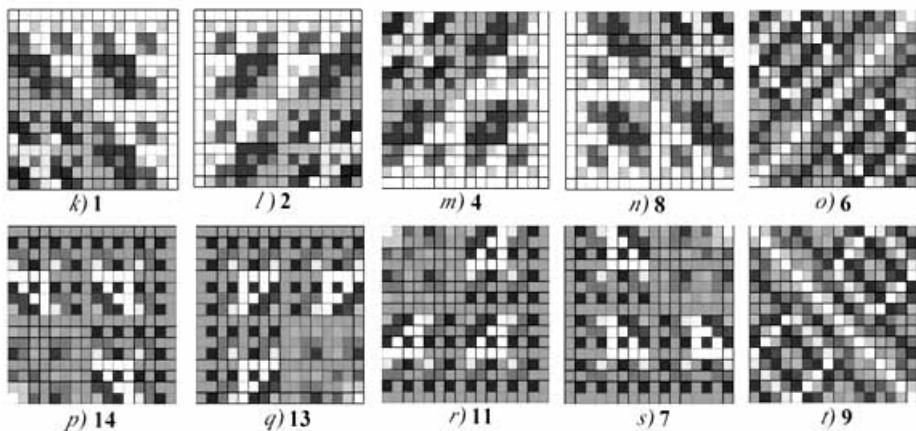
29 Totalmente ignorado y despreciado por los lógicos y matemáticos profesionales, dada su proveniencia de la disciplina química, excepción hecha de Garrett Birkhoff quien subrayó la enorme importancia de sus descubrimientos para el futuro, ya que según dijo, su época no estaba preparada todavía para apreciarlos.

Figura 5.1. Matrices resultantes de la aplicación de los diez operadores diádicos en $_2L_2$



a) Nor, b) Negación del Condicional Inverso, c) And, d) Negación del Condicional, e) Xor, f) Or, g) Condicional Inverso, h) Nand, i) Condicional, j) Equivalencia lógica. La variable P se sitúa en el eje de las abscisas de 0 a 15^{30} y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.³¹

Figura 5.2. Propiedades de rotorreflexión de los diez operadores diádicos del nivel lógico $_2L_2$



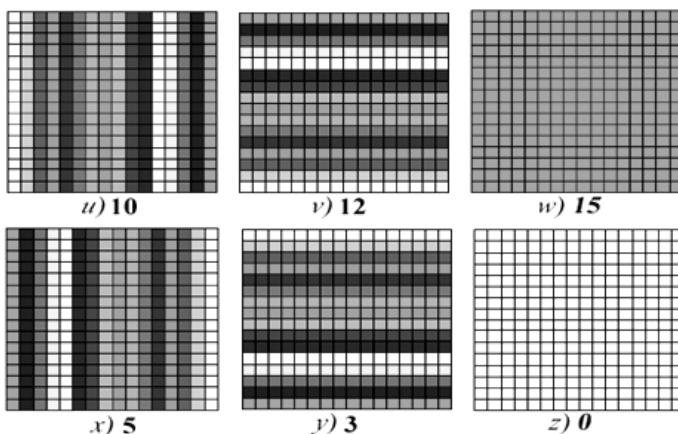
30 Los valores numéricos de 0 al 15 –aquí representados con colores– corresponden a las expresiones lógicas pertenecientes al dominio lógico $2L_2$, tal como se relaciona en las tablas 2.6 y 2.7.

31 Paul Saint Denis del MIT redescubrió independientemente estas matrices, muchos años después de Stephen Anthony Kiss y de Hugo Padilla-Chacón, véase: Saint Denis, P. y Grim P. *Fractal Images of Formal Systems*, 1997 y su *Philosophical Computer* (Grim, P. et al., 1998).

k) Nor, l) Negación del Condicional, m) Negación del Condicional Inverso, n) And, o) Xor, p) Or, q) Condicional, r) Condicional Inverso, s) Nand, t) Equivalencia lógica. La variable P se sitúa en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.³²

En la figura 5.3 se presenta la caracterización gráfica de la aplicación ‘mecánica’ (conforme define su columna veritativo-funcional en la tabla de verdad) de las funciones veritativas correspondientes a las expresiones monádicas, es decir, las variables lógicas P , Q y sus negaciones $\neg P$ y $\neg Q$ (expresiones cuya *aridad* es igual a la unidad), asimismo se presenta la caracterización gráfica de las expresiones ceroádicas o constantes (expresiones cuya *aridad* es igual a cero), es decir, la contradicción (?) y la tautología (>). Resultando de esta aplicación ‘mecánica’ unas matrices pseudodiádicas, cuyo único objetivo es mostrar la improcedencia de aplicar una función de menor *aridad* en un nivel lógico de mayor *aridad* –la aplicación recíproca es aun más improcedente–, pues el desplegado gráfico, en su invariabilidad y constancia, nos informa acerca de la futilidad o insignificancia de una de las variables en el caso monádico o de ambas variables en el caso ceroádico.³³

Figura 5.3. Propiedades de complementación en las expresiones monádicas y despliegado de las constantes ceroádicas en $_2L_2$ ³⁴



u) P , v) Q , w) Tautología ($>$), x) $\neg P$, y) $\neg Q$, z) Contradicción (?). La variable P se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Ejercicio introducido con el solo fin de visualizar la invariancia de estas funciones veritativas. Coloración arbitraria.

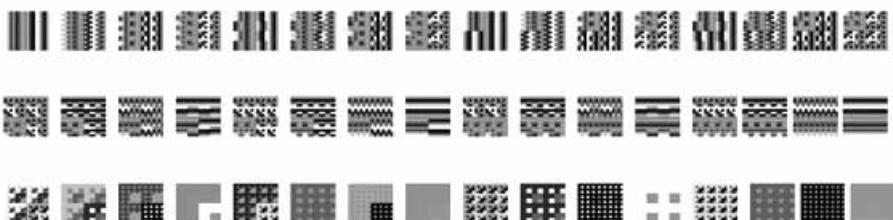
32 Los códigos, autómatas y tapicerías de Stephen Wolfram no apuntaron nunca directa, ni indirectamente, hacia el declarado propósito de discernir la estructura profunda de la lógica.

33 Véase la discusión referente a la *aridad* en el párrafo que antecede a la tabla 2.7.

34 Véase las tablas 2.3 y 2.4.

En las figuras 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 se muestra el desplegado gráfico de la función ternaria $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$ en el dominio ${}_3L_2$, este desplegado (originalmente de 0-255), se ha restringido al rango de las expresiones (0-15)³⁵ para mejor apreciar la progresión y distribución de esta estructura cúbica, a nivel numérico, en su representación gráfica. En la figura 5.4 se muestra condensados todos los cortes que sobre los ejes cartesianos x , y y z se realiza, para visualizar en estas caras el patrón que esta función exhibe al mantener fijo en cada corte el valor que en cada caso cobran las variables proposicionales P (en el eje de las x : figura 5.5), Q (en el eje de las y : figura 5.5) y R (en el eje de las z : figura 5.6) respectivamente, de modo tal que es posible apreciar –sin los huecos que otros autores del área computacional, o diseñadores, proponen para la representación tridimensional del triángulo de Sierpinski– la completa saturación de la función $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$, cuyo número de código decimal es: 242, ó: 11110010 en número de código binario.

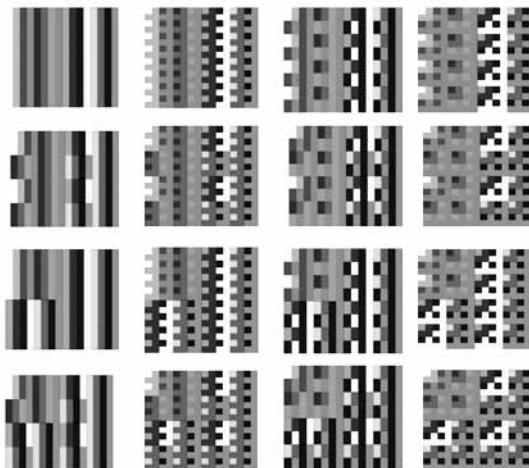
Figura 5.4. Desplegado completo del cubo resultante de la aplicación del operador ternario $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$ en ${}_3L_2$, cortes sobre los ejes X, Y y Z.



Cortes sobre los ejes x , y y z en orden descendente. En el primer renglón (variable P constante) La variable R se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. En el segundo renglón (variable Q constante) La variable P se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable R en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. En el tercer renglón (variable R constante) La variable P se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.

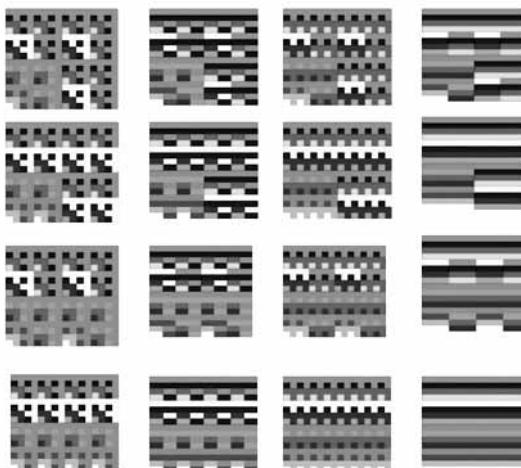
³⁵ Debe aclararse que la semántica lógica de los valores del rango (0-15) en el dominio ${}_3L_2$ difiere por completo de la semántica de los mismos números correspondientes al dominio ${}_2L_2$ (véase la tabla 2.7), correspondiendo entonces el rango (0-15) en ${}_3L_2$ a las expresiones lógicas listadas en la tabla 5.1 (véase: Garduño-Soto, G. 2008a), se ha mantenido la misma coloración, solamente para su mejor visualización.

Figura 5.4. Cortes transversales sobre el eje X del cubo del operador ternario $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$



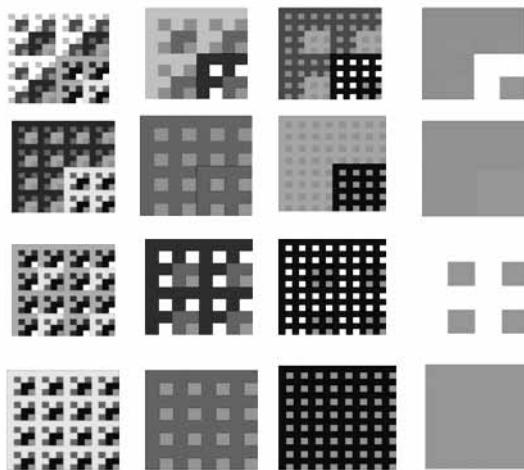
Progresión de los patrones de las caras para la variable P constante en cada matriz (cortes correspondientes para P de 0 a 15 en orden horizontal de izquierda a derecha y descendente). La variable R se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.

Figura 5.5. Cortes transversales sobre el eje Y del cubo del operador ternario $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$



Progresión de los patrones de las caras para la variable Q constante en cada matriz (cortes correspondientes para Q de 0 a 15 en orden horizontal de izquierda a derecha y descendente). La variable P se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable R en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.

Figura 5.6. Cortes transversales sobre el eje Z del cubo del operador ternario $(P \rightarrow Q) \rightarrow R$



Progresión de los patrones de las caras para la variable R constante en cada matriz (cortes correspondientes para R de 0 a 15 en orden horizontal de izquierda a derecha y descendente). La variable P se ubica en el eje de las abscisas de 0 a 15 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 15. Coloración arbitraria.

Tabla 5.1. Listado de la relación entre valores numéricos y su semántica lógica, para las primeras dieciséis expresiones del dominio ${}_3L_2$ ³⁶

Número de código decimal	Semántica lógica	Aridad	Variables lógicas involucradas	Forma normal disyuntiva (FND)
0	Contradicción (?)	0	Ninguna	Si disyuntos ($\{ \emptyset \}$)
1	$(P \vee Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
2	$(R \rightarrow Q) \wedge (\widetilde{P \rightarrow Q})$ (antecedente de bArOcO) ³⁷	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge \neg Q \wedge P)$
3	$Q \downarrow R$	2	$Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge \neg Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
4	$(Q \rightarrow P) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P)$
5	$P \downarrow R$	2	$P \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
6	$(P \leftrightarrow Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$\dots (\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P)$

36 Para ver el listado completo de las 256 expresiones lógicas (con número de código decimal de 0 a 255) pertenecientes al dominio ${}_3L_2$, véase: Garduño-Soto G., 2008a.

7	$(P \wedge Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
8	$(Q \rightarrow P) \wedge (\widetilde{Q \rightarrow R})$ (antecedente de fErIO, fEstInO, bOcArdO, fErIsOn y fEsIsOn)	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P)$
9	$(P \otimes Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
10	$\widetilde{P \rightarrow R}$ (consecuente de fErIO, fEstInO, bArOcO, fElAptOn, fErIsOn, fEsApO y fEsIsOn)	2	$P \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P)$
11	$(Q \widetilde{\rightarrow} P) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
12	$(Q \widetilde{\rightarrow} R)$	2	$Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
13	$(P \widetilde{\rightarrow} Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$
14	$(P \downarrow Q) \downarrow R$	3	$P, Q \text{ y } R$	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P)$
15	$\neg R$	1	R	$(\neg R \wedge Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge Q \wedge \neg P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge P) \vee (\neg R \wedge \neg Q \wedge \neg P)$

El algebrista avezado reconocerá de inmediato en las matrices de las figuras 5.4, 5.5 y 5.6, la estructura algebraica de grupo, si bien en la actualidad no se ha establecido, formal, sólidamente y con fluidez, la relación entre la lógica y la teoría de grupos, relación que será tratada por este autor en otro lugar, es necesario hacer notar que algunos progresos se ha hecho en este sentido, al haber ya reconocido algunos autores (entre los primeros: Kiss, S.A., 1948; Boll, M., 1948 y Piaget J., 1952, y más recientemente: Yanushkevich S., 1998) la estructura de anillo dentro de la lógica y su operar sistemático.

Por otra parte, en las estructuras fractales anteriores y las subsecuentes, el lector podrá notar la similitud del condicional y otros operadores con el triángulo fractal de Sierpinski.

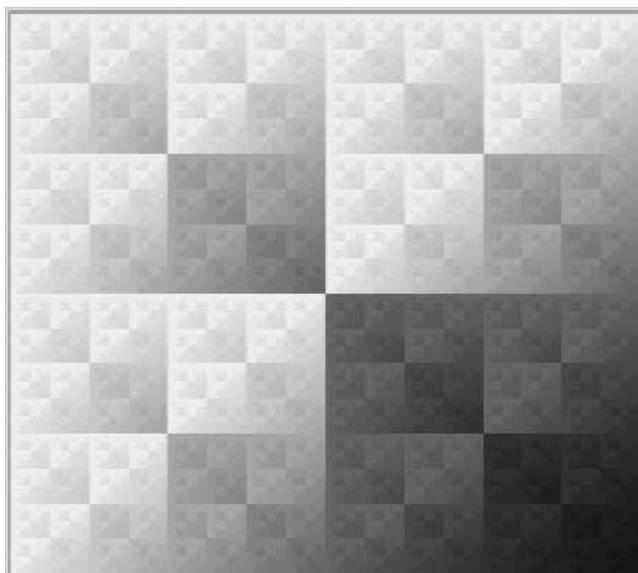
A continuación, a título de ilustración final, de la capacidad y perfecto encaje dentro del nivel de la lógica tradicional, de este sistema de aritmetización de la lógica, en las figuras 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10³⁸ se muestra

37 Véase la nota al pie de página número 8 sobre la notación silogística.

38 Algunos gráficos similares, sin especificación alguna de su razón constructiva, circulan ya en la WWW, por otros autores, algunos diseñadores, a partir de fechas muy posteriores a las primeras implementaciones del sistema aquí presentado (por ejemplo: http://www.fractalnet.org/gallery2/v/FRACTAL/Sierpinski_htm1, ca. 2010).

el desplegado completo de los resultados de la aplicación aritmétizada de los operadores lógicos del condicional, la negación del condicional, el XOR y la equivalencia lógica (Garduño-Soto G., 2008b) en el dominio triproposicional ($_3L_2$).

Figura 5.7. Matriz del condicional lógico en $_3L_2^{39}$
(coloración constructiva)⁴⁰



39 La variable P en el eje de las abscisas de 0 a 255 y la variable Q en el eje de las ordenadas también de 0 a 255.

40 La coloración en los desplegados fractales se ha construido sobre el patrón de la tricromía aditiva: rojo, verde y azul (RGB por sus siglas en inglés) con valores proporcionales (0-255) para los canales R, G, B, de acuerdo con las correspondientes valuaciones numéricas binarias de cada expresión o variable lógica.

Figura 5.8. Matriz de la negación del condicional lógico en ${}_3L_2$ (coloración constructiva)

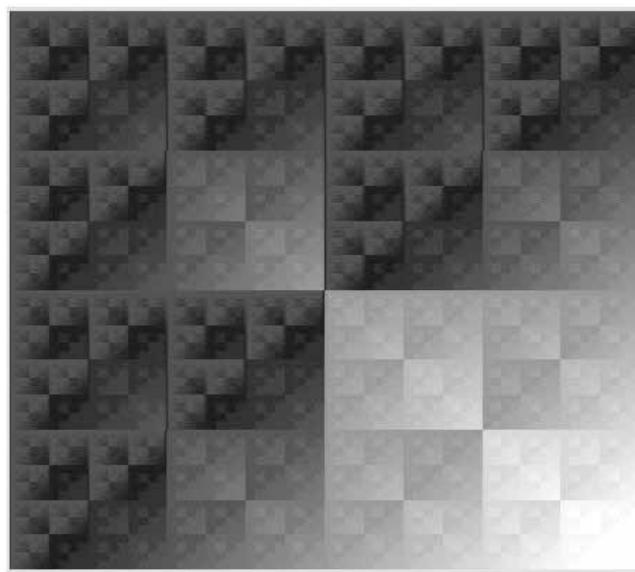


Figura 5.9. Matriz del XOR en ${}_3L_2$ (coloración constructiva)

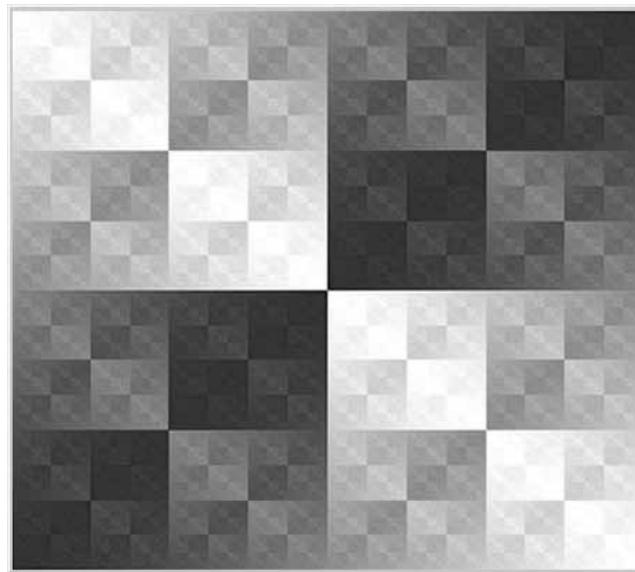
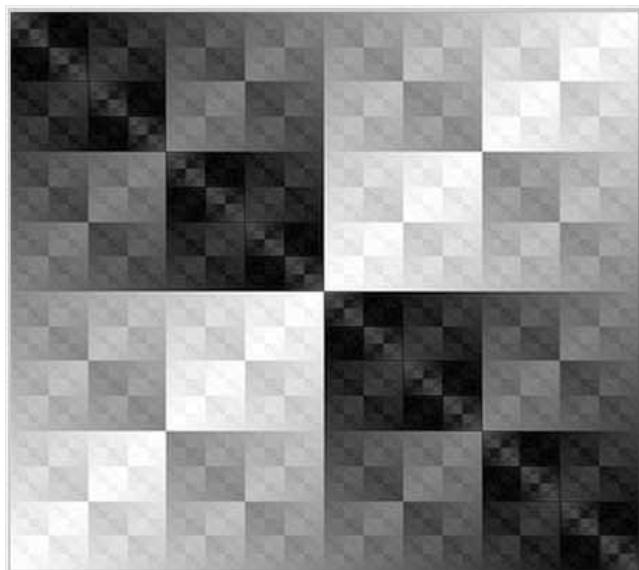


Figura 5.10. Matriz de la equivalencia lógica en ${}_3L_2$ (coloración constructiva)



6. A manera de conclusión

Como el lector ha podido apreciar, el sistema de aritméticación completa de la lógica bivaluada finitaria aquí presentado es cabalmente funcional y se apega estrictamente, en su desempeño, a la estructura y a las operaciones mismas de la lógica tradicional, a punto tal que, incluso con un número pequeño de variables lógicas, es capaz de producir grandes sorpresas⁴¹ al operador de las distintas implementaciones existentes, ya que la capacidad de abstracción normal del ser humano no es naturalmente competente en el manejo de más allá de cuatro objetos lógicos independientes, según ha sido demostrado en montajes experimentales realizados por connotados psicólogos cognitivos.⁴² Es en este sentido que los conceptos filosóficos que han inspirado la construcción de este sistema, encuentran un sólido soporte que permite proseguir la investigación sobre esta vía, con la fundada esperanza de encontrar nuevos caminos que permitan seguir avanzando a la lógica -inactiva después de más de veinticuatro siglos sin adiciones

41 Si bien el autor adhiere al criterio de Wittgenstein según el cual en la lógica, formalmente hablando, no hay sorpresas, ya que toda consecuencia en lógica está definida de antemano (v. *Tractatus* 6.125, 6.1251 y 6.1262).

42 Véase: Johnson-Laird, P.N. et al., 1994.

sustantivas, hasta los inicios del siglo XX- ya que el autor considera que este enfoque de la disciplina lógica apenas ha comenzado a producir sus propios frutos, sus propios panoramas, donde se descubre que la deducción lógica tradicional (véase: Wittgenstein L., *Tractatus*, 6.1262), que ha orientado, como única noción y vía de consecuencia válida, a los lógicos durante siglos, no es sino una sola vía posible, entre varias, para el ejercicio racional.

7. Referencias

- Bell, E.T. *Arithmetic of Logic*. AMS, 1927.
- Birkhoff, Garrett y Kiss, Anthony Stephen. "A ternary operation in distributive lattices." *Bull. Amer. Math. Soc.* 53, 749-752, 1947.
- Boll, Marcel. *Manuel de logique scientifique. Remplaçant et complétant les Elements de Logique Scientifique*, 1942. Dunod, Paris, 1948.
- Boole, George. *An investigation of the laws of thought on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities*. Walton and Maberly, Londres, 1854. Reimpresión: Dover, Nueva York, 1958.
- Clarke, Arthur C. *Profiles of the Future*. © 1958. Harper and Row, 1963.
- Copi, Irving Marmer. *Introduction to logic*. Nueva York, MacMillan, 1953.
- Ernst Nagel, James R. Newman. *Göedel's Proof*. (ed. Douglas R. Hofstadter), edición revisada. New York University Press, 2001.
- Enderton, H.B. *A mathematical introduction to logic*. Academic Press, Nueva York, 1972.
- Frege, Gottlob. *Begriffsschrift*. Halle, Nebert, 1879. (Primera traducción al español por Hugo Padilla-Chacón con el título *Conceptografía*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1972.)
- Frege, Gottlob. *Die Grundlagen der Arithmetik*. Breslau, Marcus, 1884. (Traducción de Hugo Padilla-Chacón con el título *Los Fundamentos de la Aritmética*. Publicada en conjunto con la *Conceptografía* en 1972. Obra de Frege también traducida por Ulises Moulines con el mismo título, Barcelona, Laia, 1972.)
- Garduño-Soto, G., Thierry-García D.R., Vidal-Uribe R., Padilla-Chacón H. "Sistema experto para resolver problemas lógicos de deducción." *Va. Conferencia Internacional: Las Computadoras en Instituciones de Educación y de Investigación*. Cómputo Académico, UNAM, UNISYS, México, noviembre 14-16, 1989. (https://www.academia.edu/4981008/SISTEMA_EXPERTO_PARA_RESOLVER_PROBLEMAS_L%C3%93GICOS_DE_DEDUCCION) ó <http://es.scribd.com/doc/181374929/Sistema-Experto-para-Resolver-Problemas-Logicos-de-Deducion>).
- Garduño-Soto, G. "2. The trip propositional bivalent level (L_2) and its relationship with the aristotelic syllogistic." En: *Opuscula logica* ($L_2 \rightarrow L_1 \rightarrow L_3 \rightarrow L_2$). Edición de autor. Registro Secretaría de Educación Pública-Indautor 03-2008-090813382900-01. México D.F., 2008a. (<https://www.academia>

- edu/14750611/Opuscula_logica._2._The_Tripropositional_Bivalent_Level_3L2_and_its_Relationship_with_the_Aristotelic_Syllogistic_).
- Garduño-Soto, G. *Colección de diseños gráficos no. 1. (Operadores bivalentes – once variaciones en RGB)*. Edición de autor. Registro Secretaría de Educación Pública-Indautor 03-2008-080111390900-14. México D.F., 2008b.
- Göedel, Kurt. *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia mathematica und verwandter Systeme I*. 1931. ("On formally undecidable propositions of Principia Mathematica and related systems I." En: Heijenoort J.V. *From Frege to Gödel*. Harvard University Press, 1967. Existe también la traducción al español por Jesús Mosterín, en: Göedel K. *Obra Completa*, Alianza Universidad, Madrid, 1981.)
- Grim, Patrick; Mar, Gary R.; Saint Denis, Paul. *The Philosophical Computer*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- Harari, Yuval Noah. *Sapiens. A Brief History of Humankind*. © 2011. Random House, Londres, 2014.
- Heijenoort, J.V. *From Frege to Gödel*. Harvard University Press, 1967.
- Kiss, Stephen Anthony. *Transformation on Lattices and Structures of Logic*. Edición de autor, auspiciada por Standard Oil Development Co., Nueva York, 1947.
- Kiss, Stephen Anthony. "Semilattices and a ternary operation in modular lattices." *Bull. Amer. Math. Soc.* 54, 1176-1179, 1948.
- Kiss, Stephen Anthony. *An introduction to algebraic logic*. Edición de autor, Westport, Connecticut, enero, 1961.
- Knuth, Donald Ervin. *Fundamental Algorithms. The Art of Computing Programming*. Vol. 1, 3a. ed. Addison-Wesley, Reading, Massachussets, 1997.
- Johnson-Laird, P.N.; Byrne, R.M.; Schaeken, W. "Propositional reasoning by model." *Psychol. Rev.* Oct. 101, (4), 711-724, 1994.
- Łukasiewicz, Jan. *La silogística de Aristóteles desde el punto de vista de la lógica formal moderna*. Tecnos, Madrid, 1977.
- Mates, Benson. *Elementary Logic*. Oxford University Press, Nueva York, 1965.
- Medawar, Peter B., *Los límites de la ciencia*. FCE, México, 1971.
- Padilla-Chacón, H. "Enfoque matemático de la semántica del cálculo proposicional." *Revista de Filosofía*. Universidad Iberoamericana. México, D.F. Enero-abril, (44), 158-175, 1984. (http://es.scribd.com/doc/101816136/Enfoque-matematico-de-la-semantica-del-calculo-proposicional-de-Hugo-Padilla?in_collection=3733275).
- Piaget, Jean. *Essais sur les Transformations des Opérations Logiques. Les 256 opérations ternaires de la logique bivalente des propositions*. Bibliothèque de Philosophie Contemporaine. Logique et Philosophie des Sciences. PUF, París, 1952.
- Piaget, Jean. *Essai de logique opératoire*. Dunod, París, 1971. (Traducción al español de la 2^a ed. por María Rosa Morales de Spagnolo, con el título: *Ensayo de lógica operatoria*. Guadalupe, Buenos Aires, 1977.)

- Post, Emil Leon. *Introduction to a general theory of elementary propositions*. 1921.
En: Heijenoort J.V. *From Frege to Gödel*. Harvard University Press, 1967.
- Quine, W.V.O. *Methods of logic*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1959.
(Traducción al español por Acero J.J y Guasch N. con el título *Los métodos de la lógica*. Col. Obras maestras del pensamiento contemporáneo. No. 32. Planeta-De Agostini, Barcelona, 1993.)
- Rosser, J.B. *Logic for mathematicians*. McGraw-Hill Book Co., 1953.
- Saint Denis, P. y Grim P. "Fractal Images of Formal Systems." *The Journal of Philosophical Logic*, 26, 181-222, 1997.
- Salehi, P. Saeed. "Decidable formulas of intuitionistic primitive recursive arithmetic." *RML*, 2002.
- Schang, Fabien. "An arithmetization of the logic of oppositions." LHSP Henri Poincaré, Nancy 2. Simposio afiliado: *The Logic of Opposition*. CLMPS, Nancy (julio 19-26, 2011). (Disponible en: www.academia.edu).
- Schröder, Ernst. *Vorlesungen über die Algebra der Logik (exakte Logik)*. 3 vols. (I - III). Leipzig, B.G. Teubner, (1890-1910).
- Shannon, C.E. "A symbolic analysis of relay and switching circuits." *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*. (57), 713-723, 1938.
- Sheffer, H.M. "A set of five independent postulates for boolean algebras." *Transactions of the American Mathematical Society*. (14), 481-488, 1913.
- Sotirov, V. "Arithmetizations of syllogistic à la Leibniz." *J. App. Non-Class. Log.* 9, (2-3), 387-405, 1999.
- Uckelman, S.L. *Computing with Concepts, Computing with Numbers: Llull, Leibniz, & Boyle*. CIE, 2010. (Disponible en: www.academia.edu).
- Whitehead, A.N. y Russell B. *Principia Mathematica*. I (1910) - II (1912) - III (1913), Cambridge, University, 2a. ed., 1925 - 1927.
- Wittgenstein, Ludwig. *Tractatus Logico-Philosophicus*. Kegan-Paul, Londres, 1922. (Traducción al español por Enrique Tierno Galván en: *Revista de Occidente*, Madrid, 1957. Existen otras ediciones en español, p.ej. en: Alianza Universidad y Tecnos de Madrid, así como en la WWW).
- Wolfram S. *Cellular automata as simple self-organizing systems*. Caltech preprint CALT-68-938, 1982.
- Wolfram S. "Statistical mechanics of cellular automata." *Reviews of Modern Physics*, 55, 601-644, julio, 1983.
- Wolfram, S.; Martin, O.; Odlyzko, A.M. "Algebraic properties of cellular automata." *Communications in Mathematical Physics*, 93, 219-258, marzo, 1984.
- Yanushkevich, S. "Arithmetical canonical expansion of Boolean and MVL functions as generalized Reed-Muller series." *Proceedings IFIP WG 10.5 Workshop on applications of the Reed-Muller Expansion in circuit design-Reed-Muller'95*. 300-307, Japón, 1995.

Yanushkevich, S. *Logic differential calculus in multi-valued logic design*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecinskiej. Szczecin, Polonia, 1998, (tesis doctoral).

Zhegalkin, I.I. О технике вычислений предложений в символической логике. *Rec. Math.*, XXXIV: 1; Moscú, 1927. (Resumen en francés. *Sur le calcul des propositions dans la logique symbolique*.)

Zhegalkin, I.I. Арифметизация символической логики. *Rec. Math.*, XXXV : 3 – 4; Moscú, 1928. (Resumen en francés. *L'arithmetisation de la logique symbolique*.)

THE INTERPRETATION OF INTENTIONAL ACTIONS: Three non reducible features

Pablo Quintanilla
Pontificia Universidad Católica del Perú
pqquinta@pucp.edu.pe
Lima

SUMMARY

In this paper I wish to explore four features that I take to be necessarily present in every possible interpretation of intentional agents. These are the *holistic*, *rational*, *teleological* and *normative* attribution of mental states and actions. I also want to argue that from these, the latter three features cannot be present in a physical explanatory description, which would prove that intentional interpretation cannot be reducible to physical explanation.

Key words: Interpretation, intentionality, agency, non-reducibility.

RESUMEN

En este artículo me propongo explorar cuatro rasgos que considero deben estar necesariamente presentes en toda interpretación posible de los agentes intencionales. Estos son el carácter holista, racional, teleológico y normativo de toda atribución de estados mentales y acciones. También deseo sostener que de estos, los últimos tres rasgos no pueden estar presentes en una descripción explicativa física, lo que probaría que la interpretación intencional no puede ser reducida a la explicación física.

Palabras clave: interpretación, intencionalidad, agencia, irreducibilidad.

The distinction between explanation and interpretation has a long and complicated history. Johann Droysen coined it in order to distinguish between the methods of the physical and the historical sciences, but Wilhelm Dilthey made it popular when he wanted to distinguish between the methods of the natural and the human sciences.¹ Since Dilthey,

¹ Johann Droysen, "Grundriss der Historik", in: R. Hübner (ed.), *Historik, Vorlesung über Enzyklopädie und Methodologie der Geschichte*, Munich: 1937. Wilhelm Dilthey, *Introduction to the Human Sciences*, Edited with an introduction by Rudolf A. Makkreel and Frithjof Rodi, Princeton University Press, 1989.

this distinction has been a common presupposition in hermeneutics, running all the way through Heidegger, Gadamer, Ricoeur and Charles Taylor. For Dilthey, this methodological dualism was tied to ontological dualism. He thought that explanation and interpretation have to be different methods, because they are describing different objects: the natural world, on the one hand, and the human (intentional) world on the other. It has been widely debated within this tradition whether and in what sense the physical and the human worlds are actually two different worlds, or whether they are just two aspects of the same reality. But, ontological considerations apart, the claim here is that we *explain* reality under the physical description, whereas we *interpret* it under the intentional one. However, interpretation can also be seen as a particular kind of a broader concept of explanation. For instance, if I find the beliefs and desires that caused someone's behaviour I can say that I *explained* her actions. But then, 'interpretation' would be the name we give to a particular kind of explanation, intentional explanation, as opposed to physical explanation. So, in a sense, both physical explanation and intentional interpretation are part of a more general notion of explanation: the idea of making sense of something. Following the tradition, however, in this paper I will use 'explanation' for physical explanation and 'interpretation' for the intentional explanatory methodology of the attributions of mental states to an agent in order to make sense of her behaviour.

Perhaps we could explain people's behaviour by using solely a physical vocabulary. In principle, it is conceivable that we could explain why people do what they do, or why they have the mental states they have, by describing the neurophysiological processes that caused their behaviour. Moreover, perhaps we could even explain the very abilities of being able to interpret and understand other people as physical phenomena, that is, as physiological mechanisms that evolved by adaptation to the environment and by natural selection. But that is not the kind of approach I am pursuing here. As I see it, there is a difference of approach between a physical and an intentional description of human beings. The former *tends* to see them as natural events within larger natural events, whose behaviour is deterministically governed by the principle of the uniformity of nature. Although physical explanation is not necessarily committed to determinism, determinism and the principle of uniformity of nature tend to be at least regulative ideas in the explanation of nature. A physical explanation, within contemporary physical sciences, *normally* requires the subsuming of particular events under covering laws, such that if we can do this we might also be able to predict their future behaviour. When we interpret human beings, we

might also want to predict their behaviour and to subsume particular actions under general regularities (not necessarily strict laws). An example of this is when we show that somebody behaved in some particular way because she always does it, or when we make sense of the behaviour of social communities in terms of general historical patterns. Up to this point, there is not much difference between the methodologies of the physical explanation and the intentional interpretation. The main difference lies in that interpretation requires something that the physical explanation doesn't require. As I will argue, in interpreting a person we want to find the rationality of her behaviour and the mental states that underlie it. We attribute to an agent mental states like beliefs, desires, emotions, sentiments, etc., because we want to see the interconnections between her mental states and her behaviour, and we also want to ascribe meanings to some of her actions, particularly to her linguistic utterances. Under the intentional description we tend to see people as rational agents that tend to behave following aims they have chosen, and that attach significance to other people, circumstances and things. Under the physical description, on the other hand, we see them as parts of a larger physical mechanism.²

I suggest that the most salient features of the kind of description that we call 'interpretation' are the *holistic*, *rational* and *teleological* attribution of mental states and actions to people. Now I will articulate these concepts and I will argue for them.

The intentional description is *holistic* in that it claims that we can only attribute to people sets of interconnected mental states and actions.³ It wouldn't be possible to attribute to a person only one mental state, or a mental state that was totally disconnected from her system of mental states.

Whereas the physical description tends to explain by showing how a given phenomenon conforms to a natural law, the interpretation of human behaviour works in a different way. As I will argue, a piece of behaviour is intelligible to us if we find it *reasonable*. And when we ascribe a consistent system of mental states and actions to a person we 'rationalize' her behaviour. Yet, the criterion that guides our attributions is our own views about what is true and what is the rational thing to do, all things considered. We use as criterion for interpretation what we

2 "The only effective way we have of understanding human beings is to take the doings which we describe as actions to be the behaviourally rational outcome of beliefs and desires and to use those doings therefore as a token of the agent's mental states." Graham Macdonald and Philip Pettit, *Semantics and Social Science*, London: Routledge and Kegan Paul, 1981, p.28.

3 To say that we can attribute an action to a person, just means that we can describe her behavior as performing an action.

think we would believe and do, if we were the agent and we were in her circumstances.

To understand the intentional behaviour of an agent, it is a necessary condition to find her, by and large, rational. And to find an agent rational is to find general consistency between her beliefs, desires, and actions. I will use 'consistent' in a logical sense when talking about the consistency of beliefs that involve propositions. But in all other cases, I will use 'consistent behaviour' in a broader sense, to mean behaviour that, to the interpreter's eyes, doesn't show incompatibility between beliefs, desires, and actions. Likewise, the agent's behaviour will be considered inconsistent if the interpreter attributes to it incompatible mental states and actions. Mental states and actions are incompatible if they exclude each other. For instance, if two actions seem to pursue goals that exclude each other, if a sub-set of mental states excludes another sub-set of mental states, or if a sub-set of mental states excludes an action. But in all of these cases the inconsistency has to be found within a broader interpretation of the agent. That is, a single mental state cannot exclude an action; it has to be a set of interconnected (and consistent) mental states that exclude an action or a set of actions. Yet, the inconsistency we are concerned with is in the agent's behaviour as seen from the eyes of the interpreter. The reason is that actions are seen by the interpreter always under some description.

We can of course ascribe to the agent some amount of irrationality, but we have to do it against a larger background of rationality that we are attributing to her. The reason is that a piece of behaviour can be considered irrational by the interpreter, only if it deviates from what he takes to be the generally consistent behaviour of the agent. If the interpreter is making sense of the agent, that is, if he is attributing to her a set of consistent mental states and actions, inconsistencies have to be exceptional. If the interpreter can't find general rationality in the agent's behaviour, if he fails to find general consistency between her beliefs, desires, and actions, he doesn't have any reason to think he is exposed to intentional behaviour rather than just physical events. In the most extreme case in which the interpreter can't find connections between the agent's mental states and actions, he would have to admit that he is not exposed to intentional actions but to physical events that would have to be explained in physical terms. However, this would certainly be an extreme situation. What we have here is a continuum: on the one hand an intentional description and on the other a physical explanation. If we find an agent's behaviour largely rational we are moving in the intentional description. If we find breakdowns in the connections between her mental states and actions, we might attribute to her unconscious mental

states in order to make sense of her unusual behaviour, or different degrees of irrationality.⁴ But if we can't even do this, we will probably have to move towards the other end of the spectrum, and try to explain physically her behaviour rather than understand it intentionally. But, as I have pointed out, in normal circumstances we are somehow in between both extremes of the continuum. Even in the case of normal people, we make sense of them by using simultaneously an intentional and a physical description: we attribute mental states to their actions, but we also consider their bodies subject to the laws of nature.

Rationality has a normative component in the sense that, when we attribute to a person certain intentional mental states or the performance of certain actions, we don't see those actions as conforming to general physical laws, but as conforming to certain norms. When we attribute mental states and actions we also attribute to the agent normative commitments toward the future.⁵ If we attribute to the agent certain beliefs and desires, we commit her to having other beliefs and desires we think she *ought* to have if she were to be considered rational. Not only we have beliefs about how she should behave or what she should believe, but we also commit her to such behaviour or beliefs, and those normative commitments will be part of our interpretation of her. For instance, if we attribute to the agent the belief that p and the belief that p entails q, we think that (in ideal conditions and if she is aware of it) she *should* also believe that q. Likewise, if we attribute to her the belief that p is the right thing to do and the belief that there is no restriction for doing p, we attribute to her the normative commitment to do p. To attribute a normative commitment to the agent is to say that she *should* do such and such, although she *could* perfectly well decide not to do it. This doesn't apply to the physical description. It wouldn't make sense to say that a rock *should* observe Newton's law of gravity as though it could decide not to observe it. Thus, the attribution of mental states and actions involves the attribution of normative commitments. This idea is summed up by McDowell in the following way:

"Propositional attitudes have their proper home in explanations in which things are made intelligible by being revealed to be, or to approximate to being, as they rationally ought to be. This is to be contrasted with a style of explanation in which things are made intelligible by representing

-
- 4 As, for example, weakness of the will, self-deception, division of the mind, wishful thinking, etc.
 - 5 This claim is extensively discussed by Carlos Moya. He thinks that what distinguishes action from mere happening is intentionality, and this should be understood as a kind of commitment for future behavior. He says: "Our ability to commit ourselves to do things in the future is an essential part of agency and of our consciousness of being agents." Carlos Moya, *The Philosophy of Action*, Oxford: Basil Blackwell, 1990, p.48.

their coming into being as a particular instance of how things tend to happen.”⁶

The intentional description is *teleological* in that we make sense of a person’s behaviour in relation to what we take to be her aims and long term purposes. This doesn’t mean that every attribution of a mental state or an action has to be *teleological*. The attribution of pains or emotions, for instance, doesn’t have to be teleological; and there is nothing teleological if I attribute to a person the belief that Rome is the capital of Italy. But an interpreter can attribute a mental state or action only if they are part of a network of interconnected mental states and actions; and the network has to have teleological components. In other words, in order to understand the intentional actions of an agent, the interpreter has to assume that her general behaviour is driven by purposes. And, some times, in order to find what are the general purposes that govern the agent’s behaviour, the interpreter has to look for what she values and considers significant. It could be objected that a physicalist could hold that teleology can be accounted for by biology, such that we wouldn’t need to place teleology in an intentional description, but in a physical explanation. It seems to me that biology can explain some kinds of teleological behaviour of individuals or species; for instance behaviour addressed to survival, reproduction, etc. But what biology cannot explain (at least not on its own) is purposeful behaviour in terms of the agent’s most specific personal projects and values, and what has significance for her, which is the main characteristic of teleological behaviour that I am stressing here. That is, although biology could explain some of a person’s actions and her aims in terms of general physical tendencies of the species, the intentional description looks for what this person in particular considers valuable and significant. This is something that biology does not do and most likely cannot do.

The first feature (holism) is present both in the intentional and in the physical description. The threee latter features (rationality, teleology and normativity) are absent in a physical description of human beings but, it seems to me, are essential for interpretation.

Some people think that the distinction between explanation and interpretation reflects a deeper ontological distinction between physical mind-independent objects and cultural mind-dependent objects.⁷ Others claim that interpretation is the proper method also in the natural

⁶ John McDowell, “Functionalism and anomalous monism”, in: LePore and McLaughlin (eds.), *Actions and Events. Perspectives in the Philosophy of Donald Davidson*, Oxford: Basil Blackwell, 1985, p.389.

⁷ Cf. Charles Taylor, “Interpretation and the Sciences of Man”, in his *Philosophy and the Human Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

sciences.⁸ And some others think that there is no relevant distinction whatsoever; under this category fall all kinds of eliminativists and reductionists, who think that whatever can be described in mental terms can also be better described and explained in physical terms.⁹ Finally, there are those who think that the very distinction between explanation and interpretation is committed to an ontological distinction that they want to avoid.¹⁰ In my view, the distinction between explanation and interpretation is solely methodological and it is not associated with an ontological dualism.

An important feature of the interpretation of an agent's behaviour is that it requires the application of the principle of charity, whereas explanation within the physical description doesn't. The main idea in this principle, is that a necessary *a priori* condition for the interpretation of an intentional agent is the assumption that she is mostly rational, a believer of truths, and a person that acts according to what she thinks is the best option, all things considered. This is not a principle we use when we explain under the physical description. Both the physical and the intentional descriptions, when addressed to people, aim to make sense of them, but the way they do it can be very different. On the one hand, we explain the physical events related to someone's behaviour by telling a story about neural arrangements and other physical processes, and in doing so we want to integrate the agent's behaviour with the general regularity of nature. On the other hand, we interpret the agent's behaviour by telling a story about her mental states and actions, and in doing so we want to integrate her behaviour and the mental states we attribute to her with the behaviour and mental states that we find familiar, which are normally an extension of our own social practices and mental states. In this sense, I claim that interpretation is a description of the agent's behaviour and mental states in terms of the interpreter's mental states, taking as frame of reference the shared world.

We could see this kind of description as follows. We interpret an agent to find her intelligible to our own eyes. But what is it to find someone intelligible? It is to find a connection (logical and causal) between her different mental states, her actions, and the meanings of her

8 Cf. Thomas Kuhn, "The natural and the human sciences", in: Hiley, Bohman and Shusterman, *The Interpretive Turn*, Ithaca: Cornell University Press, 1991.

9 Cf. Paul Churchland, *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, New York: Cambridge University Press, 1979.

10 Cf. Richard Rorty, "A reply to Dreyfus and Taylor", in: *The Review of Metaphysics*, Vol. XXXIV, No. 1, September 1980; "Inquiry as recontextualization: An anti-dualist account of interpretation", in: *Objectivity, Relativism and Truth. Philosophical Papers*, Vol. I, Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

utterances. It is also necessary to look for the significance and value that the agent attributes to her own actions. Now, we begin interpretation by projecting upon the agent part of our own system of interconnected mental states. We also project the meanings and truth conditions that we give to our own utterances upon her utterances, and the significance and value we give to our own actions upon her actions. What I mean is that we begin interpretation assuming that the agent has the mental states that we think we would have if we were in her situation; that the agent would act roughly in the same way we think we would act if we were in her situation; and that the agent would give the same significance and value to things and situations that we would give if we were in her situation. However, after making these attributions, we will probably realize that part of her behaviour doesn't conform to our original expectations. Thus, we will have to adjust our attributions to make sense of new and unexpected behaviour. In order to produce better attributions we will try to identify the situation in which the agent is and we will try to imagine what would our mental states be if we were in what we take to be her situation.

Thus, to find the agent intelligible is to draw interconnections between the mental states we attributed to her and ours. When we interpret her actions, we see why she acted as she did given what we think are her beliefs and desires; and given what we think is the rational thing to do, to believe, or to desire in the circumstances in which we think she is. But, of course, after engaging in interaction we will probably realize that many mental states we attributed to her don't help in making sense of her behaviour and, thus, we will need to reorganize the attributions in accordance with new evidence. Since interaction is a dynamic process, communication between interlocutors will take the form of the production of better attributions that try to make sense of the other. It should be clear now that the kind of strategy we follow when we explain intentionally an agent's actions, that is, when we interpret her, is very different from the strategy we follow when we explain her movements under the physical realm. This would show, therefore, that the intentional description is not reducible to the physical one.

Thus, to take into consideration the four features that I take to be necessarily present in intentional action would show that interpretation cannot be reducible to explanation and, therefore, that intentionality cannot be reducible to pure physical mechanisms.

References

- Churchland, Paul, *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Nueva York: Cambridge University Press, 1979.
- Dilthey, Wilhelm, *Introduction to the Human Sciences*, editado por Rudolf A. Makkreel y Frithjof Rodi, Princeton University Press, 1989.
- Hübner, R., (ed.), *Historik, Vorlesung über Enzyklopädie und Methodologie der Geschichte*, Munich: 1937.
- Kuhn, Thomas, "The natural and the human sciences", in: Hiley, Bohman and Shusterman, *The Interpretive Turn*, Ithaca: Cornell University Press, 1991
- Macdonald, Graham y Pettit, Philipp, *Semantics and Social Science*, Londres: Routledge and Kegan Paul, 1981.
- McDowell, John, "Functionism and anomalous monism", en: LePore y McLaughlin (eds.), *Actions and Events. Perspectives in the Philosophy of Donald Davidson*, Oxford: Basil Blackwell, 1985.
- Moya, Carlos, *The Philosophy of Action*, Oxford: Basil Blackwell, 1990.
- Taylor, Charles, Interpretation and the Sciences of Man", en: *Philosophy and the Human Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985

REFLEXIONES SOBRE CIENCIA Y FILOSOFÍA

Óscar Augusto García Zárate
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
oscar.gazarate@gmail.com
Lima

RESUMEN

El artículo tiene por objeto poner de relieve, a partir de las diferencias que históricamente se han ido manifestando entre ciencia y filosofía, las características que definen la labor de cada uno de estos saberes. En relación con este proceso, se recalca la trascendencia que reviste el nacimiento de la ciencia experimental en el siglo XVII y el importante papel que la filosofía misma ha desempeñado en la marcha de dicho proceso. Asimismo, se abordan de manera concisa cuestiones relativas a la labor que cumple la filosofía de la ciencia en tanto disciplina orientada, por una parte, a la explicitación de los presupuestos metodológicos de la actividad que desarrolla la ciencia, y, por otra, al análisis conceptual de sus productos, las teorías científicas.

Ciencia y filosofía son dos saberes autónomos, pero entre los cuales existen relaciones que conforman un espectro problemático y diverso. Este espectro de relaciones manifiesta espacios de intersección, que dan lugar al surgimiento de motivos específicos de problematización que en el terreno filosófico hallan, en definitiva, su espacio natural si de lo que se trata es de someterlos a un proceso de examen crítico y reconstrucción conceptual.

Palabras clave: Aristóteles, Galileo, Newton, Kant, ciencia, filosofía, filosofía de la ciencia, metodología, teoría científica.

ABSTRACT

The paper aims to give an account of the relationship between philosophy and science, beginning from the historical differences between them. Regarding on this relationship, it is emphasized that the rise of experimental science in 17th Century as well as the principal role played by philosophy in this process. It is also discussed briefly the proper function of philosophy of science, as much as a discipline oriented to both issues concerning presuppositions in scientific method and problems related to a conceptual analysis of scientific theories.

Science and Philosophy are autonomous knowledge, but there are several relations between them such that they both display a problematic and diverse spectrum. This one shows some intersections that make a proper room where arise specific issues of problematization in philosophical arena, in which the last has

its natural place, if we want to make it the subject of critical examination and conceptual reconstruction.

Keywords: Aristotle, Galileo, Newton, Kant, science, philosophy, philosophy of science, methodology, scientific theory.

Introducción

Difícilmente se podría negar que el deseo de conocer, además de pertenecer a la naturaleza humana –tal y como lo enunciara Aristóteles en aquel célebre pasaje inicial de la *Metafísica*¹–, se encuentra a la base tanto de la filosofía cuanto de la ciencia. Si, dejando de lado el carácter evidentemente anacrónico de la siguiente suposición, nos situáramos mentalmente en tiempos del Estagirita, advertiríamos que este aserto no tendría ningún sentido, toda vez que en la Grecia clásica, hablar de ciencia y filosofía como dos tipos de saber distintos no hubiera tenido sentido alguno. Esta distinción –moneda corriente entre nosotros– es de reciente data: su gestación se remonta «apenas» al siglo XVII de nuestra era. Pues, en efecto, hasta antes de ese momento –tiempo aproximado en que la ciencia experimental iniciara su despegue de la mano de Galileo–, el legado griego en lo que se refiere a la concepción de la filosofía como la ciencia por autonomía, y, con esto, como veníamos señalando, la ausencia de una neta distinción entre ciencia y filosofía constituía el marco natural dentro del cual se desenvolvía la actividad intelectual de los pensadores de aquella época.

Es otra la situación ahora. Ciencia y filosofía son dos saberes autónomos, pero entre los cuales, ciertamente, existen relaciones que, sin embargo, conforman un espectro problemático y diverso, que, por ello mismo, se resiste a ser determinado de una manera simple y ligera. Este espectro de relaciones manifiesta espacios de intersección, que dan lugar al surgimiento de motivos específicos de problematización que en el terreno filosófico hallan, en definitiva, su espacio natural si de lo que se trata es de someterlos a un proceso de examen crítico y reconstrucción conceptual. Como debe quedar claro, un proceder de este tipo, parte del supuesto de que ambos quehaceres desempeñan sus respectivas labores desde un punto de vista distinto, lo que no significa otra cosa sino reconocer la imposibilidad de que la filosofía pueda tratar, con las mismas pretensiones que, por ejemplo, la física, problemas que sólo en el ámbito de esta ciencia y merced a sus propios recursos metodológicos es admisible considerar como susceptibles de ser abordables.

1 Cf. Aristóteles, *Metafísica*, Buenos Aires, Sudamericana, 1978 (traducción directa del griego, introducción, exposiciones sistemáticas e índices por Hernán Zucchi), p. 91.

A partir de esto, resulta claro, pues, que llevar a término una aproximación a esta espinosa cuestión no resulta despojada de interés, pues en la medida que se sepa algo acerca de la relación establecida entre ciencia y filosofía una vez que estos saberes tomaron rumbos distintos, se sabrá también que, sin embargo, y como ya quedó señalado, dicha separación no supone que no haya puntos de contacto.

Ciencia y filosofía en la grecia clásica

Sólo dos siglos aproximadamente bastaron para que Grecia alumbrara las sorprendentes creaciones culturales que, luego, delinearían en gran medida el curso que tomaría el desarrollo de la cultura occidental. Muchos fueron los ámbitos en que los griegos legaron al mundo aportes de considerable trascendencia. En los dominios del arte, de la matemática, de la astronomía y de la política los logros alcanzados por los griegos significaron vislumbres geniales que sentarían las bases de lo que después sería Occidente. Pero hay algo más, que constituye la más alta expresión de la genialidad griega en medio de un contexto histórico-cultural que por su carácter excepcional suele ser llamado el «milagro» griego². En efecto, las colonias griegas del Asia Menor fueron el lugar donde, hace aproximadamente veintiséis siglos, se inició un fenómeno cultural típicamente helénico: la filosofía.

Apenas hace falta decir el cambio que supuso el florecimiento de esta nueva modalidad de pensamiento. Se trataba del nacimiento, en efecto, de un novedoso afán por explicar la realidad, que intentaba alejarse de las maneras en que lo hacía la religión oficial a través de su atractiva y cautivante parafernalia mitológica³. Se trataba por ello de ir más allá y tratar de dar cuenta de aquello que constituía el principio de todas las cosas, es decir, de explicar, procurando tomar como instrumento principal la razón, el mundo y los fenómenos que lo conforman.

Desde Tales de Mileto y la escuela jónica, hasta Empedocles, Anaxágoras y los atomistas, pasando por Pitágoras y sus seguidores, Heráclito y los eleatas -y dejando de lado, un poco, las características propias de cada una de estas corrientes de pensamiento- el interés estuvo firmemente dirigido a despejar la incógnita que representaba la existencia del mundo externo. Lo que buscaban estos primeros filósofos era lo que en su idioma denominaron *arjé*, es decir, el principio. Se buscaba, así, el elemento primordial, el origen de las cosas, el

-
- 2 Sobre la Grecia Antigua, Cf. Thomas R. Martin, *Ancient Greece: From Prehistoric to Hellenistic Times*, New Haven y London, Yale University Press, 1996.
- 3 Sobre el desarrollo del pensamiento griego del mito al logos, Cf. Wilhelm Nestle, *Vom Mythos zum Logos*, Aalen, Scientia Verlag, 1966; Richard Buxton (ed.), *From Myth to Reason?: Studies in the Development of Greek Thought*, Oxford, Oxford University Press, 1999.

fundamento a partir del cual fuera posible explicar la mutabilidad, el cambio, que el mundo del cual daban cuenta los sentidos exhibía como una de sus características más notables, y, por cierto, problemáticas. Dicho principio debería ser, pues, invariable y permanente.

Aristóteles fue, además de un indiscutible genio filosófico, el primer historiador de la filosofía. Él fue quien dio a conocer el planteamiento de cada uno de los filósofos que lo antecedieron. En el libro *alfa* de su *Metafísica*, el Estagirita se dedica a examinar las respuestas que aquellos primeros pensadores formularon frente al problema relativo al origen de la realidad. Para él, este problema planteaba como propósito indagar acerca de las primeras causas y los primeros principios. Es así como desde el inicio de la *Metafísica* Aristóteles se propondrá determinar cuáles son dichas causas y principios, además de indagar acerca del tipo de sabiduría que deberá ocuparse de su estudio. Luego de avanzar en las disquisiciones acerca de esta cuestión, llegará a la conclusión de que es a la filosofía primera o ciencia primera a la que le concierne un estudio tal.

Según la concepción aristotélica hablar de sabiduría, filosofía primera o ciencia primera viene a ser una y la misma cosa. Bajo su mirada, la ciencia es aquel saber que indaga acerca de las causas. E indagar acerca de las causas no significa otra cosa que entrar en posesión del porqué de aquello que se constituye como objeto de investigación. Según esto, la física y la matemática también son consideradas ciencias, pero subordinadas al saber supremo, es decir, a la filosofía primera.⁴ Pues ocurre que ésta al ocuparse del ente en tanto ente, y, por ello, de las primeras causas y primeros principios se sitúa en la cúspide jerárquica del saber.

Ya en Platón –cuya doctrina, tal como lo hizo con aquéllas de los presocráticos, su dilecto discípulo somete a un demoledor examen en la misma *Metafísica*– esta concepción de la filosofía como ciencia también había tenido lugar. Éste no es el lugar para detenernos en un análisis más fino de los rasgos que distinguen la doctrina platónica. Bastará decir, por ello, que Platón considera que la dialéctica es el método filosófico

4 He aquí algunos pasajes en que Aristóteles se refiere a esta condición de la filosofía: “Hay una ciencia que estudia el ente en cuanto ente y las determinaciones que por sí le pertenecen. Esa ciencia no se identifica con ninguna de las ciencias particulares, pues ninguna de estas considera en su totalidad al ente en cuanto ente, sino que, después de haber deslindado alguna porción de él, estudia lo que le pertenece accidentalmente por sí a esa cosa (...).” (Aristóteles, Op. cit., p. 191). “La filosofía ha de tener tantas partes como hay ousías, de manera que será necesario que haya una filosofía primera a la que seguirán otras”. (Ibíd., p. 193). “Dijimos que la ciencia primera estudia estas cosas en cuanto los sustratos son entes, y no en otro sentido. Por este motivo se debe colocar a la física y a las matemáticas como partes de la sabiduría”. (Ibíd., p. 459).

por excelencia, y por tanto, constituye una ciencia. La dialéctica, en la formulación platónica, es el medio empleado por el filósofo para aprehender las formas substanciales arquetípicas –a las que Platón denominó ideas–, y, sobre todo, la idea del Bien.⁵ Esta aprehensión viene a constituir el grado máximo de conocimiento, denominado por Platón *nous*, es decir, una suerte de intuición intelectual de aquello que es en sí, y, por tanto, no de lo que deviene. Precisamente, la filosofía es una ciencia, y la ciencia suprema. Y lo es porque es un ascender hacia el conocimiento del ser mismo, dejando de lado las apariencias.

Lo común a estos primeros pensadores es una actitud de menosprecio por la experiencia como fuente de verdadero saber. Por supuesto, éste no es un reproche. Es natural que haya sido así, pues se trata de una época en que la reflexión, con toda la genialidad que es dable atribuir a sus primeros forjadores, se encontraba en un estado embrionario. Sería un anacronismo pensar que constituyó una falta metodológica el que no hayan sabido distinguir entre ciencia y filosofía, y, con esto, no haber podido reparar tanto en la importancia del experimento al momento de arribar a generalizaciones acerca del comportamiento de la naturaleza, cuanto en la imposibilidad de alcanzar un conocimiento cabal, esencial e incontrovertible de la realidad a través de la filosofía. Con esto, dicho sea de paso, de ningún modo queremos insinuar que, por el contrario, sea posible alcanzar un conocimiento absoluto por medio de la ciencia; simplemente deseamos hacer hincapié en aquella concepción primigenia de que parten los griegos. Pues al desechar la experiencia como fuente de verdadero conocimiento, los pensadores griegos ponían en marcha una de sus más profundas convicciones: si bien la experiencia, en efecto, provee información acerca de cómo son las cosas, de ningún modo, ofrece la razón de que ello sea así, es decir, no acerca al hombre al porqué, a las causas últimas a partir de las cuales sea posible explicar de manera definitiva su constitución esencial. Y ellos, como sabemos,

5 El carácter de ciencia que Platón atribuye a la dialéctica queda testificado por los siguientes pasajes de La república. En principio, Platón proporciona la idea que él se hace de la ciencia; dice: "Me parece que os formáis una idea singular de lo que yo llamo conocimiento de las cosas de lo a alto. (...) por lo que a mí hace, yo no puedo reconocer otra ciencia que haga mirar al alma a lo de arriba, que aquella que tiene por objeto lo que es y lo que no se ve". (Platón. La república. Coloquios sobre la justicia, México, Editora Nacional, 1959, pp. 129-130). Luego, caracteriza la dialéctica de tal modo que es fácil advertir que ella es la ciencia a la que se ha referido: "No hay pues otro método que el dialéctico que camine por la vía de la ciencia, no valiéndose de las hipótesis sino para subir a un principio que le sirva de base; y, en realidad, es el que saca poco a poco el ojo del alma del cieno de la barbarie en que está sumergido, y le eleva a lo alto (...)" .(Ibid., p. 138). Y en el Filebo dirá: "(...) examino y me parece difícil conceder que alguna otra ciencia o arte se posesione de la verdad en mayor grado que esta". (citado por Rodolfo Agoglia, "La dialéctica platónica" en Parménides, Buenos Aires, Editora Inter-American, 1944, p. XXV).

estaban interesados en constituir un saber que alcanzara a desentrañar, con la sola razón el meollo último de la realidad, y, con ello, llegar hasta las causas y principios últimos de la realidad. La filosofía, concebida como la ciencia suprema, nace, precisamente, como fruto más acabado de esa aspiración.

La doctrina aristotélica viene a ser el culmen de esta concepción clásica de la filosofía. Y fue tal la solidez que poseía, que la autoridad de Aristóteles imperó aproximadamente durante dos mil años. No fue sino hasta la Baja Edad Media –durante esa época de declinación del pensamiento escolástico–, en que empieza a manifestarse ya un cierto interés por el método experimental, y, concomitantemente, por las investigaciones relativas a la naturaleza, robustecidas con el impulso que pensadores como Telesio, Giordano Bruno y Campanella le dieron a aquella tendencia, y más aún con el despliegue metodológico y programático que significó la obra de alguien como Francis Bacon, al manifestar un dramático interés por el cambio de método que debería operarse, a nivel investigativo, en el ámbito de los estudios de los fenómenos naturales⁶. Esta situación preparó las condiciones para el cambio de mentalidad que se avecinaba.

El principio del fin se anunciaría con un astrónomo polaco que produciría un cataclismo en los campos de la astronomía. Nicolás Copérnico, en el siglo XVI, pondría en cuestión el sistema ptolomeico –que tomaba como referencia directa el «plano» de los cielos confeccionado por Aristóteles– y prepararía el terreno para que el giro radical que inauguraría el nacimiento de la ciencia moderna, y que tuvo en Galileo a uno de sus más notables gestores, se produjera⁷. Es en este punto en que la ciencia, asumida como un saber distinto de aquel proclamado por la filosofía desde su creación en el mundo griego clásico, inicia su recorrido, asumiendo ya la forma de lo que ahora denominamos ciencia experimental⁸.

Galileo y el amanecer de la ciencia moderna

El recurso a la experimentación como instrumento apropiado para poner a prueba eventuales conjeturas sobre ciertos hechos fue algo que

6 Sobre la filosofía del Renacimiento, cf. Charles Schmitt y Quentin Skinner (eds.) *The Cambridge History of Renaissance Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000; Brian Copenhaver y Charles Schmitt, *Renaissance Philosophy*, Oxford, Oxford University Press, 1992.

7 Nicolás Copérnico, *De revolutionibus orbium coelestium*, Núremberg, Petreium, 1543.

8 Sobre la revolución copernicana, cf. Alexandre Koyré *The Astronomical Revolution: Copernicus - Kepler - Borelli*, Ítaca, Nueva York, Cornell University Press, 1973; Thomas Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1957.

los filósofos griegos pasaron por alto. Pero tal circunstancia es explicable en la medida en que, aunque lo que se proponían era esclarecer los enigmas que planteaba una realidad en permanente cambio, el verdadero propósito que perseguían era encontrar la naturaleza del fundamento de todo aquello, pero empleando exclusivamente la potencia racional. La explicación que se proponían ofrecer había de ser elaborada sólo a partir de los heroicos esfuerzos de la razón.

Aunque las respuestas variaron de Tales a Aristóteles, pasando por las que proporcionaron Sócrates y Platón —excepción hecha de los sofistas; sus planteamientos supusieron un remezón del *status quo*—, podría afirmarse que, en todos ellos, tres aspectos destacan, en mayor o menor medida, en esa señalada búsqueda del fundamento de lo real. Primero, se advierte el empeño de pensar en qué consiste la naturaleza profunda de los entes, o, en otros términos, el afán de aprehender su esencia. Segundo, está presente el esfuerzo racional en orden a determinar las causas últimas que presiden el despliegue de la realidad como un todo. Por último, se constata la presencia de una fuerte tendencia a alcanzar los principios que proveen de un marco permanente a los fenómenos del mundo, de modo que éstos puedan ser situados en una estructura armónica, y, por eso mismo, racional. Y son, precisamente, estos tres aspectos los que pueden ser encontrados en la metafísica aristotélica. Ésta —concebida, en realidad, como filosofía primera— contempla como objetivos conocer las primeras causas y los primeros principios que rigen la dinámica de lo existente, lo que supone la determinación de la constitución última del ente en tanto ente y la investigación de sus cuatro tipos de causas, además de la puesta en marcha de una indagación acerca de la substancia divina, a la que se le atribuye la condición de primer motor —o motor inmóvil—, es decir, se la concibe como el principio de todo lo existente.

Este esquema, que como se advierte, toma cuerpo de forma más acabada en la doctrina metafísica aristotélica, es el que, a la postre, determinará el arraigo de la concepción de la filosofía como ciencia suprema, bajo la suposición que ésta era la ciencia que, a través de la razón, posibilitaría un conocimiento como el que se proponía fundar Aristóteles. Pues, en efecto, éste fue el rumbo transitado por la investigación científico-filosófica nada menos que alrededor de dos mil años.

El siglo XVII marca el inicio de un cambio de importancia crucial en el destino de Occidente, y aun de la civilización mundial. En este momento de la historia se asiste al nacimiento de un nuevo modo de acometer la investigación de la naturaleza. Le correspondió a Galileo ser el encargado de iniciar el recorrido de este nuevo trecho que el

pensamiento humano se disponía a emprender⁹. El aporte de Galileo que coadyuvaría a la realización de este substancial cambio de enfoque se sustentaba en dos asunciones de meridiana importancia. Por una parte, se encontraba presente el convencimiento de que era necesario abandonar cualquier tipo de investigación que pretendiera aprehender la esencia de los fenómenos. Por otra, se partía del reconocimiento de que la investigación de la naturaleza, una vez que se ha renunciado al iluso intento de captar las esencias, no podía dejar de ser un saber limitado, lo que indicaba que éste de ningún modo podría llegar en algún momento a constituirse en un conocimiento absoluto, infalible y definitivo¹⁰.

Al lado de estos presupuestos, asimismo, se colocaban dos componentes metodológicos que fueron incorporados merced a este cambio de perspectiva. Uno de ellos consistió en la adopción de la inducción experimental.¹¹ Este procedimiento estaba encaminado a recoger el testimonio de la experiencia y sobre esta base acudir al auxilio de la experimentación, recreando los hechos que se consideraran relevantes, para sólo después de esto arribar al establecimiento de una generalización acerca del comportamiento de los fenómenos estudiados. Es fácil advertir el agudo contraste que había entre esta novedosa metodología y el procedimiento que, hasta antes de ese momento, se seguía según el modelo griego, y que consistía en deducir presuntas verdades acerca de la naturaleza a partir de ciertas premisas, asumidas sin mayor consideración de la experiencia. De modo contrario a la actitud griega, el empleo de la inducción experimental como método de la nueva ciencia que se estaba gestando, supuso la comprensión de que

9 Sobre Galileo, cf. Alexandre Koyré, *Études galiléennes*, París, Hermann, 1939.

10 Cf. Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, Madrid, Alianza Editorial, 1995.

11 No pretendemos desconocer los cuestionamientos a que se enfrenta el posicionamiento del procedimiento inductivo dentro del marco metodológico de la ciencia. Es sabido que ya Karl Popper hubo de observar agudamente que este procedimiento metodológico no se halla justificado lógicamente, por lo que no resulta legítimo considerar que la ciencia formule generalizaciones a partir de dicho procedimiento. Sin embargo, conviene señalar que, aun cuando la perspectiva asumida por Popper se ampara en argumentos convincentes y acaso contundentes, parece ser que, con todo, resulta harto complicado negar que, de hecho, el procedimiento inductivo es, en última instancia el método más acorde con los intereses de la ciencia. A este respecto, valdría la pena considerar la opinión de otro notable filósofo. Refiriéndose a esta cuestión, Bertrand Russell apunta: "Puede haber razones válidas para creer en la inducción, y en realidad, nadie puede dudar de ello; pero hay que convenir que, en teoría, la inducción sigue siendo un problema de lógica no resuelto. Como esta duda, sin embargo, afecta prácticamente al conjunto de nuestro conocimiento, debemos prescindir de ella, y dar por sentado pragmáticamente que el procedimiento inductivo, con la adecuada cautela, es admisible". (Russell, Bertrand, *La perspectiva científica*, Madrid, Sarpe S. A., 1983, p. 73).

sólo resulta legítimo el establecimiento de una generalización una vez que se ha recurrido al ineludible expediente de efectuar la observación de los casos particulares, y luego de haber recibido el sólido apoyo, una y otra vez, de sucesivas comprobaciones experimentales.

El otro componente que el nuevo espíritu que Galileo encarnaba puso en marcha fue el empleo de las matemáticas en la elaboración de los datos proporcionados por la experiencia. Se trataba de la irrupción de una nueva visión de la realidad; ésta pasaba a ser considerada y ponderada desde una perspectiva cuantitativa. Se daba expresión, así, a un enfoque diametralmente distinto de aquel otro de naturaleza cualitativa, propio del esquema investigativo elaborado por Aristóteles. Mientras que el discípulo de Platón había articulado su investigación a partir de cualidades y esencias; de lugares y movimientos naturales; de conceptos como los de acto y potencia; de principios y motores inmóviles; en fin, de causas finales y eficientes, tanto como materiales y formales, Galileo operó una vuelta de tuerca al asunto introduciendo un conjunto de conceptos no sólo novedosos, sino, sobre todo, sumamente útiles en la medida en que expresaban relaciones cuantitativas, es decir, medidas que se vinculaban entre sí a través de fórmulas matemáticas.

No debe pensarse, sin embargo, que el nacimiento de esta nueva mentalidad en lo que respecta a la investigación de la naturaleza hubo de cancelar de una vez y para siempre la pretensión de alcanzar un conocimiento certero y pleno de la realidad, empleando como medio la filosofía. Precisamente, un contemporáneo de Galileo, René Descartes, expresa la tendencia a postular a la filosofía como un saber paradigmático: aquel tipo privilegiado de saber que permitiría al hombre llegar a conocer certezas, esto es, verdades indubitables aprehendidas a través de una intuición de tipo intelectual, que vendrían a constituir los cimientos sobre los cuales todo el conocimiento humano debía erigirse.

Descartes estimaba que la realidad se componía de dos tipos de substancia. Denominó *res extensa* al ámbito de los entes naturales y *res cogitans* al total de las substancias espirituales. Redujo la materia, según esto, a extensión y movimiento, y pensó que todas las propiedades de los entes naturales deberían deducirse a partir de aquellas propiedades primarias. Descartes proyectaba constituir un saber universal bajo la forma de la geometría. En virtud de esta presunción, todas las propiedades de la naturaleza serían susceptibles de ser explicadas según el modelo deductivo, toda vez que, según creía, resultaban ser analizables bajo la forma de simples transformaciones, en última instancia, de extensión y movimiento¹².

12 Cf. René Descartes, *Principia Philosophiae*. Ámsterdam, Ludovicum Elzevirium, 1644.

Galileo y Descartes representan de modo ejemplar esta incipiente separación histórica entre ciencia y filosofía. Galileo es la figura emblemática de la ciencia experimental. Es el personaje que representa el espíritu moderno que anima el brote de la nueva ciencia. En él, como ya lo dijéramos, se manifiesta el imperativo de buscar, no esencias, sino regularidades presentes en la naturaleza. Y, asimismo, en él cristaliza la convicción de que estas regularidades son susceptibles de ser expresadas cuantitativamente. Descartes, por su parte, es considerado como el pensador que promueve el giro gnoseológico en filosofía, y, con esto, marca el inicio de la modernidad en el contexto de la reflexión filosófica. Por ello, cabe considerar esta separación como un fenómeno típicamente moderno. Mientras que la ciencia dirige su mirada a la naturaleza de modo abierto y decidido, la filosofía se replegará y tratará de encontrar el fundamento de lo real en el hombre mismo. Éste es el sentido, cuando menos, que la reflexión cartesiana entraña.

La filosofía como saber no científico y la ciencia como saber no filosófico

La consolidación del método experimental se produce con quien, usualmente, es considerado el padre de la física moderna, Isaac Newton. Si bien es cierto, –tal como lo hemos hecho notar– Galileo inaugura lo que cabría denominar la «vía» experimental en el conocimiento de los fenómenos de la naturaleza, es Newton el científico que — contando ya con un medio favorable para desenvolver sus pesquisas, a diferencia de Galileo–, inicia lo que vendría a ser una primera gran síntesis, al reunir bajo los alcances de una misma ley las otras leyes descubiertas por Galileo Galilei y Johannes Kepler. El conjunto de las investigaciones llevadas a término por Newton conforma el sistema de conocimientos que hoy se denomina física clásica, y lo que en aquellos tiempos recibía el nombre de filosofía natural. De hecho, la obra que Newton publica para dar a conocer el conocimiento alcanzado a través de sus investigaciones, y que culminaría en la formulación de la teoría de la gravitación universal, lleva por título *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, cuya traducción es *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

Es de notar, por lo antes señalado, que Newton conserva el uso del término “filosofía” como sinónimo de ciencia. Esto podría conducir, en un primer momento, a la sospecha de que aquella separación de cometidos que siguió al cambio de perspectiva operado en virtud del «giro galileano», no fue tal, o que, al menos, no trajo consigo reales cambios substanciales en lo que respecta a la concepción de la filosofía. Pero la razón del uso que hace Newton, más bien, da cuenta de la

conciencia del contraste que en esos tiempos se percibía en relación con la labor de la ciencia y de la filosofía.

La percepción de dicho contraste, en el caso de Newton, viene dado por la circunstancia de que el científico inglés enfatiza que la suya es una filosofía experimental, esto es, se trata de un saber investigativo, pero dirigido de manera directa al estudio de los fenómenos a través de la comprobación empírica. A más de esto, deja bien establecida su convicción de que las matemáticas son las ciencias que más se acercan al ideal perseguido por la filosofía¹³. Es célebre, por lo demás, el aserto aquel en que Newton afirma de manera rotunda que él no «inventa hipótesis» (*hypotheses non fingo*, escribió en un pasaje de los *Principia*).¹⁴ Con esta negativa a recurrir a hipótesis, expresaba su resistencia a aceptar cualquier tipo de explicación que no estuviera adecuadamente respaldada por la prueba experimental. De esta manera, pues, queda precisado el punto exacto en que Newton hace constar la distancia que él asume respecto de la investigación típicamente filosófica, es decir, de raigambre metafísica. Asimismo, a través de esta actitud se observa que ya se perfila lo que luego, de manera más tajante, asumirá en Kant la forma de la dicotomía entre metafísica dogmática y física o ciencia natural.

13 Al respecto Newton indica lo siguiente: "Dado que los antiguos (...) tuvieron en una máxima consideración la mecánica para investigar las cosas de la naturaleza, y los más modernos abandonaron las formas sustanciales y cualidades ocultas intentando reducir los fenómenos naturales a leyes matemáticas ha parecido oportuno en este tratado el cultivar la matemática como aquella parte que es más cercana a la filosofía" (Citado por Agazzi, Evandro, *Temas y problemas de filosofía de la física*, Barcelona, Herder, 1978, p. 37).

14 A fin de arrojar algo de luz que ayude al esclarecimiento del sentido que Newton le adjudica a este precepto metodológico de no inventar hipótesis, consignamos el pasaje que lo contiene: "En verdad no he conseguido todavía deducir, a partir de los fenómenos, las razones de esta propiedad que es la gravedad, y no hago ninguna hipótesis al respecto. Cualquier cosa no deducible de los fenómenos se llama hipótesis, y en la filosofía experimental no tienen ningún lugar las hipótesis, ya sean metafísicas, ya sean físicas, ya sean respecto a cualidades ocultas, ya sean mecánicas". (Citado por Agazzi, Evandro, Op. cit., p. 38). Es preciso acotar algo con respecto a esto. Evidentemente, el uso que hace Newton del término 'hipótesis' se encuentra refido con aquel otro que asume actualmente. Pues es sabido que las hipótesis, tal como son consideradas en el actual contexto de la reflexión filosófica en torno a la ciencia, son elementos de suma importancia en la metodología y en la estructura de esta. Pues téngase presente que la ciencia, desde cierta perspectiva, es concebida nada menos que como un sistema hipotético-deductivo. De modo que es necesario, a fin de comprender este contraste, no pasar por alto el contexto peculiar en que Newton emplea este término. Para ello, será de utilidad los alcances que sobre este punto contiene el artículo de Ulises Moulines "Fundamentos metodológicos de la filosofía natural de Isaac Newton" en Exploraciones metacientíficas, Madrid, Alianza Editorial, 1982, pp. 262-277 (obra del mismo autor).

Y es, en efecto, con Kant con quien se manifiesta de manera más clara esta distinción moderna entre ciencia y filosofía. Aun cuando insista en el empeño de elaborar una ciencia de los principios puros *a priori*, a la que concibe como una filosofía trascendental,¹⁵ lo cierto es que en la *Critica de la razón pura* ya se encuentran delimitados con bastante precisión los linderos que corresponden a la ciencia natural, que están dados por aquellos en que tienen lugar los fenómenos, a los cuales se accede exclusivamente a través de la experiencia, y el campo de acción en que se despliega la reflexión filosófica, concebida por Kant no como la depositaria de conocimientos positivos provenientes de la experiencia, sino como el receptáculo de los principios puros *a priori*, que son independientes de la experiencia, pero que la posibilitan, y a los que la misma razón ha llegado a través de la crítica depuradora a que ella misma se ha sometido, y que, por lo demás, es la obra que Kant se preocupa de haber llevado adelante.

Más allá de haber estimado viable la construcción de una filosofía «científica», en tanto saber conformado por los fundamentos posibilitadores de todo el conocimiento humano, lo relevante en Kant es la separación que efectúa, desde una posición filosófica, entre ciencia –específicamente, física– y filosofía –específicamente, metafísica dogmática. Según el filósofo alemán, no constituye papel de la filosofía dirigir sus esfuerzos a la captación de conocimientos esenciales y absolutos sobre la realidad, pues un proceder tal ha de desembocar –como, efectivamente, Kant lo había constatado– en la creación de una superfetación de contornos fantasmagóricos: la metafísica dogmática. Por el contrario, él se encontraba persuadido de que la ciencia –la ciencia físico-matemático de Newton– era el modelo de conocimiento por lo que hace a la investigación de la naturaleza.

Aunque, ciertamente, ni por asomo Kant se propone colocar a la filosofía en el lugar de un saber subsidiario o presentarla como una disciplina menor en relación con la ciencia física, no hay duda de que su penetrante agudeza intelectual le permitió entrever que era inevitable aceptar que ambos saberes poseían, digamos, un estatuto epistemológico disímil. Con este reconocimiento, la concepción de la filosofía como un saber no científico, asumiendo el término científico en el sentido en que se lo predica, pongamos por caso, de tipos de conocimiento como la física, la química o la biología, marchaba ya a paso seguro.

¹⁵ Al referirse a este propósito, Kant emplea diversas expresiones. Así, recurre indistintamente a expresiones como «metafísica rigurosa», «futuro sistema de metafísica», «ciencia de la razón pura sistematizada», «sistema de todos los principios de la razón pura». (Cf. Kant, Immanuel, *Critica de la razón pura*, Madrid, Santillana S. A., 1994, pp. 30; 34; 58; 59).

Sin embargo, el resurgimiento del mecanicismo, en el siglo XIX, supuso la instauración de la idea acerca de que la ciencia podía aspirar a convertirse en una concepción absoluta e incontrovertible de la realidad. Con una actitud de este tipo, la renuncia a buscar un conocimiento esencial de la naturaleza y el reconocimiento de que el acceso investigativo a ésta mostraba límites siempre, poco a poco se iban convirtiendo en dos presupuestos arrumbados a modo de trastos viejos. Los sorprendentes avances conseguidos en el campo de la mecánica, que era la parte de la física que había logrado un notable desarrollo hasta esa época, fue una de las principales razones que desataron el entusiasmo que se encontraba a la base de la pretensión de conseguir un conocimiento científico de la realidad que poseyera características análogas a aquellas otras que definían, desde sus inicios, a la filosofía, y en virtud de las cuales ésta se proclamaba depositaria de un conocimiento esencial de la realidad. Una aspiración de ese tipo sólo pudo ser abandonada tras el efecto de los desconcertantes descubrimientos que a finales del siglo XIX e inicios del XX se produjeron. No es éste el lugar para explayarse sobre este punto. Será suficiente señalar que las investigaciones realizadas en el ámbito de la mecánica cuántica, por ejemplo, significaron un duro golpe a la confianza que el mecanicismo había alimentado en lo que respecta a la viabilidad de un conocimiento absoluto y esencial de la realidad.¹⁶ Salir de este trance significaría, finalmente, arribar a la conclusión de que la ciencia, por ser un conocimiento restringido sólo a determinadas áreas, no podía aspirar a alcanzar un conocimiento cabal e incontrovertible de la realidad como un todo. Presunción ésta que conduce directamente a concebir a la ciencia, justamente, como un saber no filosófico.

Filosofía, ciencia y filosofía de la ciencia

De hecho, la revolución científica proporcionó abundante material y motivos de problematización para que algunos pensadores – científicos o no- convirtieran en objeto de su reflexión la novísima ciencia experimental y los asuntos vinculados a ésta: su naturaleza, sus fines y posibilidades, sus limitaciones y su método. Uno de los primeros pasos en esa dirección, como es sabido, fue dado por Francis Bacon en Inglaterra. La irrupción de la nueva mentalidad en que se apoyaba la ciencia experimental, que contaba a su favor con el abrumador testimonio que de su éxito daban los sorprendentes

16 Cf. Jordan, Pascual, "Física y concepción del mundo" en *La física del siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica, 1953, pp. 127-148 (obra del mismo autor). Este texto, a través del sucinto enfoque que su autor, en su calidad de físico eminente, efectúa, proporciona una idea del modo en que la visión determinista, propia del mecanicismo, sufrió su bancarrota, como consecuencia de la maduración del enfoque que formularon los físicos impulsores de lo que se conoce como mecánica cuántica.

avances que ésta conseguía, y que acarreó el consecuente derrumbe de la concepción clásica que no distinguía entre ciencia y filosofía, fue, muy probablemente, el factor que favoreció el repliegue subjetivo que efectuara la filosofía, a fin de examinar la capacidad racional del ser humano en relación con la aprehensión del conocimiento. No es un azar, por ello, que la modernidad se haya iniciado en el campo de la filosofía con un giro de carácter gnoseológico. En Francia, Descartes, – pensador al que se considera el emblema del giro gnoseológico operado en filosofía- manifiesta pronto como propósito fundar un saber de tipo filosófico que tuviera como modelo a la geometría. Pensaba que a partir del establecimiento de ciertas verdades evidentes, extraídas del propio sujeto cognosciente, se podría deducir casi de manera automática todo el conocimiento humano.

La preocupación gnoseológica también se hace patente en el caso de las investigaciones llevadas a cabo por los filósofos empiristas anglosajones. John Locke, David Hume y George Berkeley, en efecto, se encontraban interesados en llegar a determinar con precisión la naturaleza del conocimiento humano; y esto, aun cuando no remitieran a la razón el origen de tal conocimiento, sino a la experiencia. En el caso de Hume, su propuesta contempla la prosecución de un objetivo muy claro, a saber, el establecimiento de una filosofía moral, o sea, una ciencia que determine las peculiaridades esenciales de la naturaleza humana. Al referirse a este propósito, Hume expresa su convencimiento de que ha llegado la hora de intentar obtener en este terreno el mismo grado de certeza obtenido por la denominada filosofía natural, vale decir, la ciencia físico-matemática, en el estudio de los fenómenos naturales.¹⁷

Kant, por su parte, y como ya hemos visto, en virtud de su «giro copernicano» creyó posible dar culminación a la tarea emprendida antes que él, y sometiendo a la razón a una pesquisa crítica de naturaleza trascendental, procedió a aislar los presuntos elementos que conformarían la estructura cognoscitiva humana, los cuales en su condición de elementos *a priori* constituían las condiciones de posibilidad del conocimiento. Pretendía haber superado de este modo el entrampamiento a que se había llegado como producto directo de las aporías provocadas por la disputa entre el empirismo escéptico y el racionalismo metafísico dogmático.

Es Kant, asimismo, quien a través de su obra da un notable impulso a la reflexión metateórica en torno a la ciencia. Ya veremos un poco más adelante a qué nos referimos cuando empleamos esta expresión. Por el momento sólo diremos que su doctrina es uno de las muestras

17 Cf. Hume, David, Investigación sobre el entendimiento humano, México D. F., Ediciones Gernika S.A., 1994, p. 18.

más acabadas que pueden ejemplificar, en esta etapa que podríamos denominar preparatoria para el advenimiento de la filosofía de la ciencia, lo que es un modelo interpretativo de la ciencia.

Luego del desvarío romántico que se proponía edificar un sistema metafísico omniabarcador, concebido como un sistema de conocimiento en el que la ciencia era un simple eslabón más del desarrollo de la Idea – al menos vista así la cosa en la particular formulación de Hegel–, se asiste a un retorno a la reflexión filosófica sobre la ciencia. De esta manera, Auguste Comte, padre del positivismo, se aboca, entre otras cosas a delinear un esquema jerárquico de todas las disciplinas científicas de su tiempo, deteniéndose en una exposición de naturaleza sincrónica y, a la vez, diacrónica¹⁸. Un poco más tarde, a finales del siglo XIX e inicios del XX, se produce la célebre «vuelta» a Kant. Los llamados neokantianos intentarán, apelando a los presupuestos trascendentales del filósofo de Königsberg elaborar interpretaciones de las estructuras científicas, manifestando, así, el interés por las reconstrucciones conceptuales, que, de esta forma, otorgaba primacía a la dimensión interpretativa de la reflexión filosófica sobre la ciencia. Más adelante especificaremos el sentido que posee esta dimensión interpretativa de la filosofía de la ciencia.

Éste es el trasfondo temático sobre el cual se constituye la filosofía de la ciencia como disciplina autónoma dentro de la actividad filosófica misma y tal y como la conocemos actualmente. Pero hay, además, otro elemento que posee importancia fundamental en la conformación de este panorama. Nos estamos refiriendo al perfeccionamiento de los procedimientos de análisis en el ámbito de la lógica, merced a la introducción de elementos procedentes de las matemáticas. Así, la creación de la lógica simbólica, y básicamente, del vuelco que significaron los aportes dados por Gottlob Frege, Bertrand Russell y Ludwig Wittgenstein, entre otros notables pensadores, a partir del último tercio del siglo XIX, determinaron el surgimiento de las condiciones necesarias para que la filosofía de la ciencia se consolide.

Sin duda, un referente obligado en lo que respecta a este proceso de maduración se encuentra en las investigaciones desarrolladas por el legendario Círculo de Viena. Dejando de lado los excesos científicistas en que incurrieron los neopositivistas, la idea acerca de que la filosofía ha de ser desenvuelta tan solo como una actividad, incorporando para ello el instrumental teórico proporcionado por la lógica simbólica, haciendo a un lado con esto el empeño secular de constituir una supuesta doctrina, es una idea que aún hoy posee cierto atractivo para algunos. Por mucho que el grueso de los conceptos y temas que esta sociedad de

18 Cf. Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, París, Librairie Larousse, 1936.

trabajo lanzó al ruedo del debate filosófico hayan perdido ya vigencia, el caso es que el Círculo cumplió un papel de primer orden en el desarrollo de esta disciplina al poner sobre el tapete temas y conceptos de medular importancia para el desarrollo ulterior de la epistemología, tales como el principio de verificación, el solipsismo metodológico, el lenguaje fisicalista, los enunciados protocolarios, el fenomenalismo, el sintactismo, y demás¹⁹.

Habiéndonos ocupado concisamente de los principales hitos que jalonan el proceso histórico que siguió nuestra disciplina desde sus primeros atisbos hasta su consolidación como un quehacer teórico con un adecuado nivel de abstracción y de articulación sistemática, toca ahora pasar a considerar algunos aspectos relacionados con la labor que le concierne desarrollar como disciplina de segundo orden.

Diremos, para comenzar, que la tarea de la filosofía de la ciencia es someter a análisis y evaluación los supuestos metodológicos, conceptos y principios que la actividad científica pone en marcha al momento de realizar su labor. En la medida en que su objeto de estudio es otro saber –la ciencia–, la filosofía de la ciencia es, como dijimos en algún momento, una reflexión metateórica, es decir, un saber de segundo orden. Por esto es por lo que, del mismo modo, se suele decir que esta disciplina es una teorización sobre teorizaciones.²⁰

En el desarrollo de esta labor, son tres las dimensiones que es posible señalar: una dimensión normativa, una descriptiva, y otra interpretativa.²¹

La filosofía de la ciencia en su papel de disciplina con una dimensión descriptiva explica las reglas que el científico sigue en el curso de la actividad científica. Pero, al mismo tiempo, al exhibir el procedimiento en cuestión, en buena cuenta, lo que hace es establecer cuál es el modo más adecuado y funcional de seguir dichas normas, pues es ése, y no otro, el que, de hecho, sigue el científico. De ahí que sea admisible hablar de la presencia también, y de manera paralela, de una dimensión prescriptiva.

Además de esta dimensión, que por lo dicho ahora cabría llamar descriptivo-normativa, hay otra de carácter interpretativo. Esta dimensión se expresa en el análisis y reconstrucción de las teorías

19 Sobre el Círculo de Viena y el positivismo lógico, cf. A. J. Ayer (comp.), *El positivismo lógico*, Madrid, F.C.E., 1978; P. Parrini, W. C. Salmon y M. H. Salmon (eds.) *Logical Empiricism. Historical and Contemporary Perspectives*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2003.

20 Cf. Moulines, C. Ulises, Op. cit., p. 42.

21 Seguimos aquí el planteamiento de José Díez y Ulises Moulines. (Cf. Díez, José Ulises Moulines, *Fundamentos de filosofía de la ciencia*, Barcelona, Ariel S. A., 1997, pp. 19-25).

científicas que la filosofía de la ciencia emprende. Mientras que desplegando su dimensión descriptivo-normativa, la filosofía de la ciencia se aboca a la explicitación metateórica de las prácticas metodológicas –léase contrastación, medición, experimentación, etc–, su objeto de problematización en tanto poseedora de una dimensión interpretativa lo constituyen las entidades que la ciencia emplea para llevar adelante su labor, esto es, los constructos científicos, tales como conceptos, leyes y teorías.

En su faceta interpretativa, y como venimos diciendo, la filosofía de la ciencia construye modelos interpretativos correspondientes a los constructos científicos, los cuales vienen a adoptar la forma de marcos teóricos constituidos sobre la base de conceptos específicos que poseen un alto nivel de abstracción, y que se proponen hacer inteligibles –propósito facilitado, precisamente, por esta reconstrucción conceptual– algunos sectores clave de la armazón teórica de la ciencia.

Como se sospechará, hay diversos modelos de interpretación, según se trate de esta o de aquella corriente o escuela, o de este o aquel sistema filosófico. Su aceptación no se produce como producto de establecer o explicitar normas metodológicas determinadas, o luego de reflejar y hacer evidente algún supuesto «hecho puro» en torno a constructos científicos. La aceptabilidad de un modelo de interpretación o metateoría depende de lo que podría denominarse su relevancia explicativa, es decir, del grado de plausibilidad y coherencia en virtud de las cuales facilita la comprensión de aspectos esenciales de una estructura teórica científica.

Así, pues, la dimensión interpretativa de una actividad teórica de segundo orden, como lo es la filosofía de la ciencia, supone la construcción de teorías acerca de las teorías y demás constructos de la ciencia. Y, téngase esto presente, teorizar es conceptualizar o reconstruir; vale decir, interpretar cierto material de estudio en el contexto de un determinado marco conceptual o teoría. Teorizar, pues, no es ni explicitar normas ni registrar hechos, procedimientos ambos pertenecientes al plano descriptivo-normativo de la ciencia.

Conclusiones

1. El proceso histórico que llevó a entrever las diferencias entre ciencia y filosofía pone de relieve la peculiaridad de sus respectivas perspectivas, modelada cada una de ellas por los objetivos propios que guían la labor de cada uno de estos ámbitos del saber.

2. Esta separación histórica de ningún modo supuso un alejamiento radical y excluyente, sino una provechosa demarcación de esferas que,

aunque difícil aún de precisar con total exactitud, nos permite acercarnos a la comprensión de que, en el caso de la ciencia, no es necesario aspirar a la conformación de un saber absoluto e incontrovertible para perseverar en el intento de comprender la realidad.

3. Y en el caso de la filosofía, nos es dado advertir que es factible convertirla en una disciplina que, más allá de inquirir acerca del fundamento último de la realidad, se aboque a desarrollar una reflexión que, como ocurre con la filosofía de la ciencia, consiste, además de poner en obra su dimensión descriptivo-normativa, en interpretar, y, por ello, en reconstruir y desmontar conceptualmente el que viene a ser el producto más característico de la ciencia: las teorías científicas.

4. La tarea de la filosofía de la ciencia es someter a análisis y evaluación los supuestos metodológicos, conceptos y principios que la actividad científica pone en marcha al momento de realizar su labor.

Bibliografía

- AGAZZI, Evandro (1978) *Temas y problemas de filosofía de la física*, Barcelona, Herder.
- AYER, A. J. (comp.) (1978) *El positivismo lógico*, Madrid, F. C. E.
- ARISTÓTELES (1978) *Metafísica*, Buenos Aires, Sudamericana. (Traducción directa del griego. Introducción, exposiciones sistemáticas e índices por Hernán Zucchi).
- BUXTON, Richard (ed.) (1999) *From Myth to Reason?: Studies in the Development of Greek Thought*, Oxford, Oxford University Press.
- COMTE, Auguste (1936) *Cours de philosophie positive*. París, Librairie Larousse.
- COPENHAVER, Brian y Charles Schmitt (1992) *Renaissance Philosophy*, Oxford, Oxford University Press.
- COPÉRNICO, Nicolás (1543) *De revolutionibus orbium coelestium*, Núremberg, Petreum.
- DESCARTES, René (1644) *Principia Philosophiae*. Ámsterdam, Ludovicum Elzevirium.
- DÍEZ, José y Ulises MOULINES (1997) *Fundamentos de filosofía de la ciencia*, Barcelona, Ariel.
- GALILEI, Galileo (1995) *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, Madrid, Alianza Editorial.
- HUME, David (1994) *Investigación sobre el entendimiento humano*, México D. F., Gernika.
- JORDAN, Pascual (1953) *La física del siglo XX*, México D. F., Fondo de Cultura Económica.

- KANT, Immanuel (1994) *Crítica de la razón pura*, Madrid, Santillana. (Prólogo, traducción, notas e índices, Pedro Ribas).
- KOYRÉ, Alexandre (1939) *Études galiléennes*, París, Hermann.
- KOYRÉ, Alexandre (1973) *The Astronomical Revolution: Copernicus - Kepler - Borelli*, Ítaca, Nueva York, Cornell University Press.
- KUHN, Thomas (1957) *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- MARTIN, Thomas R. (1996) *Ancient Greece: From Prehistoric to Hellenistic Times*, New Haven y London, Yale University Press.
- MOULINES, Ulises (1982) *Exploraciones metacientíficas*, Madrid, Alianza Editorial.
- NESTLE, Wilhelm (1966) *Vom Mythos zum Logos*, Aalen, Scientia Verlag.
- PARRINI, P. W. C. Salmon y M. H. Salmon (eds.) (2003) *Logical Empiricism. Historical and contemporary Perspectives*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- PLATÓN (1959) *La república. Coloquios sobre la justicia*, México D. F., Editora Nacional, 2 Tomos.
- PLATÓN (1944) *Parménides*, Buenos Aires, Editora Inter-Americana.
- SCHMITT, Charles y Quentin Skinner (eds.) (2000) *The Cambridge History of Renaissance Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- RUSSELL, Bertrand (1983) *La perspectiva científica*, Madrid, Sarpe S. A.

NOTAS

Universidad e investigación en filosofía

Óscar Augusto García Zárate

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima, Perú

ogarciaz@unmsm.edu.pe

El ideal que la universidad encarna, vale decir, aquel consistente en proporcionar al hombre que se forma en ella un horizonte humanista de valoración del conocimiento nacido no solo del acopio de datos y cifras, sino también del libre ejercicio de una conciencia crítica, que busque además alcanzar estándares de calidad que no sean ajenos a las demandas de enriquecimiento espiritual, ese ideal, como decía, ha ido perdiendo empuje en estos tiempos de globalización e incessantes innovaciones tecnológicas en que la hegemonía parece haber sido lograda por aquel modelo de universidad que bajo iniciativa privada, y concebida más bien como una empresa comercial, establece vínculos estrechos entre el desarrollo tecnológico, el rendimiento económico y la excelencia orientada más a aspectos de orden técnico para atender ciertas demandas, sí, pero provenientes de la tiranía del mercado.

Pero no se trata de denostar caprichosamente tendencias de este tipo. Colocarse de espaldas a la realidad, negando con ello las inexorables transformaciones a que asistimos y que nos colocan en un umbral histórico de transcendencia crucial, no sería sino adoptar una actitud insensata que con casi toda seguridad nos condenaría al aislamiento y al naufragio social. De lo que se trata es de recordar que la universidad no debe renunciar a persistir en la marcha por el derrotero que nos conduzca a conservar ese espíritu que anima la búsqueda desinteresada de conocimiento, sin que ello signifique, ni por un momento, rodearse de muros impenetrables y desentenderse de los urgentes asuntos sociales que nos interpelan permanentemente ya sea desde nuestra propia comunidad nacional, ya desde fuera de sus fronteras. No olvidemos que en las aulas de una universidad se forman hombres y ciudadanos, no autómatas ni siervos. O dicho de otro modo, allí se forman conciencias críticas y voluntades encaminadas al compromiso social, no repetidores de fórmulas ni voluntades puestas de hinojos ante el poder.

En materia de investigación, el panorama actual es diverso y complejo en demasía. Este estado de cosas no es sino el natural resultado de la extrema especialización que se manifiesta en las ciencias en los últimos dos siglos, dado lo cual es prácticamente imposible que entre dos profesionales de disciplinas diferentes pueda ser entablada alguna

discusión a no ser que esta sea simplemente una de tipo trivial. Por ello, en la segunda mitad del siglo pasado fueron surgiendo estrategias multi e interdisciplinarias como intentos de enlazar las diferentes metodologías y conocimientos científicos.

Como se sabe, la multidisciplinariedad consiste en abordar un objeto de estudio propio de una determinada disciplina desde la perspectiva de otras. Así, pues, si bien la investigación en torno a los aspectos asociados a un templo precolombino, pongamos por caso, es abordada por la arqueología, otras disciplinas pueden también realizar estudios al respecto: la historia del arte, la arquitectura, la geología o la historia de las religiones sin duda también pueden contribuir a lograr un conocimiento más integrador de aquel objeto.

La interdisciplinariedad, por su parte, se expresa en la transferencia de métodos de una disciplina a otra. Este trasvase metodológico puede ir desde la sola aplicación, como sucede en el caso de la oncología, la cual emplea en algunos de sus tratamientos los métodos provenientes de la física nuclear, hasta la creación de nuevas disciplinas, como la paleopatología, disciplina que incorpora métodos de la patología al campo de la paleontología.

También en el ámbito de las humanidades, la interdisciplinariedad ha venido a instalarse, lo cual acaso se refleje con más nitidez en la disciplina que constituye su paradigma de rigurosidad: la lingüística. Al interior de esta, surgen nuevas especialidades como producto de la conjunción de dos o más ámbitos de investigación. Tenemos, así, la sociolingüística, que estudia las lenguas como realidades sociales; o la etnolingüística que hace lo propio con estas en tanto realidades culturales. La lengua, asimismo, en tanto que involucra procesos cognitivos, es estudiada por la psicolingüística. La neurolingüística, por su parte, aborda la investigación del ejercicio lingüístico vinculado con la actividad neuronal.

Por lo que hace a la filosofía, actualmente, y siguiendo estas fecundas orientaciones metodológicas, la interdisciplinariedad, del mismo modo, viene siendo adoptada en algunos ámbitos académicos. En efecto, y bajo la denominación de filosofía experimental, Joshua Knobe, uno de sus principales difusores, se propone identificar el contenido empírico de las creencias de carácter intuitivo y de aquellas otras provenientes del sentido común, y que suelen estar presentes como premisas de argumentos filosóficos, y esto a fin de determinar si, efectivamente, el carácter intuitivo de dichas creencias y el hecho de que se las remita al plano del sentido común están justificados. La principal herramienta con que cuenta la filosofía experimental, lo cual constituye el aspecto

novedoso de su propuesta, es el empleo de estudios de campo, específicamente, de encuestas.

Heidegger se refería, en su *Introducción a la metafísica*, a la opinión, arraigada en alguno que otro círculo de investigadores dedicados a la investigación en el campo de las ciencias positivas, según la cual, de la filosofía «no resulta nada» o que «nada puede hacerse con ella». Acaso resulte pertinente traer a colación esta manera de formular el asunto relativo al valor de la filosofía por parte del autor de *Ser y tiempo* a fin de aproximarnos a las expectativas que genera el evento que ahora nos convoca.

Frente a parecer semejante, Heidegger decía que no valdría la pena enfascarse en la disputa con aquel que impugnara la utilidad de la filosofía en estos términos: de hacerlo, se estaría aceptando que la filosofía ha de justificar su ejercicio recurriendo a los mismos criterios con que se juzga la utilidad de saberes destinados a satisfacer requerimientos exclusivamente prácticos. Y, en efecto, la filosofía intenta ir más allá de los estrechos márgenes de la cotidianidad, para poner en cuestión los supuestos sobre los cuales, prerreflexivamente, discurre el diario vivir.

¿Acaso debemos buscar en todo momento una ramplona aplicación práctica e inmediatista de las investigaciones emprendidas por los profesionales de la filosofía? Sin que esta pregunta pretenda insinuar que baste con la inquisición profunda y con el reconcentrado proceso de leer y crear textos filosóficos, creo que este quehacer, al que nos dedicamos buena parte de los que estamos aquí, se justifica en la medida en que exterioriza un afán de saber, un afán de desentrañar problemas que de alguna u otra forma se conectan con la inveterada ansia humana de claridad.

Digámoslo de una vez, entonces: la investigación filosófica genera conocimiento en la medida que el caudal que produce incrementa el abanico de respuestas dadas a problemas planteados por el hombre desde antaño, y de esta forma, si bien no acoge la esperanza –que sería ilusa– de arribar a una respuesta definitiva y absoluta a cualquiera de ellos, se propone ampliar el panorama en que dichos problemas se inscriben, hacerlo más diverso y plural, y, en esta medida, ensanchar y enriquecer las perspectivas desde las cuales la praxis humana, la comprensión del mundo y la actitud crítica frente a lo establecido, como esferas fundamentales del fenómeno humano, puedan ser vistas con matices renovados que hagan posible paulatinamente un mejor conocimiento, más óptimo y profundo, del hombre mismo. La filosofía debe ser estudiada, como decía Bertrand Russell, no por las respuestas concretas a los problemas que plantea..., sino más bien por el valor de los problemas mismos, porque estos problemas amplían nuestra concepción

de lo posible, enriquecen nuestra imaginación intelectual y disminuyen la seguridad dogmática que cierra el espíritu a la investigación.

Ello solo, creo que basta para atribuirle a la investigación filosófica un valor que en estos tiempos muchos se esfuerzan en regatearle. Precisamente, algunos fecundos frutos de esa investigación filosófica, cosechados en medio de la actividad desarrollada en nuestra universidad y en otras, estamos hoy prestos a conocer, a través de los trabajos a ser compartidos con nosotros por nuestros investigadores.

Jørgensen's Dilemma: The Quest for Semantic Foundations of Imperatives

Miguel Á. León Untiveros

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima, Perú

miguel.leon.u@gmail.com

I. Jørgensen's dilemma.

In 1938, the positivist philosopher, Jørgen Jørgensen, proposed a dilemma about the logic for imperatives¹ despite Poincaré's dictum who considered it possible (Poincaré H., 1913). This dilemma has two horns: one, is, according to Poincaré, that there is a logic of imperative reasoning, where the major premise is in imperative mood and the minor premise is in indicative mood (we call it *Horn 1*, also *permissive thesis*). On the other hand, the second horn (*Horn 2*, also *prohibitive thesis*) says that because of imperative sentences lack of truth value and logic only deals with propositions (which have truth value), there is no a logic for imperatives.

Jørgensen's dilemma has received a lot of attention especially in the question of truth value of imperatives. And probably the most reasonable answer is the (almost obvious) lack of truth value of imperatives².

We think that even the lack of truth value of imperative, the reasons by which Jørgensen formulate horn 2 are not tenable anymore, in the light of the current situation of modern logic.

II. Reasons for Horn 2.

In (1938) and (1999 [1938]), Jørgensen presents the reasons by which he accepts *Horn 2*. First, only sentences which are capable of being true or false can function as premises or conclusions in an inference,

-
- 1 The sense of imperative is not uniform, in this work we understand it in the way used by (Rescher, 1966), *i.e.*, as a command.
 - 2 Some scholars claim that imperative has truth value, if we formulate it in terms of deontic possible worlds, *v.g.*, (Hintikka, 1971), (Stelmach & Brozek, 2006, pp. 31-33), but this is not the place where to analyze it. However, we must say that using this modal approach of imperatives, we change the sense of imperative sentences. If we accept that an imperative sentence has a truth value function, then we have to admit that this imperative sentence is describing some deontic (ideal) state of affairs, and this is contrary to the original sense of an imperative sentence, by which the agent pretends to promote a change in the world, from the current one to another one (a potential and ideal one). Uttering an imperative sentence is a specific kind of act of speech and it is different from uttering an indicative sentence, by which the agent describes her current world.

and second, according to the logical positivist testability criterion of meaning, imperative sentences must be considered meaningless. These reasons presupposes a state of logic which were current for logical empiricism. Theses presuppositions are:

- Unity of logic.
- The hegemony of classical logic.
- Classical logical consequence.
- The only logic to give an account of reason is classical logic.
- The relation between logic and reason is unilateral in favor of logic.

Our aim is to attack these presuppositions and weaken Horn 2, such that the feasibility of Horn 1 will increase.

(1) *A plurality of logics.*

In the current situation of logic, the real realm is given by the classical and non-classical logics, especially deviant logics. To explicate the diversity let us give the following and provisional definition of classical logic:

A logical system is a ordered pair (L, Q) , where

L : is the language which has a vocabulary, rules for well-formed formulae and semantics, and,

Q : is the rules of inference.

Thus, a system of classic logic is a structure (L, Q) , with the following properties

- $p \vee \neg p$ [excluded middle].
- $p \equiv p$ [identity].
- $\neg(p \wedge \neg p)$ [non contradiction].
- $((\Sigma \subseteq \Delta) \wedge (\Sigma \vdash \Gamma)) \Rightarrow (\Delta \vdash \Gamma)$ [monotony].

Naively, monotony says that no matter what else we learn, we must conclude the same proposition.

A non-classical system of logic (*i.e.*, deviant logics) is one that violates, at least, one of these properties (even partially).

Some logical systems deviate from excluded middle, and thus they form the family of polyvalent (also, multivalent) logics (which include fuzzy logics). In this kind of logics, a proposition could not be only either true or false, in a trivalent semantics, this could be neither true nor false. In a general way, the semantics of this kind of logics can be n -valent where n is a natural real number ($n \in \mathbb{R}$) and n is a number

in the interval [0, 1], therefore, a proposition can take infinitely many values, between truth (1) and false (0).

Other deviant logical systems arise from violation of non-contradiction principle: this family is called paraconsistent logics. In this logic also fails the principle of explosion: $P, \neg P \vdash Q$ (*ex falso quodlibet sequitur*). If a logical system \mathcal{L} distinguishes between two types of negation, say, \neg, \sim , then \mathcal{L} can be paraconsistent for one of these negations, for example, \neg , and not so for the other one, \sim .

The next family of deviant logics is non-reflexive logics, recently proposed by Newton da Costa and his collaborators³. This logic violates identity principle and belongs to the larger family of quantum logics, which try to account the interpretation of quantum mechanics, where there are subatomic particles for which do not correspond the idea of identity (da Costa, Krause, Becker Arenhart, & Schinaider, 2012, págs. 85-88).

There is another family of logics called non-monotonic logics. In this systems fails monotonicity, and there is no guarantee for the conclusion, which can be changed if we add some other different premises.

There are other families of logics (*v.g.*, intuitionistic logics, etc.), but the indicated ones are enough to show that logics is not a unique notion, and by no formal means we are able to give an account of its unity (Gabbay D. M., 2014), (Aliseda, 2014) without metaphysic commitments (León Untiveros, 2014).

Another remark: logics does not work anymore only with the Aristotelian bivalent truth value. As we see above, for example, multivalent logics deals with propositions which are neither true nor false. And, ironically, this ins the case of imperatives. Therefore, its lack of bivalent truth value is not a real reason to reject a logic for imperatives.

(2) ¿Hegemony of classical logic?

As we said before there are two Jørgensen's papers with the same subject: one in English entitled "Imperatives and Logic" and the other in Danish "Imperativer og Logik", which means the same in English, even though both of them were issued in the same year, 1938, however, they are different by its content⁴. In his Danish paper, Jørgensen mentions modal logic only to discard it (Jørgensen, 1999 [1938], p. 211), this strategy is fundamental for his argumentation in favor of Horn 2. This implicates hegemony of classical logic over non-classical logic. Is this

3 Cf. (da Costa & Bueno, 2009), (da Costa, Krause, Becker Arenhart, & Schinaider, 2012).

4 We took notice of this very important information from (Alarcón Cabrera, 1999), the Danish paper is translated into Spanish by Erling Strudsholm, Amedeo G. Conte and Carlos Alarcón Cabrera (Jørgensen, 1999 [1938]).

Jørgensen's content tenable nowadays? By 1938, C.I. Lewis and C.H. Langford (1932) have proposed a system of modal logic, and since the end of the nineteenth century many-valued (or, multivalued) logics has been proposed by the Scotsman Hugh McColl (1837-1909), the American Charles Sanders Peirce (1839-1914), the Russian Nicolai A. Vasil'ev (1880-1940) and the Polish Jan Łukasiewicz (1878- 1956)⁵.

However, empiricist positivists were very influenced by David Hilbert's metamathematics (Echeverría, 1998, pp. 53-54), (Milov, 2013, pp. 20-24), which can be summarized by Hilbert's dictum: "in mathematical matters there should be in principle no doubt; it should not be possible for half-truths or truths of fundamentally different sorts to exist." (Hilbert, 1996 [1922], p. 1117). For Hilbert, the axiomatic method does not need other laws of logic apart of Aristotelian ones (Hilbert, 1967 [1925]).

In the current situation of logic, there is no a serious way to claim the hegemony of classical logic against deviant logics. The recent proposal, like Graham Priest's ones, (2003), (2006, pp. 194-209), fails, as showed by (Estrada-González, 2009) and (León Untiveros, 2014). As we said in our indicated paper, the geometric analogy as an argument in favor of the unity of logic is not tenable, because of in logic it does not occur as in geometry in which the formal relationship between geometries (Euclidean and non-Euclidean) is ontologically neutral. There is an ontological commitment of logic. The idea of a syntactic intersection of Priest (2003), (2006, pp. 194-209) or the a priori common elements idea, are not effective arguments in favor of geometric analogy, but on the contrary, they are against geometric analogy.

On the other hand, it can be seen that multivalent logics is a generalization of classical logic (especially, in its semantics, because it goes from a bivalence to an n -valency, where $n \geq 2$). And, the same can be said of modal logic, where modal logic is a generalization of classical logic (Popkorn, 1994). Despite of these facts, we do not mean that we must give up classical logic, mostly because it is the logic for mathematics, even though not for ordinary language.

(3) A non-classical concept of logical consequence.

Jørgensen says that the relation between the premises and the conclusion of an argument is a logical consequence one, by which he understand "the conclusion follows logically from the premises (that is, the last one is logical consequence of premises) iff there is no assignment of truth values upon which the premises come out true and

5 For a beautiful history of many-valued logic see (Rescher, 1969).

the conclusion comes out false" (Jørgensen, 1999 [1938], p. 211). This is the classical concept of logical consequence developed by Tarski (1983 [1935]).

However, since the works of Dov M. Gabbay (1985) and on, the concept of logical consequence has changed, in order to give a proper account of the use of arguments in Artificial Intelligence and Computer Science. Thus, it has appeared a new property for logical consequence, and this is known by non-monotonicity. This name is not much appropriate because it could give the misleading idea of a mere lack of monotonicity⁶, but this is not the case. In the logical literature, there are, at least, two non-classical notions of monotonicity⁷. Let us see,

Classical logic	<i>Classical Monotony</i>	$((\Sigma \subseteq \Delta) \wedge (\Sigma \vdash \Gamma)) \Rightarrow (\Delta \vdash \Gamma)$
Non-monotonic logics	<i>Rational Monotony¹</i>	$((\Delta \not\vdash \neg\varphi) \wedge (\Delta \vdash \psi)) \Rightarrow ((\Delta \wedge \varphi) \vdash \psi)$
	<i>Cautious Monotony</i>	$((\Delta \vdash \varphi) \wedge (\Delta \vdash \psi)) \Rightarrow (\Delta \wedge \varphi) \vdash \psi$

Roughly, classical monotony says that no matter what else we learn, we must conclude the same proposition. Therefore, the conclusion is guaranteed. This warrant only needs that the original set of premises Σ is included in another set Δ , and nothing else matters.

On the contrary, for example, with a cautious monotony, the conclusion ψ is guaranteed iff from the set of premises Δ follows logically φ and ψ , independently.

For example, let us consider a set of premises, say, Σ , from which follows a conclusion ψ . Then, we learn something else different, say φ . If we work with classical monotony, we must conclude that from Σ and φ follows ψ , that is,

$$((\Sigma \vdash \psi) \wedge \Sigma \subseteq \{\Sigma, \varphi\}) \Rightarrow (\Delta \wedge \varphi) \vdash \psi$$

In classical logic, it does not matter the content of the new information, φ . Even, this could be contrary to ψ , i.e., $\neg\psi$, and from a classical logical point of view the conclusion ψ follows correctly from the premises. This is because classical monotony requires only one condition: that the original set of premises should be a subset of the new one, i.e., $\Sigma \subseteq \{\Sigma, \varphi\}$.

⁶ This remark was noted by professor Dr. Marino Llanos in personal conversation.

⁷ See (Antonelli, 2005) among others.

In the case of cautious monotony, there is a more restricted condition, which requires that the new premise φ should be the logical consequence from the original set of premises Σ , i.e., $\Delta \vdash \varphi$.

(4) *The fluid relationship between reason and logic.*

In textbooks, the defined aim of logic is to evaluate correctness of any argument, and it is done, mostly, by classical or mathematical logic, thus (Copi, Cohen, & McMaho, 2014) say: “Logic is the study of the methods and principles used to distinguish correct from incorrect reasoning”, and chapters about analogy and induction are considered as a kind of argument which validity cannot be settled by logical means.

Once we accept this conception of logic, we must content that any argument (or reasoning) which do not fulfill this restriction, is not logical or at most it is just a fallacy, despite its plausible appearance.

Underlying this conception of the task of logic, there is the idea that logic has a prior status against reason, this tradition or paradigm can be traced back to Kant. In the preface of the second edition of *Critique of Pure Reason*, the German philosopher says: “But I can **think** whatever I like, as long as I do not contradict myself, i.e., as long as my concept is a possible thought,” (Kant, 1998 (1789), pp. 115, Bxxvi). However, this is no more tenable in the light of current logic (especially, because of the case of paraconsistent logics).

Nowadays the relation between reason and logic is fluid, a kind of mutual and progressive adjustment⁸. That is the lesson caused by the discovery of deviant logics. So, when we have to evaluate the correctness of a reasoning, classical logic is not the only one option, there are a bunch of logical alternatives, each one with a set of special features that must be evaluated according to our goals, that is, the features of the specific reason we want to emphasize, idealize, and analyze.

Therefore, is not tenable anymore the thesis that logic is prior before which a reasoning must be judge, logic is not a tribunal for the reason. That means the relation between them are bilateral, logic and reason interact mutually, without priority. This situation arises the question about reason and its relation to logic, however, this is not the place to try this very interesting subject. Following Miró Quesada Cantuarias, we only can say that logic is like reins which prevent reason unbolts itself (Miró Quesada Cantuarias, 1963).

⁸ (Bôcher, 1905, pp. 119-120), (Goodman, 1983), (Bunge, 1996, p. 68), (Gabbay & Woods, 2008), among others.

III. A feature of imperative reasoning.

Legal and moral reasoning have specific features which make them different from mathematical reasoning. The most important are: graduality, inconsistency, and defeasibility. Graduality is given by the notions like light, moderate and serious interference with rights (Alexy, 2003)⁹. Inconsistency is given by conflict of moral duties¹⁰. And, defeasibility is given by legal prescription of extinction of legal action because the occurrence of a lapse of time, such that before that, it could be drawn as the conclusion that someone is guilty, but this could be not the case anymore after the occurrence of a lapse of time.

This three features of legal and moral reasoning are very important, and sadly, classical logic could not provide an adequate answer (Horty, 1997), (Ausín, 2005).

Defeasibility is better dealt by non-monotonic logic. Contrary to what some important legal scholars claim, for example (Alexy, 2000), classical logic is not a suitable alternative for legal reasoning. We will see closely the example given by Alexy to show that classical logic is adequate to modelling legal reasoning:

Let propositions p, q, r be:

p : Bob kills Peter,

q : Bob goes to jail,

r : Bob acts in self-defence.

The premises are:

1. $p \Rightarrow q$
2. $p \wedge r \Rightarrow \neg q$
3. $p \wedge r$

From here, by classical laws of logic, we derive the following, as Alexy does (Alexy, 2000).

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 4. $q \Rightarrow \neg(p \wedge r)$ | 2, Law of Contraposition |
| 5. $\neg q$ | 3, 4, Modus tollens |

⁹ This feature can be dealt by fuzzy logic (Mazzarese, 1993), (Mazzarese, 1999), (Miró Quesada Cantuarias, 2000), (Puppo, 2012), among others

¹⁰ Thus, the famous Sartre's example: a student during the Second World War who felt for reasons of patriotism and vengeance (his brother had been killed by the Germans) that he ought to leave home in order to join the Free French, but who felt also, for reasons of sympathy and personal devotion, that he ought to stay at home in order to care for his mother (Sartre, 1966 [1946], pp. 35-37). Horty proposes a non-monotonic solution for this case (Horty, 1997).

Here is where Alexy stops. He believes it is enough and he gets what we consider just a correct conclusion, That is, $\neg q$, which means “Bob does not go to jail”. However, from a logical point of view, the set of consequences (Cn) from a set of premises (A) are the whole conclusions (or propositions, x) which logically follows from the premises, that is, $Cn(A) = \{x \mid A \vdash x\}$ ¹¹. Thus, we can obtain

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 6. p | 3, Simplification |
| 7. q | 1, 6 Modus Ponens |
| 8. $q \wedge \neg q$ | 5, 6 Adjunction. [ABSURD] |

Line 8 is an absurd (*i.e.*, a contradiction). And, this contradiction is necessarily obtained because of the use of classical logic. However, contradictions could be dealt if we use nonmonotonic logics. Let us see this very roughly:

The premises are:

1. $p \Rightarrow q$
2. $p \wedge r \Rightarrow \neg q$
3. $p \wedge r$

We introduce here the revision operator *

At first, we have an initial set of premises

$$K = \{1, 2\}$$

But then, it happens 3, the question is to avoid contradiction if we add 3 to K . This operation of revision is formulated as

$$K^*3$$

By definition

$$K^*3 := (K \div \neg q) + 3^{12}$$

The result is

$$K^*3 = \{2, 3\}$$

11 Cf. (Makinson D., Bridges from Classical to Nonmonotonic Logic, 2005, p. 4).

12 “÷” means the operation of contraction, and “+” means the operation of expansion. For details see (Hansson, 1999), for philosophical applications of belief logics see (Olsson & Enqvist, 2011).

The, we infer

$$4. \quad \neg q \qquad \qquad \qquad 2, 3 \text{ MP.}$$

Thus, we do avoid contradiction and we have used correctly a non-classical concept of logical consequence.

IV. ¿A mere syntactical solution?

In the very end of the Danish paper, Jørgensen just mentions a possible *syntactic* solution. This kind of proposal has been given by Mario Bunge (1989, p. 301), where he introduces two axiological inference rules: *modus volens* and *modus nolens*¹³.

We want to address this question: is standard deontic logic a syntactical solution? Its axiomatization looks like the following¹⁴:

Deontic operators: \bigcirc (obligated), P (permitted), F (forbidden).

We take as the primitive concept: \bigcirc .

The other deontic operators are defined in the following way:

$$Pp := \neg \bigcirc \neg p$$

$$Fp := \bigcirc \neg p$$

Thus, the *axiom schemes* are:

(A0) All tautologies from propositional calculus.

(A1) $\bigcirc p \Rightarrow Pp$ [Bentham's or Leibniz's Law]

(A2) $\bigcirc(p \Rightarrow q) \Rightarrow (\bigcirc p \Rightarrow \bigcirc q)$ [K-deontic axiom]

And the *inference rules* are:

(MP) $p \Rightarrow q, p / q$

(DNR¹⁵) $\vdash p / \bigcirc p$ (\bigcirc -necessitation)

Standard deontic logics has a formal semantics, but here we focus only on its syntactic side¹⁶.

13 In logical literature there is an interesting question about the admissibility of inference rules, cf. (Rybakov, 1997), but this is not the place to analyze the kindness of this proposals.

14 We follow (Ausín, 2005, pp. 40-41).

15 Deontic necessitation rule.

16 As we said before, the semantics for standard deontic logic is the so-called "possible worlds" semantics. The model for this case is the triple

$$M = \langle W, R, V \rangle$$

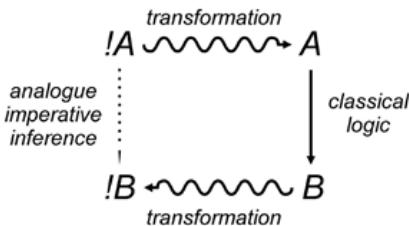
Where

- (i) W is a non-empty set (heuristically, of 'possible worlds' or 'possible situations').
- (ii) $R \subseteq W \times W$ (a binary relation on W , heuristically, of "deontic alternativeness" or "copermissibility").

The underlying logic beyond this axiomatization is the so-called Dubislav convention¹⁷, which states

(DC) An imperative F is called derivable from an imperative E if the descriptive sentence belonging to F is derivable with the usual methods from the descriptive sentence belonging to E, whereby identity of the commanding authority is assumed (Dubislav, 1938).

Let \mathcal{A} , \mathcal{B} be imperatives, its corresponding descriptive sentences are A , B . Dubislav convention has the following graphical shape (Hansen, 2008, p. 9):



The transformation $\mathcal{A} \rightsquigarrow A$ reflects the analogy between norms and norm-propositions in order to use classical logic. This is presupposed in standard deontic logic, and it caused many shortcomings like the contrary-to-duty paradox¹⁸, Ross' paradox¹⁹, among others²⁰.

The relation between A , B , is of logical consequence, $A \vdash B$, i.e., there is a finite sequence of statements where each statement in the list is either an axiom or the result of applying a rule of inference to one or more preceding statements. The final statement is the conclusion of the proof.

(iii) V is an assignment, which associates a truth-value 1 or 0 with each ordered pair (p, x) where p is a proposition letter and x is an element of W ; that is, $V: \text{Prop} \times W \rightarrow \{1, 0\}$.

For details, see (Åqvist, 1984).

17 After the German logician, philosopher of science, logical empiricist, Walter Dubislav (1895 – 1937).

18 This paradox states:

1. It ought to be that a certain man goes to assistance of his neighbors.
2. It ought to be that if he does go, he tells them he is coming.
3. If he does no go, then he ought not to tell them he is coming.
4. He does not go.

Therefore, he ought to come and he ought not to come.

19 This paradox states: take the imperative 'Post the letter!' then use this method to derive the imperative 'Post the letter or burn it!'

20 For a recent discussion of this matter see (Hilpinen & McNamara, 2013) and (Navarro & Rodríguez, 2014), for a comprehensive list of problems in deontic logic see (León Untiveros, 2015).

The transformation $!A \rightsquigarrow A$ is a subject of the deontic necessitation rule, which states by decree the transformation of a descriptive sentence into an imperative sentence.

The trick question is the notion *deriving (transforming) a descriptive sentence from an imperative F*. The convention does not explain how we can proceed formally. Thus, the convention is not clear.

Besides, DC does not explain how we can *derive (transform) an imperative E from a descriptive sentence*. This question is the famous is-ought problem, raised by David Hume, and standard deontic logic solves it by decree.

On the other hand, as we saw before, Jørgensen considers “the conclusion follows logically from the premises (that is, the last one is logical consequence of premises) iff it excludes the possibility that the premises are true and the conclusion is false” (Jørgensen, 1999 [1938], p. 211). This is the semantic conception of logical consequence (also called *model-theoretic*), but there is another account of logical consequence, a syntactical one (also called *proof-theoretic*) which was first proposed by Gerhard Gentzen in 1935, (Gentzen, 1969 [1935]), according to which the meaning of a logical connective is defined by its introduction rules (while the elimination rules are justified by respecting stipulation made by the introduction rules). Thus, a formula B is a consequence of another A by virtue of the inferential meaning of logical connectives (Caret & Hjortland, 2015, p. 8). So, we do not need any valuation of truth. Some scholars, like (Read, 2015), even claim that analytically valid arguments may yet fail to be truth preserving²¹.

Therefore, the syntactical line opened by the proof-theoretic conception of logical consequence represents an alternative possibility for a (maybe) suitable account of imperative reasoning. Thus, we think Horn 2 is not tenable anymore, at least, it is not as strong as it was in 1938.

21 Nowadays, there is an intense revision of the task of logical consequence because: (i) model-theoretic consequence preserves truth-in-a-model, but this a theoretic construct that is not necessarily a good model of truth simpliciter; (ii) with the popularity of many-valued logic it is commonplace to talk about preservation of *designed values* rather than just the truth value *true*; and (iii) it is not clear that consequence is best understood in terms of preservation of truth values, or at least not as preservation of truth values alone. Perhaps, consequence requires preservation of *warrant*, or a relevance relation between the content of the premises and the content of the conclusion, such as variable sharing (Read, 1988), (Restall, 2009), (Caret & Hjortland, 2015, pp. 15-16).

References

- Alarcón Cabrera, C. (1999). Imperativos y lógica en Jørgen Jørgensen. *Isegoría*(20), 207-210.
- Alchourrón, C. E. (1993). Philosophical Foundations of Deontic Logic. In J.-J. C. Meyer, & R. J. Wieringa (Eds.), *Deontic Logic in Computer Science. Normative System Specification* (pp. 43-84). New York: John Wiley & Sons.
- Alchourrón, C. E., & Martino, A. A. (1990). Logic without truth. *Ratio Juris*, 3(1), 46-67.
- Alexy, R. (1989 (1978)). *A theory of legal argumentation. The theory of rational discourse as theory of legal justification.* (R. Adler, & N. MacCormick, Trans.) Oxford: Clarendon Press.
- Alexy, R. (2000). Henry Prakken (1997), Logical Tools for Modelling Legal Argument. A Study of Defeasible Reasoning in Law. *Argumentation*, 14, 66-72.
- Alexy, R. (2003). On Balancing and Subsumption. A structural comparison. *Ratio Juris*, 433-49.
- Aliseda, A. (2014). *La lógica como Herramienta de la Razón. Razonamiento Ampliativo en la Creatividad, la Cognición y la Inferencia.* Milton Keynes: College Publications.
- Antonelli, G. A. (2005). *Grounded Consequence for Defeasible Logic.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Åqvist, L. (1984). Deontic Logic. In D. Gabbay, & F. Guenther (Eds.), *Handbook of Philosophical Logic* (Vol. II. Extensions of Classical Logic, pp. 605-714). Dordrecht: D. Reidel.
- Ausín, T. (2005). *Entre la Lógica y el Derecho. Paradojas y conflictos normativos.* México: Plaza y Valdés.
- Baškent, C. (Ed.). (2016). *Perspectives on Interrogative Models of Inquiry. Developments in Inquiry and Questions.* Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer.
- Berger, A. (2011). Kripke on the Incoherency of Adopting a Logic. In A. Berger (Ed.), *Saul Kripke* (pp. 177-207). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bobbio Rosas, F. (1968). *La lógica jurídica de Fco Miró Quesada* (Tesis de bachiller en Derecho ed.). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Bobbio Rosas, F. (1968). *La lógica normativa* (Tesis de bachiller en Filosofía ed.). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Bobbio Rosas, F. (1972). *La lógica normativa: Balance de dos décadas de investigaciones y examen de sus posibilidades* (Tesis doctoral ed.). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Bôcher, M. (1905). The fundamental conceptions and methods of mathematics. *Bulletin of the American Mathematical Society*, XI, 115-35.
- Bunge, M. (1989). *Treatise on Basic Philosophy* (Vol. 8. Ethics: The good and the right). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

- Bunge, M. (1996). *Intuición y Razón* (Segunda, revisada y ampliada ed.). Buenos Aires, Sudamericana.
- Burgess, J. P. (2009). *Philosophical Logic*. New Jersey: Princeton University Press.
- Burgess, J. P. (2013). *Kripke. Puzzles and Mysteries*. Cambridge: Polity.
- Caret, C. R., & Hjortland, O. T. (2015). Logical Consequence: Its Nature, Structure, and Application. In C. R. Caret, & O. T. Hjortland (Eds.), *Foundations of Logical Consequence* (pp. 3-29). Oxford: Oxford University Press.
- Cariani, F., Grossi, D., Meheus, J., & Parent, X. (Eds.). (2014). *Deontic Logic and Normative Systems. 12th International Conference, DEON 2014 Ghent, Belgium, July 12-15, 2014 Proceedings*. Springer: Springer.
- Chin-Mu Yang, S., Deng, D.-M., & Lin, H. (Edits.). (2016). *Structural Analysis of Non-Classical Logics. The Proceedings of the Second Taiwan Philosophical Logic Colloquium*. Springer Heidelberg New York Dordrecht London: Springer.
- Copi, I. M., Cohen, C., & McMaho, K. (2014). *Introduction to Logic. Fourteenth Edition*. (Fourteenth ed.). Essex: Pearson.
- da Costa, N. C., Krause, D., Becker Arenhart, J. R., & Schinaider, J. (2012). Sobre uma fundamentação não reflexiva da mecânica quântica. *Sientiae Studia*, 10(1), 71-104.
- da Costa, N., & Bueno, O. (2009). Lógicas não-reflexivas. *Revista Brasileira de Filosofia*, 232, 181-96.
- Dubislav, W. (1938). Zur Unbegründbarkeit der Forderungsätze. *Theoria*, 3, 330-42.
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia* (Segunda ed.). Madrid: Akal.
- Estrada-González, L. (2009). The Geometric Analogy and the idea of Pure Logic. In W. Carnielli, M. E. Coniglio, & I. M. Loffredo D'Ottaviano (Eds.), *The Many Sides of Logic* (pp. 171-85). London: College Publication.
- Gabbay, D. (1985). Theoretical foundations for non-monotonic reasoning in expert systems. In K. R. Apt (Ed.), *Logics and Models of Concurrent Systems* (pp. 439-457). Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer.
- Gabbay, D. M. (2014). What is a logical system? An Evolutionary View: 1964-2014. In D. M. Gabbay, J. H. Siekmann, & J. Woods (Eds.), *Handbook of the History of Logic* (Vol. 9, pp. 41-132). Amsterdam et al.: Elsevier.
- Gabbay, D., & Woods, J. (2008). Resource-origins of Nonmonotonicity. (H. Leitgeb, Ed.) *Studia Logica*, 8(1. Special Issue: Psychologism in Logic?), 85-112.
- Gentzen, G. (1969 [1935]). Investigations into logical deduction. In M. E. Szabo (Ed.), *The collected papers of Gerhard Gentzen* (pp. 68-131). Amsterdam - London: North-Holland.
- Ginsberg, M. L. (1986). Counterfactuals. *Artificial Intelligence*(30).
- Goodman, N. (1983). *Fact, Fiction and Forecast* (Fourth ed.). Cambridge - London: Harvard University Press.
- Hansen, J. (2008). *Imperatives and Deontic Logic. On the Semantic Foundations of Deontic Logic*. Leipzig: PhD dissertation Leipzig University.

- Hansen, J. (2013). Imperative Logic and Its Problems. In D. Gabbay, J. Horty, X. Parent, R. van der Meyden, & L. van der Torre (Eds.), *Handbook of Deontic Logic and Normative Systems* (pp. 137-191). Milton Keynes: College Publications.
- Hansson, S. O. (1999). *A Textbook of Belief Dynamics. Theory of Change and Database Updating*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hilbert, D. (1967 [1925]). On the infinite. In J. van Heijenoort (Ed.), *From Frege to Gödel. A source book in mathematical logic, 1979 - 1931* (J. van Heijenoort, Trans., pp. 367-392). Cambridge: University Harvard Press.
- Hilbert, D. (1996 [1922]). The new grounding of mathematics. In W. Ewald (Ed.), *From Kant to Hilbert: A Source Book in the Foundations of Mathematics* (Vol. II, pp. 1115-34). Oxford: Oxford University Press.
- Hilpinen, R., & McNamara, P. (2013). Deontic Logic: A historical survey and introduction. In *Handbook of Deontic Logic and Normative Systems* (pp. 3-136). Milton Keynes: College Publications.
- Hintikka, J. (1971). Some main problems of deontic logic. In R. Hilpinen (Ed.), *Deontic logic: Introduction and systematic readings* (pp. 59-104). Dordrecht - Boston - London: D. Reidel Publishing.
- Horsten, L., & Pettigrew, R. (Eds.). (2011). *The Continuum Companion to Philosophical Logic*. London - New York: Continuum.
- Horty, J. F. (1997). Nonmonotonic foundations for deontic Logic. In D. Nute (Ed.), *Defeasible Deontic Logic* (pp. 17-44). Dordrecht: Springer.
- Jacquette, D. (Ed.). (2006). *A Companion to Philosophical Logic*. Malden - Oxford - Victoria: Blackwell Publishing.
- Jørgensen, J. (1938). Imperatives and Logic. *Erkenntnis*(7), 288-96.
- Jørgensen, J. (1999 [1938]). Imperativos y lógica. *Isegoría*(20), 210-215.
- Kant, I. (1998 (1789)). *Critique of pure reason* (Second ed.). (P. Guyer, & A. W. Wood, Trans.) Cambridge: Cambridge University Press.
- León Untiveros, M. Á. (2012, Diciembre). La aplicación de la lógica deóntica en la formalización de las reglas jurídicas. *Tesis*, 5(5), 71-87.
- León Untiveros, M. Á. (Noviembre de 2013). El concepto de derrotabilidad en H.L.A. Hart. Un punto de vista lógico. *IV Coloquio de Estudiantes de Filosofía y Teoría del Derecho, 20 y 21 de noviembre de 2013, Pontificia Universidad Católica del Perú* (págs. 1-9). Lima: inédito.
- León Untiveros, M. Á. (2014). La analogía geométrica y la unidad de la lógica: Los compromisos ontológicos de la filosofía de la lógica. *Analítica*(8), 61-82.
- León Untiveros, M. Á. (2014). Las presunciones en el derecho: Un enfoque desde la filosofía matemática. *II Encuentro Latinoamericano de Epistemología Jurídica, inédito*, 1-14.
- León Untiveros, M. Á. (2015). *El dilema de Jørgensen: Fundamentos semánticos de los imperativos*. Lima: Inédito.

- León Untiveros, M. Á. (2015). There is no semantic truth in Law. *Ponencia presentada en GTR15 – TRENTO DAYS ON RHETORIC. Visual Argumentation & Reasonableness in Judicial Debate.* 17-19 junio. Inédito, 1-7.
- Llanos Villajuan, M. (2003). *Lógica jurídica. Lógica del proceso judicial.* Lima: Logos.
- Makinson, D. (1999). On a Fundamental Problem of Deontic Logic. *Norms, Logic, and Information Systems* (pp. 29-50). Amsterdam: IOS Press.
- Makinson, D. (2005). *Bridges from Classical to Nonmonotonic Logic.* Milton Keynes: Lightning Source.
- Makinson, D. C. (1973). *Topics in Modern Logic.* London: Methuen & Co Ltd.
- Mazzarese, T. (1993). Fuzzy Logic and Judicial Decision-Making. A new Perspective on the Alleged Norm-Irrationalism. *Informatica e diritto, II(3)*, 13-36.
- Mazzarese, T. (1999). "Norm Proposition": A Tentative Defense of a Sceptical View. In R. Egidi (Ed.), *In Search of a New Humanism. The Philosophy of Georg Henrik von Wright* (pp. 193-204). Dordrecht: Springer.
- McGee, V. (2015). The Categoricity of Logic. In C. R. Caret, & O. T. Hjortland (Eds.), *Foundations of Logical Consequence* (pp. 161-185). Oxford: Oxford University Press.
- Milkov, N. (2013). The Berlin Group and the Vienna Circle: Affinities and Divergences. In M. Milkov, & V. Peckhaus (Eds.), *The Berlin Group and the Philosophy of Logical Empiricism* (pp. 3-32). Dordrecht: Springer.
- Miró Quesada Cantuarias, F. (1963). *Apuntes para una teoría de la razón.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Miró Quesada Cantuarias, F. (2000). *Ratio Interpretandi. Ensayo de hermenéutica jurídica.* Lima: Fondo Editorial de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Navarro, P. E., & Rodríguez, J. L. (2014). *Deontic Logic and Legal Systems.* New York: Cambridge University.
- Nute, D. (Ed.). (1997). *Defeasible deontic logic.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Olsson, E. J., & Enqvist, S. (Eds.). (2011). *Belief Revision meets Philosophy of Science.* Springer et al.: Springer.
- Poincaré, H. (1913). La Morale et la Science. In H. Poincaré, *Dernières pensées* (pp. 221-247). Paris: Ernest Flammarion.
- Poincaré, H. (1958 [1913]). *The Value of Science.* (G. B. Halsted, Trans.) New York: Dover.
- Popkorn, S. (1994). *First steps in modal logic.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Priest, G. (2003). On Alternative Geometries, Arithmetics, and Logics. A Tribute to Łukasiewicz. *Studia Logica*(74), 441-68.
- Priest, G. (2006). *Doubt Truth to Be a Liar.* Oxford: Clarendon Press.

- Puppo, F. (2012). *Dalla vaghezza del linguaggio alla retorica forense. Saggio di logica giuridica*. Milani: CEDAM.
- Quine, W. V. (1959). *Methods of Logic*. (Revised ed.). New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Read, S. (1988). *Relevant Logic. A Philosophical Examination of Inference*. Oxford: Basil Blackwell.
- Read, S. (2015). Proof-Theoretic Validity. In C. T. Caret, & O. T. Hjortland (Eds.), *Foundations of Logical Consequence* (pp. 136-158). Oxford: Oxford University Press.
- Rebuschi, M., Batt, M., Heinzmann, G., Lihoreau, F., Musiol, M., & Trognon, A. (Eds.). (2014). *Interdisciplinary Works in Logic, Epistemology, Psychology and Linguistics. Dialogue, Rationality, and Formalism*. Springer: Springer.
- Rescher, N. (1966). *The Logic of Commands*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Rescher, N. (1969). *Many-Valued Logic*. Vermont: Greg Revivals.
- Restall, G. (2009). Logical Pluralism and the Preservation of Warrant. In S. Rahman, J. Symons, D. M. Gabbay, & J. P. van Bendegem (Eds.), *Logic, Epistemology And The Unity Of Science* (Vol. 1, pp. 163-174). Springer: Springer.
- Rybakov, V. V. (1997). *Admissibility of logical inference rules*. Amsterdam: Elsevier.
- Salazar Bondy, A. (2010). *Para una filosofía del valor*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Salinas Molina, M. A. (2011). *Computabilidad y Máquina de Turing*. Lima: Tesis de maestría en filosofía de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sánchez-Mazas, M. (1973). *Cálculo de las normas*. Ginebra: Ariel.
- Sanz Elguera, J. C. (1972). *La guillotina de Hume* (Tesis de bachillerato en filosofía ed.). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sanz Elguera, J. C. (1998). *Argumentos morales y argumentos éticos*. Lima: Fondo Editorial de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sartre, J.-P. (1966 [1946]). *Existentialism is a Humanism*. (P. Mairet, Trans.) London: Methuen & CO.
- Sievers, J. M., & Magnier, S. (2015). Reasoning with Form and Content. In M. Armgardt, P. Canivez, & S. Chassagnard-Pinet (Eds.), *Past and Present Interactions in Legal Reasoning and Logic* (pp. 187-221). Springer: Springer.
- Smullyan, R. M. (1995). *First-Order Logic* (Second ed.). New York: Dover Publications.
- Stadler, F. (2015). *The Vienna Circle. Studies in the Origins, Development, and Influence of Logical Empiricism. Revised edition* (Revised ed.). Springer et al.: Springer.
- Stalnaker, R. (1994). What is a nonmonotonic consequence relations? *Fundamenta Informaticæ*, 21, 7-21.
- Stelmach, J., & Brozek, B. (2006). *Methods of Legal Reasoning*. Dordrecht: Springer.

- Suppe, F. (1977). The Search for Philosophic Understading of Scientific Theories. In F. Suppe (Ed.), *The Structure of Scientific Theories* (Second ed., pp. 3-241). Urbana: University of Illinois Press.
- Suppe, F. (1989). *The semantic conception of theories and scientific realism*. Urbana: University of Illinois Press.
- Tarski, A. (1983 [1935]). On the concept of logical consequence. In A. Tarski, & J. Corcoran (Ed.), *Logic, Semantics, Metamathematics* (J. H. Woodger, Trans., Second ed., pp. 409-420). Indianapolis: Hackett Publishing Company.
- Tarski, A. (2002 (1935)). On the Concept of Following Logically. *History and Philosophy of Logic*, 155-196.
- Tent, K., & Ziegler, M. (2012). *A Course in Model Theory*. Cambridge et al.: Cambridge University Press.
- Trelles Montero, J. Ó. (2001). *Apuntes de Lógica Modal*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vasil'ev, N. A. (2012). *Logica immaginaria*. (V. Raspa, Ed., G. Di Raimo, & V. Raspa, Trads.) Roma: Carocci.
- von Wright, G. H. (1951). *An essay in modal logic*. Amsterdam: North-Holland.
- von Wright, G. H. (1957). *Logical Studies*. London: Routledge and Kegan Paul.
- von Wright, G. H. (1963). *Norm and Action. A logical enquiry*. New York: Routledge & Kegan Paul.
- von Wright, G. H. (1967 (1951)). Deontic Logic. In I. M. Copi, & J. A. Gould (Eds.), *Contemporary readings in logical theory* (pp. 303-15). New York: The MacMillan Company.
- von Wright, G. H. (1968). An essay in Deontic Logic and The General Theory of Action. In *Acta Philosophica Fennica*. Amsterdam: North-Holland.
- von Wright, G. H. (1968). Deontic Logic and the Theory of Conditions. *Crítica*(2), 3-25.
- von Wright, G. H. (1991, December). Is There a Logic of Norms? *Ratio Juris*, 4(3), 265-83.
- von Wright, G. H. (1999). Deontic Logic: A Personal View. *Ratio Juris*, 12(1), 26-38.
- Vranas, P. B. (2010). In Defense of Imperative Inference. *Journal of Philosophical Logic*, 39(1), 59-71.
- Vranas, P. B. (2011, April). New Foundations for Imperative Logic: Pure Imperative Inference. *Mind*, 120(478), 369-446.
- Weinberger, O. (1998). *Alternative Action Theory. Simultaneously a Critique of Georg Henrik von Wright's Practical Philosophy*. (J. Zwart, Trans.) Springer: Springer.
- Wohlrapp, H. R. (2014). *The Concept of Argument. A Philosophical Foundation*. Dordrecht: Springer.
- Zuleta, H. R. (2008). *Normas y justificación. Una investigación lógica*. Madrid et al.: Marcial Pons.

(Footnotes)

- 1 Rational monotony is not accepted for a suitable non-classical relation of logical consequence, because it has a counter example, for a brief explanation see (Antonelli, 2005, pp. 7-9) and (León Untiveros, 2015, numeral 2.3), for further explanation see (Stalnaker, 1994, p. 19) who adapts a famous example used by (Quine, 1959, p. 15) and (Ginsberg, 1986, pp. 40-42).

**El algoritmo de la selección natural como ácido universal: Taller sobre
La peligrosa idea de Darwin de Daniel C. Dennett¹**

David Villena Saldaña

Departamento de Filosofía – Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Escuela de Filosofía – Universidad Antonio Ruiz de Montoya

Lima, Perú

david.villena@cesfia.org.pe

El grupo de estudios “Sentido y referencia” llevó a cabo un taller de lectura y discusión acerca del libro *La peligrosa idea de Darwin* a lo largo del semestre 2015-II en la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la UNMSM. Además de los miembros del grupo, participaron de él estudiantes de pre y posgrado de la referida Facultad. También se contó con la presencia de estudiantes e investigadores de otras instituciones así como de público en general interesado. La publicación que fue objeto de debate data del año 1995 y es considerada un hito en la literatura filosófica sobre el tema. Su autor, el estadounidense Daniel C. Dennett, es, como se sabe, uno de los filósofos en actividad con mayor influencia. Destaca por no circunscribir su trabajo al ámbito académico y sentirse comprometido a participar de los debates de coyuntura y de larga duración en medios. Es, sin duda, un filósofo público y no en vano se ha dicho de él que se trata del Bertrand Russell de nuestra época. Entre sus obras más destacadas, además de la ya referida, puede nombrarse a *Contenido y conciencia* (1969), *La actitud intencional* (1987), *La conciencia explicada* (1991) y *Romper el hechizo* (2006).

El objeto de este voluminoso libro – hablamos de más de novecientas páginas – es hacer que *El origen de las especies* de Charles Darwin sea tomado en serio no sólo en las ciencias naturales, sino también en las humanidades y las ciencias sociales, donde muchas veces se encuentra cierta reticencia y esnobismo en relación con todo lo que exhiba una visión naturalista del mundo o suponga explicaciones que apelen a procesos mecánicos. La idea de Darwin, poderosa y simple a la vez, está llamada a ser un ácido universal que permea cada uno de los ámbitos del saber y de la vida. Tomando en serio a la evolución por selección natural, que, a juicio de Dennett es la mejor idea que haya tenido jamás una mente humana, interiorizándola y no dejándola como una verdad muerta o una pieza de museo, nuestras concepciones más apreciadas

1 El autor de esta nota, asesor del grupo “Sentido y referencia,” agradece a Katherin Ángeles, Christian Cruzado, Luis Estada y Luis Bartolo por sus aportes y observaciones durante cada una de las sesiones del taller.

acerca de la existencia tendrán nuevos fundamentos. Muchos temen el nihilismo: si Darwin tiene razón, nada tiene sentido. Dennett nos insta a mirar las cosas con valentía y a no parapetarnos tras concepciones que no son verdaderas. La mejor explicación sobre el sentido no es la que nos provee mayor confort, sino la que resiste a más y mejores críticas.

Está claro que la revolución darwiniana no ha agotado su potencial. Su establecimiento a nivel de la cultura y la educación todavía tiene un largo camino por recorrer. A cien años de la muerte de Copérnico, su sistema era ya ortodoxia entre doctos. Poco después también lo sería entre legos. Así, nadie en su sano juicio pone hoy en cuestión al heliocentrismo. Ni siquiera un niño. El caso de Darwin dista de ser análogo. Aunque a más de cien años de su muerte su teoría sea consenso en la comunidad científica, y resulte quizá inamovible debido a la ingente evidencia que hay en su favor y a la síntesis que ha logrado con otras teorías, no podemos decir que se encuentre siquiera cerca de gozar de una aceptación de perfil similar en la opinión pública. Todavía encuentra una resistencia fiera en este contexto.

Aún hoy a muchos les gusta pensar que hemos sido creados. A sus ojos, nada explica mejor lo que consideran el carácter excepcional del ser humano, su conciencia y hasta su moralidad. Nada de esto, para ellos, puede ser consecuencia de un largo y ciego proceso de descendencia con modificación aleatoria (evolución) más selección natural. Les disgusta la hipótesis a la que arriba Darwin con elegante lógica, según la cual toda la vida que hay en la Tierra presenta un ancestro común. Esta brillante idea ha encontrado su corroboración en LUCA, el último ancestro universal común – acrónimo a partir de la expresión inglesa *Last Universal Common Ancestor*. El consenso sobre la realidad de este organismo se alcanzó en la década del 60 del siglo pasado gracias a los logros de la biología molecular. De este modo se legitimaba la conjectura que Darwin hizo sin la más mínima idea de lo que era un gen y menos aun del ADN. Sólo le bastó el algoritmo de la selección natural. Se estima que LUCA vivió hace alrededor de 3 mil 500 millones de años y que es la base del árbol de la vida, es decir, el organismo de donde salen los Bacteria, Archaea y Eukarya. Esto, desde luego, no quiere decir que LUCA haya sido el único organismo vivo en su momento, o que no hubo ninguno antes, quizá hubo otros, pero sus ramas se extinguieron y no dejaron ningún rastro. Ninguna de esas formas de vida – si las hubo – dejó huella. Toda la vida que conocemos viene de LUCA, todo ADN conocido se lee en los mismos términos, los de una bacteria, los nuestros, los de los hongos, los puercos y el pavo real. Nosotros somos una más entre las millones de especies que han existido. Nada de excepcional hay en los núcleos de nuestras células.

Todas las especies descienden por variación y selección natural a partir de este prístino organismo unicelular. Así es: LUCA puso en acto el algoritmo de la evolución en sentido darwiniano generando copias inexactas de sí mismo (descendencia con modificación).

El gusto por el creacionismo es sordo y tiende a expresarse en galimatías. Así se entiende que el camuflaje, que sirve tan bien para dar cuenta de la selección natural y la diferencia entre los valores adaptativos de los individuos, sea, de acuerdo con los creacionistas, un hecho que prueba que las variaciones individuales no son azarosas; un hecho que, en suma, refuta la idea misma de la evolución tal y como la entendemos en un sentido darwiniano – o como dirían ellos, en sentido “darwinista.” Su dialéctica es engañosa. Pues pretenden decir que el azar, considerado por la teoría de la evolución como propio de las variaciones (al no ser predecibles), también es afirmado de la selección natural por la misma teoría de la evolución – lo cual, como declara Dennett y el propio Darwin, es abiertamente falso. Y saltan a la conclusión de que no es azar o casualidad que los organismos con camuflaje sean precisamente los que están allí, en la corteza de los árboles o entre las flores. Por lo tanto, infieren, la teoría de la evolución está equivocada. Tienen camuflaje porque les sirve y no se pudo llegar a esto de manera casual. Tal es la afirmación que subyace a su argumento. Esa combinación feliz no puede darse si no es por la guía de un Creador. Por el mero y ciego azar no se puede dar. Tiene que haber un guía.

Este modo de hablar mezcla dos planos distintos: variación y selección natural. Pretenden hacer creer que los darwinianos han afirmado (¿dónde?) que ese camuflaje fue la primera variación entre esos organismos y, desde luego, no podemos ser tan ingenuos como para creer que precisamente la combinación que necesitaban sea la que se dio, la que aconteció en primer lugar de manera por completo casual, ciega. Es más, este modo de hablar parece suponer que las especies que vemos han sido así desde el inicio. No tiene en cuenta la idea de cambios, de que estos van sumándose. Tampoco tiene en cuenta la idea de adaptación. La evidencia muestra que hubo muchas variaciones que no funcionaron. Es casi una trivialidad: el mundo no siempre fue como lo vemos ahora.

La eficiencia que observamos en los animales – específicamente, para el caso en referencia, en los que presentan camuflaje – es resultado de una serie de “intentos” fallidos hasta arribar a la combinación exitosa. Por supuesto, que no es azar o casualidad que los organismos con camuflaje sean los que están entre las flores y sobre la corteza de los árboles, pues fueron ellos los que tuvieron mayor valor adaptativo en comparación con quienes no tuvieron camuflaje, los cuales ya no vemos – y no porque

se hayan camuflado mejor, sino porque simplemente ya no están, es decir, porque se fueron de este mundo, porque se extinguieron. Esas variaciones desaparecieron por no “pagar” en términos de sobrevivencia y reproducción.

Resumiendo, las variaciones son azarosas (no predecibles), mientras que la selección natural no es azarosa, o sea, es completamente predecible: dado el medio podemos predecir cuál de las variaciones disponibles tendrá más éxito. El argumento creacionista es tendencioso al afirmar que la teoría de la evolución es falsa, ya que “la selección natural no es azarosa,” y, por tanto, concluye, “las variaciones no son azarosas.” Mezcla engañosamente dos planos.

Los creacionistas pueden apelar al expediente de que ellos hablan en último término acerca de algo de lo cual nada tiene que decir la evolución, una teoría ideada por Darwin sólo para explicar la diversidad de las especies y no el origen de la vida. Ellos afirman hablar de algo que está más allá de los límites de toda ciencia natural. No nos dejemos sorprender. No hay ningún misterio insondable sobre el particular. Hay numerosos trabajos al respecto, cientos de personas han trabajado en lo que se conoce como abiogénesis. Sería bueno difundir más información acerca de experimentos como el de Miller-Urey. Si, al menos en principio, el origen de la vida se puede explicar de manera natural, no vemos la necesidad de postular entidades sobrenaturales o de decir que Dios ha intervenido en este origen. Los creacionistas replican: “pero ustedes no tienen cómo descartarlo, no podrían probar experimentalmente que Dios no ha intervenido en el origen de la vida.” Exacto, no podríamos probar experimentalmente que Dios no ha intervenido en el origen de la vida, así como tampoco podemos probar experimentalmente que Dios no ha intervenido en el terremoto de Haití, ni que Dios no intervino en la caída de la Bolsa de 1929 o que Dios no interviene en el embotellamiento en la avenida Javier Prado que se da en este momento. No podemos probar experimentalmente que Dios no ha intervenido en ninguno de esos eventos, pero ellos tampoco pueden probar que ha intervenido. Desde luego, esto no nos coloca en ningún dilema ni en conflicto cognitivo alguno que nos lleve a suspender el juicio o a sostener posturas de presunta prudencia agnóstica. Aquí no hay problema por la sencilla razón de que de la idea de Dios no se sigue ninguna consecuencia experimental.

Los creacionistas, por lo tanto, no pueden venir con ligereza a decir que la tesis de una intervención divina en el origen de la vida no es descartable por el método científico. Por supuesto que es descartable. El método científico descarta lo que no se puede someter a prueba. Lo descarta, no lo niega, pues para que algo sea negable debe tener

contenido empírico y la tesis de la intervención no lo tiene. Así, este criterio no implica que la tesis de la intervención sea falsa, pero sí que no hay razón más allá de la voluntad propia o fe para creer en ella. A despecho del creacionista, la tesis de la intervención no supone en modo alguno un reto a la ciencia o la puesta en evidencia de sus límites. No hay que ser positivista para decirlo. Volteándoles la tortilla otra vez, yo podría decir no que un Dios ha intervenido en la caída de la Bolsa, sino que fueron dos o que fueron tres con la ayuda de veinte ángeles. Tampoco hay forma de probar experimentalmente que no intervinieron tres dioses con la ayuda de veinte ángeles en la caída de la Bolsa. ¿Es esta razón para si quiera abrir la puerta a que en efecto participaron tres dioses y veinte ángeles en la caída de la bolsa o para decir "usted no puede negar que no participaron tres dioses buenos y dos dioses malos en el origen de la vida?" ¿Puede el creacionista notar a cuántas incoherencias abrimos la puerta diciendo que no se puede descartar la tesis de la intervención? No resulta racional dejar abierta la posibilidad de la intervención divina en el origen de la vida en la Tierra apelando a que no se puede probar que no hubo intervención. Ello equivale a que cada quien hable lo que quiera, lo que le plazca, por el solo hecho de que "ustedes no pueden probar experimentalmente que esto no pasó." No demos alas al oscurantismo.

Por otro lado, digamos, ¿para qué postular esa hipótesis? ¿Qué explicaría?, ¿de qué serviría? ¿Qué sentido tiene que Dios cree un organismo unicelular hace 3 mil 500 millones de años?, ¿qué quería con eso?, ¿dar inicio a una cadena que termine en nosotros, los humanos modernos? O sea, para que aparezcan los humanos (no más de 200 mil años atrás), debió pasar cerca de 3 mil 499 millones 800 mil años. ¿Es eso eficiencia? Si Dios quiso crearnos, lo debió hacer desde el inicio y no gastar literalmente miles de millones de años de energía en vano. Y, además, el creacionista debe tener en cuenta que no hubo ninguna necesidad de que nosotros apareciéramos – si no se hubiesen dado una serie de extinciones masivas consecuencias de grandes erupciones, meteoritos colisionando con la Tierra, etc., otras formas de vida poblarían la Tierra. Si Dios creó ese organismo unicelular con la intención de que terminara en nosotros, se las jugó de verdad, porque su probabilidad de ganar era mínima. Y si era Dios, debió crearnos inmediatamente.

Los creacionistas deben tener en cuenta, además, que nosotros los *homo sapiens*, no somos los únicos miembros del género *homo*, y que hasta hace 30 mil años compartíamos el planeta con otros *homo*. Esa inteligencia de la que tanto nos jactamos no es una característica que como tipo sólo se haya presentado en nosotros. Sucede, eso sí, que somos los únicos *homo* inteligentes que han quedado, que no se extinguieron;

digamos, los mejor adaptados a las condiciones presentes. Pero nada asegura que no nos vayamos a extinguir en unos miles de años más, como de hecho, se han extinguido el 98% de especies hasta aquí, y, como de hecho, se seguirán extinguiendo...

Llegados a este punto, permítasenos mencionar la vida en el universo. Los creacionistas suelen hablar de pequeñas probabilidades para que la vida se origine, tan pequeñas que son casi nulas. Pasa, sin embargo, que la “pequeña probabilidad” que mencionan no es nada pequeña. No estamos hablando de vida simple, unicelular e incluso sin núcleo, estamos hablando de vida inteligente, como la nuestra. Hay una fórmula que se suele ensayar al respecto. Es conocida como la ecuación de Drake. Si se aplica a esta ecuación el número de estrellas que hay en la Vía Láctea, que es entre 200 mil y 400 mil millones, el resultado es que hay entre 1000 y 100 millones de civilizaciones inteligentes en la Vía Láctea. Ahora bien, piénsese en números mayores, nos referimos al número de estrellas en el universo observable que es 7×10^{22} . Aplicando ese número a la ecuación de Drake, el número de vida inteligente en el universo tendría un ‘1’ acompañado de tantos ‘0’ a su derecha que nos cansaríamos de contar. ¿Interviene Dios en todos esos orígenes de vida?

El creacionismo tiene una evidente motivación religiosa, pero ha encontrado la manera de colarse en algunas escuelas estadounidenses asumiendo un lenguaje presuntamente científico, el de la llamada teoría del diseño inteligente. Los grupos de presión asociados a las iglesias cristianas evangélicas y al Partido Republicano pretenden confundir a la opinión pública difundiendo la idea de que hay una controversia científica real entre el diseño inteligente y la evolución por selección natural y que, por tanto, es de justicia que ambas se enseñen en la escuela. Esta campaña llegó incluso al Perú en el año 2014. Entonces el Movimiento Misionero Mundial (MMM) alquiló una serie de auditorios en la UNMSM, incluido el ubicado en el propio Rectorado, para organizar lo que llamaron “Mega evento creacionista: La evolución en crisis.” El MMM se encargó de llevar al campus de San Marcos a miles de escolares, profesores y directores con el objeto de que asistan a las presentaciones de creacionistas internacionalmente conocidos. Allí, además de negar la evolución, hicieron lo propio con el Big Bang y, de la mano de Ken Ham, defendieron tesis tan insólitas como que la tierra tiene seis mil años, invitando a una lectura literal del Génesis. Lo cierto es que no hay ninguna controversia real entre el diseño inteligente y la evolución por selección natural en el terreno científico. El diseño inteligente no es considerado por la comunidad de investigadores como una teoría científica, ni siquiera como una teoría científica falsa. No

hace afirmaciones corroborables, y si algo hay de verdad en ella, son sólo tautologías, esto es, proposiciones que al fin y al cabo carecen de contenido empírico.

El grupo “Sentido y referencia” se enriqueció con la discusión del extenso libro de Dennett, pleno en detalles y ejemplos, y ha convenido en la implementación de un seminario permanente acerca de las consecuencias filosóficas y culturales de la teoría de la evolución por selección natural. Los invitamos a permanecer atentos a estas actividades.

OBITUARIOS

Patrick Suppes (1922-2014), in memoriam

Miguel Ángel León Untiveros

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

miguel.leon.u@gmail.com

El 17 de noviembre de 2014, fallece Patrick Colonel Suppes. Este gran y polifacético filósofo ha dejado una gran huella en tres aspectos importantes: el primero, su enorme calidad humana, siempre muy dispuesto a apoyar a los estudiantes y demás que tengan deseo de aprender, lo cual hizo hasta el final.

El segundo aspecto, es claramente su contribución filosófica. Es conocido el enorme impacto que tuvo su monografía *Set-theoretical Structures in Science* (1962), a pesar de que no fuera publicado sino hasta 2002, y que le valió el premio Lakatos de 2003. Obra en la cual plasma se plasma una concepción nueva de entender el progreso de la ciencia, que vino a ser conocida como epistemología semántica, y que Suppes es uno de los fundadores, superando así los problemas planteados por Thomas Kuhn en su *The structure of scientific revolutions*. Igualmente importante es su obra *Foundations of Measurement* (Vol. I 1971, Vol. II 1989, Vol. III 1990) junto con David Krantz, Duncan Luce y Amos Tversky. El interés de Suppes por los fundamentos de la medición, lo llevó a estudiar este tema en relación a la psicología, y en general el desarrollo de modelos formales de los procesos psicológicos. También estudió la causalidad, así tenemos: *A Probabilistic Theory of Causality*, 1970, *Probabilistic Metaphysics*, 1984. Siendo el primero en proponer una definición probabilística de la causalidad (Spohn, 2015).

El tercer aspecto de Suppes es su reconocida calidad y competencia como profesor. Sus lecciones eran de cincuenta minutos, apenas llegando de viaje, terminando se iba de viaje nuevamente (incluso hasta Tokyo). Su forma de exponer en clase era dramática. Tomaba la tiza como si fuera un arma, y acometía contra la pizarra duramente, mientras que su voz indicaba los axiomas que iba escribiendo. Al final de los cincuenta minutos, se podría ver un elegante despliegue de axiomas y teoremas que cubría de todas las pizarras del salón, de arriba a abajo, de esquina a esquina (Link, 2015). Esta faceta de Suppes incluye también sus libros de textos mundialmente conocidos: *Introduction to Logic* (1957), que hasta ahora es citado en trabajos de investigación, y su *Axiomatic Set Theory* (1960, 1972). Ambos han sido traducidos al español.

Analítica contó con la colaboración del gran filósofo, en nuestro número 7 (2013) apareció su artículo “Tres tipos de significado”,

mostrándose plenamente dispuesto para las correspondientes consultas para el logro de la traducción.

Además de las obras antes indicadas, una lista preliminar e inacabada de sus obras, en las que incluimos su participación como editor, es la siguiente:

1. *The Axiomatic Method: With Special Reference to Geometry and Physics* (1959), editor, junto con Alfred Tarski y Leon Henkin.
2. *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress* (1962), editor, junto con Alfred Tarski y Ernest Nagel.
3. *Aspects of Inductive Logic* (1966), editor junto con Jaakko Hintikka.
4. *Studies in the Methodology and Foundations of Science: Selected Papers from 1951 to 1969* (1969), autor.
5. *Information and Inference* (1970), editor junto con Jaakko Hintikka.
6. *Computer-Assisted Instruction At Stanford, 1966-68. Data, Models, and Evaluation of the Arithmetic Programs* (1972), autor junto con Mona Morningstar.
7. *Space, Time and Geometry* (1973), editor.
8. *Proceedings of the Fourth International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science, Bucharest, 1971* (1973), editor junto con Leon Henkin, Athanase Joja y Gr C. Moisil.
9. *Models and Methods in the Philosophy of Science: Selected Essays* (1993), autor.

Sin mencionar, la gran cantidad de artículos que ha publicado durante toda su carrera.

Patrick Suppes gozó del reconocimiento por su brillante carrera. Inclusive, llegó a recibir de las manos del presidente de Estados Unidos de América, George H. W. Bush, el premio la Medalla Nacional de la Ciencia, en 1990.

Jaakko Hintikka (1929-2015), in memoriam

Miguel Ángel León Untiveros

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

miguel.leon.u@gmail.com

Kaarlo Jaakko Juhani Hintikka (12 January 1929 – 12 August 2015), fue uno de los filósofos y lógicos más importantes de nuestro tiempo. Nació en Helsinki, Finlandia y falleció en Porvoo, Finlandia, a la edad de 86 años.

Estudió matemáticas, física y filosofía en la Universidad de Helsinki, y en 1953 defendió su tesis doctoral sobre las formas normales distributivas. Fue estudiante de Georg von Wright en la Universidad de Harvard (1956-1959). Tuvo importantes cargos como profesor en la Academia de Finlandia (1970-1981), en la Universidad de Stanford (1965-1982), en la Universidad del Estado de Florida (1978-1990) y en la Universidad de Boston (1990-2014).

Su obra es extensa: publicó alrededor de 40 libros, editó 20 volúmenes, y más de 300 artículos en diversas revistas de nivel internacional o en colecciones. Es conocido como uno de los fundadores de la lógica moderna. Formuló por vez primera la lógica epistémica, igualmente la semántica de la lógica modal (que es análoga a la elaborada por Saul Kripke), y descubrió independientemente el ampliamente conocido método del tableau (a la par de Evert Willem Beth).

Posteriormente, trabajó en semántica de los juegos, formuló la lógica independiente (independence-friendly logic, conocida como lógica IF, que tiene, según nuestro autor, un rol importante en la reivindicación del logicismo), en ramificación de cuantificadores, entre otros.

Nos dejó importantes trabajos sobre Aristóteles, Immanuel Kant, Ludwig Wittgenstein y Charles S. Peirce.

En epistemología dejó importantes obras como su libro *Socratic Epistemology. Explorations of Knowledge-Seeking by Questioning* (2007).

Hintikka recibió el prestigioso premio Rolf Schock prize de la Real Academia de Suecia por su trabajo en lógica y filosofía. Entre sus libros seminales y que marcaron la agenda de la investigación están:

1. *Knowledge & Belief* (1962).
2. *Models for Modalities* (1969).
3. *Logic, Language-Games & Information* (1973).

4. *Investigating Wittgenstein* (junto con Merrill B. Hintikka, 1986).
5. *The Principles of Mathematics Revisited* (1998).

Ingmar Pörn (1935-2014), in memoriam

Miguel Ángel León Untiveros

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

miguel.leon.u@gmail.com

Gustav Ingmar Pörn (19 de agosto de 1935 – 08 de febrero de 2014) fue un filósofo finlandés y profesor de filosofía en la Universidad de Helsinki a partir la 1978 a 1998.

Ingmar Pörn nació y falleció en Mustasaaressa, estudió en la Universidad Åbo Akademi, donde fue estudiante de Erik Stenius. Además, estudió sociología, teología, matemática y lengua griega. Obtuvo una licenciatura en 1960, el tema de John Locke. Igualmente revió influencias Georg Henrik von Wright, Jaakko Hintikka, Stig Kanger, entre otros.

Después de completar su período de servicio en 1961 se fue a la Universidad de Oxford a hacer sus estudios de postgrado bajo la dirección de Alfred Ayer y William Kneale. Luego se trasladó a la Universidad de Birmingham y allí obtuvo el doctorado en 1968. Obtuvo un segundo doctorado en la Universidad de Uppsala en 1978. Pörn enseñó en Birmingham durante casi catorce años. Pörn se destacó en las áreas de lógica, así como la salud y la filosofía médica.

La obra de Pörn es diversa e incluye los siguientes libros:

1. *Studier i John Lockes filosofi* (1960).
2. *John Locke om den mänskliga kunskapen* (1964).
3. *The Logic of Power* (1970).
4. *Elements of Social Analysis* (1971).
5. *Action Theory and Social Science: Some Formal Models* (1977).

NOTICIAS

I ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE FILOSOFÍA CIENTÍFICA

Homenaje a Mario Bunge

Luis Estrada Pérez

UNMSM

Del miércoles 23 al sábado 26 de Setiembre de 2015 se realizó en el Centro Cultural Paco Urondo de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires (UBA) el Primer Encuentro Latinoamericano de Filosofía Científica. En ésta primera edición el evento estuvo dedicado a Mario Bunge, el filósofo latinoamericano de mayor reconocimiento y relevancia a nivel internacional. El objetivo del mismo fue mostrar cómo la filosofía y la ciencia forman un continuo, al igual que recordar cómo ambas se desarrollan en constante interacción, estimulando el progreso mutuo. Este objetivo no es gratuito. Por mucho tiempo se ha manejado la dicotomía entre ciencias del espíritu y ciencias naturales, colocando a la filosofía en el primer campo. Producto de ello se ha desarrollado en filosofía, y en otras disciplinas humanísticas, una tendencia que presenta un claro rechazo y antagonismo al método científico por considerarlo, entre otras cosas reduccionista. El evento sirvió para recordarnos cómo no podemos desarrollar conocimiento en humanidades de espaldas al método científico, a la vez que evidenciar que la posición contraria solo lleva al dogmatismo, cuando no a la intolerancia. Esto último es ajeno al método científico, caracterizado por una posición abierta a la crítica y al mejoramiento de sus planteamientos.

Los cuatro días del Encuentro sirvieron para poner de manifiesto el beneficio de aplicar el método científico en el campo de las humanidades, no sólo en filosofía sino también en psicología, antropología, historia, etc., al igual que en otras áreas del conocimiento como la política, la tecnología y ética. Todo lo anterior no hizo sino demostrar que la aplicación del método científico no se circunscribe a las ciencias naturales, sino que también puede extenderse de forma satisfactoria a otras áreas del saber contribuyendo al desarrollo de la sociedad.

El evento se inauguró con la ponencia de Mario Bunge *¿Para qué axiomatizar?*, a la que siguieron sendas presentaciones magistrales como *Verdad y relevancia* de Gustavo Romero, *¿Qué significa existir en matemáticas?* De Pablo Jacovkis, *Realismo científico y el problema de la verdad* de Nélida Gentile, *El antipositivismo militante de Mario Bunge* de Rodolfo Gaeta entre otros. Igualmente hubo ponencias a cargo de estudiantes del pregrado y posgrado de Filosofía de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Giuliana Llamoja Hilares presentó su trabajo *Analiticidad y aprioridad de los enunciados de la lógica*; Luis Estrada Pérez, *Teoría causal de la referencia: el problema de las especies biológicas*; y

Andrés Pereyra Rabanal, *¿Supone el cientificismo una contención para la filosofía científica?*

En el desarrollo del evento, a partir de los trabajos de los expositores y las intervenciones del público, colegimos que una de las causas por las cuales las humanidades en latinoamericana tienen una actitud antagónica al naturalismo científico, depende en mayor o menor medida, a un desconocimiento de lo que es la ciencia y el método científico. Por ello esfuerzos por realizar eventos como éste, que buscan encontrar los puntos comunes entre la filosofía y ciencia, al igual que resaltar que el desarrollo de la primera no se puede dar sin el de la segunda, debe ser una labor constantemente promovida dentro de las universidades de nuestra región con el fin de colocarnos en una posición de vanguardia respecto al conocimiento. Lo mismo vale para las demás humanidades. Si la filosofía busca tener un impacto positivo en la sociedad puede lograrlo apelando al conocimiento científico y no alejado de él.

Para finalizar hemos de destacar la participación de Mario Bunge a lo largo del evento. Su presencia se sintió en las distintas ponencias, pues, aun cuando no pudo estar en todas, las exposiciones en las que intervino, que no fueron pocas, demostró las cualidades que han caracterizado desde siempre su temple filosófico: una constante apelación al rigor en los argumentos, la actitud crítica y cuestionadora, así como una visión científica de la actividad filosófica. Tal vez alguien pueda discrepar de sus opiniones, pero nadie puede poner en duda el valor de una vida consagrada a la ciencia y la filosofía. Bunge infundió su espíritu a todos los asistentes al evento y dio el ejemplo cómo vivir apasionadamente el conocimiento.

TALLER DE FILOSOFÍA MATEMÁTICA

Desde enero del 2014, a iniciativa de un grupo de estudiante de posgrado de filosofía, se constituye el Taller de Filosofía Matemática, cuyo objetivo es estudiar diversos temas de filosofía con un programa más amplio que la filosofía analítica (entendido comúnmente como análisis del lenguaje).

Los fundadores de este Taller son Miguel Salinas Molina, Adrián Aliaga Llanos, Víctor Osorio Vidal, Alicia Riojas Cañari, Carlos Calla, Lucio Montesinos Trujillo y Miguel León Untiveros. Posteriormente se han agregado nuevos miembros.

Cabe señalar que la denominación de filosofía matemática no hace referencia a la filosofía de las matemáticas en absoluto, sino que hace referencia a un método de estudio de la filosofía. Así, la filosofía matemática es la investigación filosófica de un tema haciendo uso de herramientas formales (lógica y matemáticas). Esta forma de investigación es la que se realiza en el Munich Center for Mathematical Philosophy - MCMP (ver: <http://www.mcmp.philosophie.uni-muenchen.de/index.html>). Y que en nuestro país se hace en el Taller de Filosofía Matemática que funciona en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Esta restricción metodológica, importa la libertad de estudios de filosofía, por lo menos en dos sentidos: (i) temático, esto es que los temas a ser abordados por la filosofía matemática no sólo son los que tenía por ejemplo el positivismo lógico, sino que se extiende hacia lo que se conoce como contexto de descubrimiento (ámbito para el que los positivistas lógicos negaban la labor de justificación racional), asimismo, permite el estudio de áreas de sumo interés filosófico como la ética, el derecho, la sociología, la teología, la metafísica, la ontología, etc., y (ii) no se restringe el empleo de las herramientas formales a las teorías clásicas o estándares (*v.g.* teoría de conjuntos ZFC), sino que cabe el uso de las lógicas no clásicas así como herramientas matemáticas no estándares (*v.g.*, intuicionismo), para el análisis de temas propiamente filosóficos.

En esta línea de ideas, en el curso del año 2015, en el Taller se ha tratado los siguientes temas:

1. La filosofía del Riesgo, por Miguel Salinas.
2. La expresión de la lógica proposicional en términos de una función binaria, por Miguel Merma.
3. La epistemología de la investigación operativa (IO), por Alicia Riojas.

4. ¿Qué es la lógica?, por los miembros del Taller.
5. El dilema de Jørgensen: los fundamentos semánticos de los imperativos, por Miguel León.
6. Las paradojas de Zenón y los métodos de solución de las paradojas, por Miguel León.
7. La evolución de la paradoja de Russell, por Rafael Mora.
8. La lógica cuántica, por los miembros del Taller.
9. Lectura del artículo “Non-reflexive Logical Foundation for Quantum Mechanics” de N. C. A. da Costa and C. de Ronde.
10. Lectura del artículo “Sobre uma fundamentação não reflexiva da mecânica quântica” de Newton Carneiro Affonso da Costa, Décio Krtause, Jonas Rafael becker Arenhart y Jaison Schinaider.
11. Lectura y discusión del libro *Introdução aos Fundamentos da Matemática*. Terceira edição. São Paulo: HUCITEC, 1992, de Newton da Costa.

DATOS DE LOS AUTORES

Alberto Cordero-Lecca

Doctor en filosofía por la Universidad de Maryland, actualmente trabaja en The Graduate Center de la City University of New York – CUNY. Sus áreas de investigación son filosofía de la ciencia, filosofía de la física e historia filosófica de la ciencia. Entre sus publicaciones representativas están: “Contemporary Nativism, Scientific Texture, and the Moral Limits of Free Inquiry”. *Philosophy of Science* 72 (2005): 1220-1231, “Are GRW Tails as Bad as They Say?”, in *Philosophy of Science* S66 (1999), “Physics and the Underdetermination Thesis: Some Lessons from Quantum Theory”. Invited Paper: in *Proceedings of the Twentieth World Congress of Philosophy*, S. Dawson (Managing Editor). Boston: Federation Internationale de Societes de Philosophie & Boston University, 2000, “Scientific Culture and Public Education”, in *Science & Education*, December, 2000, “Realism and Underdetermination: Some Clues From the Practices-Up”. *Philosophy of Science*, S68 (2001), La obra colectiva: *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe. Includes critical introduction* editado juntamente con E. Agazzi. Dordrecht: Synthese Library, Kluwer, 1991.

Thomas Meier

PhD en filosofía por la Universidad Ludwig Maximilian - LMU, su disertación doctoral fue dirigida por Ulises Moulines, Hannes Leitgeb y Otávio Bueno, bajo el título “Theory Change and Structural Realism in Linguistics” [Teoría del cambio y Realismo estructural en la Lingüística], 2015. Estudió filosofía en la Universidad de Zacatecas (México) y Filosofía y Lingüística en la LMU. Ha sido visitante de la Universidad de Miami, donde trabajó junto con Otávio Bueno. Ha sido conferencista en el Institut Wiener Kreis [Instituto Círculo de Viena], la Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, el Centro Düsseldorf para la Lógica y Filosofía de la Ciencia y la Universidad de Bern, entre otros lugares. Sus áreas de interés son: la filosofía de la ciencia, donde trabaja principalmente el realismo científico, el realismo estructural y la filosofía de la lingüística. También, se interesa por la epistemología formal e informal, la metafísica, la lógica, la historia de la filosofía analítica, la filosofía de la biología, filosofía de la economía, filosofía política, ética, metafilosofía, filosofía formal y científica y astrobiología.

Gabriel Garduño-Soto

Lógico de la Universidad Nacional Autónoma de México, con estudios en Licenciaturas de Lengua y Literatura Modernas Francesas, Filosofía y en la Maestría en Filosofía, en los últimos años ha investigado la interfase entre la biología genética, la lingüística y la lógica bi y multivaluada.

Pablo Quintanilla

Ph.D. en filosofía por la Universidad de Virginia y magíster en filosofía por la Universidad de Londres (King's College). Se especializa en filosofía del lenguaje y de la mente, epistemología y teoría de la acción. Es coeditor de "El pensamiento pragmatista en la actualidad" (2015), "Pedro Zulen: escritos reunidos" (2015), "Cognición social y lenguaje. La intersubjetividad en la evolución de la especie y en el desarrollo del niño" (2014), "Lógica, lenguaje y mente" (2011), "Desarrollo humano y libertades. Una aproximación interdisciplinaria" (2009). Es editor de "Ensayos de metafilosofía" (2009) y coautor de "Pensamiento y acción. La filosofía peruana a comienzos del siglo XX" (2009) y de "¿Un mundo sin certezas?" (1997). Decano de la facultad de Letras de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Óscar Augusto García Zárate

Es doctor en filosofía por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, docente-investigador del Instituto de Investigaciones Humanísticas de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la misma universidad y miembro de la Sociedad Peruana de Filosofía. Es presidente del Centro de Estudios de Filosofía Analítica (CESFIA). Sus intereses se inscriben en el terreno de la lógica, la epistemología y la metodología de la investigación.

Ha publicado *Filosofía y lógica* (1986), *Cuadernos de trabajo de lógica* (1988), *Falacias* (1997), *Lógica matemática como disciplina curricular. Una experiencia de investigación* (1998), *La extensión universitaria en San Marcos* (1999), *Introducción a la lógica* (2003), *Ciencia, verdad y filosofía* (2012), *Introducción a la Filosofía* (2013). Es editor de *Cuadernos de Filosofía* (en cinco volúmenes: 1995-2000), *Filosofía, Globalización y Multiculturalidad. Actas del VIII Congreso Nacional de Filosofía* (2000), *Hacia una nueva ley universitaria* (2002).

Fue presidente de la Comisión Organizadora del VIII Congreso Nacional de Filosofía: "Filosofía, Globalización y Multiculturalidad" (2000) y presidente de la comisión organizadora del "I Coloquio Peruano de Filosofía Analítica: Mente, lenguaje y realidad" (2008), en coordinación con la Pontificia Universidad Católica del Perú.

También ha sido Presidente de la comisión organizadora de los seis cursos internacionales de filosofía (del 2006 al 2012), seminarios de verano de filosofía, coloquios metropolitanos de filosofía organizados por el Departamento Académico de Filosofía de la UNMSM. Ha sido Jefe del Departamento Académico de Filosofía, Director de la Escuela Académico Profesional de Filosofía, Director de la Escuela Académico-Profesional de Arte, Director del Centro de Extensión Universitaria y Proyección Social, Asesor de la Oficina de Acreditación y Calidad Académica (Oficina General de Planificación de San Marcos), Jefe de la Oficina de Calidad Académica y Acreditación de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas.

Actualmente, es profesor de Lógica en la Facultad de Derecho y Ciencia Política y de Seminario de Tesis en la maestría y doctorado de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas en la UNMSM. Profesor de Lógica e Introducción a la Filosofía en la Facultad de Derecho de la Universidad de San Martín de Porres y profesor de Epistemología en la maestría y doctorado del Centro de Altos Estudios Nacionales (CAEN). Coordinador de los programas de maestría y doctorado en filosofía, miembro de su Comité Directivo y responsable del Comité Interno de Autoevaluación y Acreditación de la Unidad de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Es director de *Analítica*, revista del Centro de Estudios de Filosofía Analítica (siete volúmenes) y de *Tesis*, revista de Investigación de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de las UNMSM. Ha sido director de *Dialéctica*, revista de la Escuela Académico Profesional de Filosofía de San Marcos.

Miguel Ángel León Untiveros

Doctor en Filosofía por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (con la más alta calificación: de excelencia). Miembro de Taller de Filosofía Matemática la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y del Taller de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP. Miembro del Centro de Estudios de Filosofía Analítica. Estudió derecho (licenciado, PUCP), Maestría en Administración de Empresas (PUCP y Maastricht School of Management – MSM, Holanda), estudios de ingeniería de computación y sistemas (Universidad Privada San Martín de Porres, Perú). Autor de varios artículos de filosofía de la lógica, epistemología y filosofía del derecho. Área de investigación: filosofía de la lógica, filosofía de la ciencia, filosofía de la moral, filosofía del derecho, teoría de juegos. Actualmente está trabajando sobre los siguientes proyectos: 1. *La lógica de la dinámica científica. Del contexto de justificación al contexto de descubrimiento*, con el

empleo de lógicas no monotónicas, 2. *La eficacia de las matemáticas a la ciencia: el problema de Eugene P. Wigner*, y 3. *Los orígenes de la concepción de la verdad en Tarski: la distinción lenguaje objeto - metalenguaje y el formalismo intuitivo de Tarski*.



Analítica
Revista de Filosofía

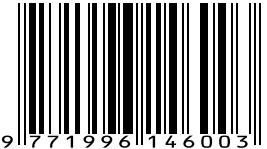
Analítica es la revista del Centro de Estudios de Filosofía Analítica (CESFIA). Es una publicación de periodicidad anual y sus artículos son arbitrados. La revista tiene como objetivo difundir el estudio y cultivo de la filosofía analítica dentro del Perú y fomentar el desarrollo de investigaciones emparentadas con la filosofía analítica y su historia, en tanto método y temática.

Los textos presentados a *Analítica* serán arbitrados y deberán adecuarse a las siguientes formalidades:

1. Tratar temas relacionados con la investigación en el campo de la filosofía o temas científico-culturales abordados filosóficamente.
2. Estar escritos en castellano o inglés.
3. Ser originales e inéditos.
4. El envío será preferentemente vía correo electrónico, como archivo adjunto, a analitica@cesfia.org.pe
5. El formato del archivo debe, en principio, ser PDF. Aunque también se recibirán documentos de extensión DOC, DOCX o RTF.
6. Si el autor lo prefiere puede remitir su trabajo vía postal a:
Analítica, Revista de Filosofía, Centro de Estudios de Filosofía Analítica. Albacete 138, La Molina, Lima, Perú. En este caso, se requieren tres copias impresas en papel A4 por una sola cara y a doble espacio, las mismas que no serán devueltas.
7. Los textos deben presentar el siguiente orden:
 - a) Título, nombre del autor, filiación institucional, correo electrónico y resumen biográfico. (El nombre del autor solo irá en esta primera página y no deberá repetirse en las ulteriores para asegurar una evaluación objetiva por parte de los jueces.)
 - b) Resúmenes en castellano e inglés de no más de 150 palabras cada uno.
 - c) Palabras clave en castellano e inglés.
 - d) Texto del trabajo.
 - e) Referencias bibliográficas en estilo APA.
8. Analítica consta de las siguientes secciones.
 - Artículos: Sección cuyos trabajos no sobrepasarán las 10,000 palabras incluyendo notas pie de página y referencias bibliográficas.
 - Reseñas: Sección cuyos trabajos no sobrepasarán las 4,000 palabras incluyendo notas a pie de página y referencias bibliográficas.
 - Notas: Sección cuyos trabajos no sobrepasarán las 2,000 palabras.
 - Noticias. Sección cuyos trabajos no sobrepasarán las 1,000 palabras.

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EN DICIEMBRE DE 2015
LIMA - PERÚ

ISSN 1996 - 1464



9 771996 146003

**CES
FA CENTRO DE ESTUDIOS
DE FILOSOFÍA ANALÍTICA**

